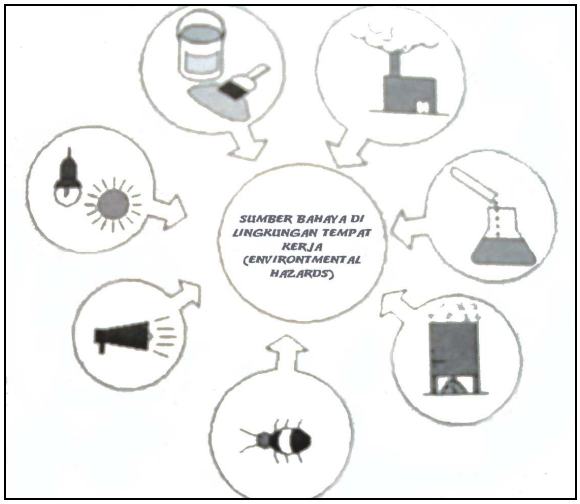
Bab 2
Landasan Teori

2.1. Kondisi Fisik Lingkungan Tempat Kerja Secara Umum

Kondisi fisik lingkungan tempat kerja dimana para pekerja beraktivitas sehari-hari mengandung banyak bahaya, baik langsung maupun tidak langsung, bagi keselamatan dan kesehatan pekerja. Bahaya-bahaya tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Bahaya biologis dan penyakit (*biological hazards and diseases*).
- Bahaya kimia (*chemical hazard*).
- Temperatur udara dan panas (*heat and air temperature*).
- Kualitas udara (*air quality*).
- Cahaya dan pencahayaan (*light and lighting*).
- Warna (*colour*), dan
- Kebisingan (*noise*).



Gambar 2.1. Sumber Bahaya di Lingkungan Kerja
(Sumber : Sihar Tigor Benjamin Tambunan, 2005)

Pada kondisi kerja yang aman dan sehat, yaitu kondisi dimana bahaya-bahaya di atas ditangani dengan baik dan benar, pekerja dapat diharapkan untuk bekerja normal, baik fisik maupun mental, sehingga perusahaan akan lebih mudah

melakukan berbagai rencana peningkatan produktivitas kerja. Sebaliknya, pada tingkat pengelolaan kualitas lingkungan kerja yang rendah atau asal-asalan, peluang tercapainya target-target dalam perencanaan produktivitas kerja, secara otomatis juga akan menjadi kecil. Lebih jauh lagi, rendahnya kualitas lingkungan kerja tersebut secara fisik dan mental akan menimbulkan tekanan-tekanan nonproduktif pada pekerja sehingga banyak muncul kejadian yang menggangu aktivitas pekerja berupa kecelakaan dan penyakit akibat kerja, yang dampaknya akan merugikan pekerja secara individu, kelompok dan bahkan hingga tingkat perusahaan (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Hubungan Sebab Akibat Antara Kualitas Lingkungan Tempat Kerja dan Dampaknya

(Sihar Tigor Benjamin Tambunan, 2005)

Kualitas Lingkungan Tempat Kerja	**Percepatan Kelelahan Pada Pekerja**	**Dampak**
Buruk / Rendah	Tinggi	Peningkatan Kecelakaan Kerja dan Gangguan Kesehatan Karena Kerja
Baik	Normal	Peningkatan Produktivitas Kerja

Sayangnya, hingga detik ini di negara-negara berkembang, permasalahan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) termasuk urusan pengelolaan kualitas lingkungan kerja didalamnya, terkesan lebih sering muncul dan ditanggapi sebagai masalah marjinal. Hal ini terutama karena masalah K3 lebih banyak dialami oleh pekerja-pekerja di lantai produksi, khususnya pada *level* operasional. Karena itu, tidak terlalu mengherankan jika dalam pelaksanaan produktivitas kerja di perusahaan-perusahaan negara-negara maju, K3 telah diangkat menjadi isu penting.

Menciptakan sebuah lingkungan kerja yang aman bagi pekerja tidaklah mudah, bahkan cenderung sangatlah sukar. Penyebanya, masalah K3 berkaitan dengan kondisi perseptual dan faktor budaya organisasi di sebuah perusahaan. Dalam

perspektif ekonomi manajerial misalnya, persepsi para pengelola usaha tentang fungsi manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja harus diubah dari anggapan aktivitas K3 sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang menghabiskan banyak biaya (*cost center*), menjadi investasi jangka panjang yang memberi keuntungan yang berlimpah pada masa yang akan datang. (*investment center*). Hal ini dimaksudkan agar tingkat kepentingan fungsi K3, ikut terpromosikan dalam seluruh aktiviatas perusahaan.

Mengubah persepsi saja tidak cukup. Setelah dicapai keseragaman pandangan tentang fungsi K3 secara sistemik, diperlukan komitmen yang sangat tinggi dari seluruh pelaksana organisasi, mulai dari tingkat operasional, manajerial hingga pemilik usaha terhadap pelaksanaan program-program Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

2.2. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja mencakup aspek teknologis industri atau aspek tekno-struktural dan aspek non-teknis atau sosio-proseksual. Jadi, lingkungan kerja terdiri dari seluruh bagian fisik pabrik atau tempat kerja dan seluruh bagian non-fisik.

2.2.1. Pengertian Lingkungan Kerja

Pengertian lingkungan kerja telah didefinisikan oleh beberapa ahli, namun diantara sekian bayak pendapat yang dikemukakan oleh para ahli, pendapat yang paling mendekati dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis diantaranya adalah :

Menurut **Achmad S.Ruky** dalam bukunya **“Sistem Manajemen Kinerja”** yaitu :

“Kondisi dan kelaikan serta kemampuan semua sarana dan prasarana fisik yang dimiliki, termasuk di dalamnya bangunan, tata letak, alur lalu lintas orang dan barang, kelaikan mesin, dan segala peralatan yang ada” (2006 : 8).

Menurut **Alex S. Nitisemito** dalam bukunya **Manajemen Personalia**, lingkungan kerja adalah :

“Segala sesuatu yang ada di sekitar karyawan dan yang dapat mempengaruhi dirinya dalam menjalankan tugas-tugas yang dibebankan kepadanya” (1994 : 26).

Dari kedua pendapat diatas dapat diambil kesimpulan bahwa lingkungan kerja merupakan segala sarana dan prasarana yang ada di sekitar tempat kerja karyawan yang menjadi faktor penunjang guna mencapai kinerja optimal dari karyawan itu sendiri, yang akan berpengaruh terhadap perusahaan.

2.2.2. Aspek-Aspek Lingkungan Kerja

Aspek lingkungan kerja mencakup 2 unsur yaitu keselamatan dan kesehatan kerja, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan instrumen yang memproteksi pekerja, perusahaan, lingkungan hidup dan masyarakat sekitar dari bahaya akibat kecelakaan kerja. Perlindungan tersebut merupakan hak asasi yang wajib dipenuhi oleh perusahaan. K3 bertujuan untuk mencegah, mengurangi, bahkan menihilkan risiko kecelakaan kerja (*zero accident*). Ada tiga aspek utama hukum K3 yaitu norma keselamatan kerja, kesehatan kerja, dan kerja nyata.

1. Norma Keselamatan kerja

Norma keselamatan kerja merupakan sarana atau alat untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja yang tidak diduga yang disebabkan oleh kelalaian kerja serta lingkungan kerja yang tidak kondusif. Konsep ini diharapkan mampu menihilkan kecelakaan kerja, sehingga dapat mencegah terjadinya cacat atau kematian terhadap pekerja, kemudian mencegah terjadinya kerusakan pada tempat dan peralatan kerja. Konsep ini juga mencegah pencemaran lingkungan hidup sekitar tempat kerja.

Pengertian keselamatan kerja telah didefinisikan oleh banyak ahli diantaranya oleh **T. Hani Handoko** dalam bukunya **“Manajemen Personalia dan Sumber Daya Manusia”** yaitu :

“Suatu tindakan yang memberikan kondisi kerja yang aman dan lebih sehat, serta menjadi lebih bertanggung jawab atas kegiatan-kegiatan tersebut bagi organisasi-organisasi yang mempunyai tingkat kecelakaan yang tinggi” (1988:190).

Pendapat **Leon C. Mengginson** yang dikutip oleh **Anwar** dalam bukunya **“MSDM Perusahaan”**, menyatakan bahwa :

“Keselamatan kerja merupakan aspek-aspek dari lingkungan kerja untuk menghindari bahaya kebakaran, aliran listrik, luka memar, kerugian yang berakibat pada alat tubuh, penglihatan dan pendengaran. Sedangkan kesehatan kerja menunjukkan pada kondisi yang bebas dari gangguan fisik, mental, emosi atau rasa sakit yang disebabkan oleh lingkungan kerja. ” (2005:161).

2. Norma Kesehatan Kerja

Norma kesehatan kerja diharapkan menjadi instrumen yang mampu menciptakan dan memelihara derajat kesehatan kerja setinggi-tingginya. K3 dapat melakukan pencegahan dan pemberantasan penyakit akibat kerja, misalnya kebisingan (*noise*), cahaya dan pencahayaan (*light and lighting*), getaran, kelembaban udara, dan lain-lain yang dapat menyebabkan kerusakan pada alat pendengaran, gangguan pernapasan, kerusakan paru-paru, kebutaan, kerusakan jaringan tubuh akibat sinar ultraviolet, kanker kulit, kemandulan, dan lain-lain.

Pengertian kesehatan kerja telah didefinisikan oleh banyak ahli diantaranya oleh **Suma’mur P.K** dalam bukunya **“Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja”** yaitu :

“Kesehatan kerja adalah spesialisasi dalam ilmu kesehatan atau kedokteran atau masyarakat pekerja memperoleh derajat kesehatan setinggi-tingginya, baik fisik atau mental, maupun sosial dengan usaha-usaha preventif atau kuratif terhadap penyakit-penyakit atau gangguan-gangguan kesehatan yang diakibatkan faktor-faktor pekerjaan dan lingkungan kerja, serta terhadap penyakit-penyakit umum. Jenis dan sifat-sifat kesehatan kerja sasarannya adalah manusia dan bersifat medis” (1986:1).

Tujuan dari kesehatan kerja menurut **Anwar** (2005:162) adalah :

a. Menjamin pemeliharaan dan peningkatan kesehatan para karyawan.
b. Memelihara kebersihan dan ketertiban, serta keserasian lingkungan kerja.
c. Menghindari gangguan kesehatan yang disebabkan oleh lingkungan atau kondisi kerja yang tidak sehat.
d. Meningkatkan gairah, keserasian dan partisipasi kerja.

3. Kerja Nyata

Kerja nyata berkaitan dengan manajemen perusahaan. K3 dalam konteks ini berkaitan dengan masalah pengaturan jam kerja, *shift*, pekerja wanita, tenaga kerja kaum muda, pengaturan jam lembur, analisis dan pengelolaan lingkungan hidup, dan lain-lain. Hal-hal tersebut mempunyai korelasi yang erat terhadap peristiwa kecelakaan kerja.

Dari pendapat-pendapat di atas, jelas bahwa setiap tenaga kerja berhak dan wajib mendapatkan perlindungan atas keselamatan, kesehatan, pemeliharaan moral kerja dari pengaruh buruk yang ditimbulkan lingkungan kerja, sesuai dengan martabat manusia dalam melakukan pekerjaannya, dengan tujuan untuk meningkatkan kesejahteraan hidup dan produktivitas kerjanya.

2.2.3. Unsur Lingkungan Kerja

Menurut **Bennett N.B Silalahi** dalam bukunya **“Manajemen Integratif”**, yaitu :
“lingkungan kerja mencakup unsur teknologis industri atau unsur tekno-struktural dan unsur non-teknis atau sosio-prosesual”.

1. Unsur Tekno-Struktural

Lingkungan kerja yang tergolong tekno-struktural adalah seluruh tempat kerja termasuk masalah pengaturan suhu dan cahaya, perlengkapan perkakas dan peralatan kerja, teknologi proses, mesin, dan segenap aktivitas yang terkandung pada masing-masing unsur tersebut. Unsur-unsur tersebut diantaranya : keamanan kerja, suara bising (*noise*), kondisi ruangan kerja dan penerangan (cahaya).

a. Cahaya dan Pencahayaan (*Light and Lighting*)

Cahaya dalam suatu ruang kerja sangatlah penting. Artinya, dengan adanya penerangan yang cukup dapat memberikan jaminan kesehatan mata, dan sebaliknya karena cahaya yang kurang / tidak cukup akan menyebabkan kerusakan pada mata. Penerangan pada ruang kerja secara umum dipengaruhi oleh sumber cahaya, baik sumber cahaya matahari ataupun lampu ruangan.

b. Kondisi Ruangan Kerja

Kondisi ruangan kerja dalam hal ini, selain tata letak barang dan peralatan dalam ruangan, juga mencakup faktor udara dan sirkulasi udara. Ventilasi udara yang teratur dalam lingkungan kerja akan memungkinkan seseorang bekerja dengan baik.

The Liang Gie mengemukakan bahwa :

"Syarat yang paling mendekati untuk bekerja dengan baik bagi sebagian pekerja adalah udara dengan suhu 25,6^{o} Celcius dan nilai kelembaban 45%" (1992 : 219)".

Jadi dalam hal ini seseorang yang bekerja di dalam ruangan, memerlukan suhu udara yang nyaman. Ruangan yang sumpek atau penerimaan udaranya kurang, akan menyebabkan seseorang tidak bergairah dan cenderung bosan saat bekerja.

c. Keamanan Kerja

Ruang lingkup keamanan kerja, mencakup segenap sarana dan prasarana termasuk manusia didalamnya. Berikut adalah dua kategori bahaya di perusahaan yang senantiasa mengancam para pekerja :

- Bahaya yang biasa diakibatkan oleh kelemahan-kelemahan pada sistem peralatan dan perlengkapan perusahaan.
- Bahaya baru yang diakibatkan perubahan teknologi dan cara kerja yang salah dan merubah kandungan kerja itu sendiri.

Bahaya yang biasa terjadi di atas, kelihatannya erat kaitannya dengan teknologi pada proses produksi. Penambahan jam kerja yang mengakibatkan keletihan dan keadaan seperti ini, mudah mendorong seorang karyawan untuk melakukan kegiatan-kegiatan yang kurang selamat. Berikut adalah aspek dan azas pengamanan di kantor :

- Pengamanan preventif dengan mencegah sebelum terjadinya kecelakaan.
- Pengamanan represif yang khususnya bersifat pencegahan setelah kejadian.

d. Suara Bising (*Noise*)

Suara yang terlalu keras atau berlebihan tidak jarang menimbulkan kekacauan atau rasa tidak nyaman. Seseorang mungkin tidak menyadari akibat-akibat yang ditimbulkan dari suara yang terlalu keras atau berlebihan, akan tetapi seiring waktu berjalan, orang tersebut akan menjadi sangat mudah lelah dan cepat marah sebagai akibat suara yang gaduh.

Menurut **Suyatno Sastrowinoto (1985 : 213)** bahwa :

“Bising telah dipandang sebagai pengganggu yang menyebabkan tidak nyaman, serta menuntut upaya yang lebih besar guna melaksanakan tugas yang mengakibatkan ketegangan mental”.

Salah satu cara untuk mengatasi suara bising yaitu dengan memasang *tape* / radio yang mengalunkan musik-musik indah. Hal ini direncanakan untuk memperbaiki kondisi pekerjaan, meringankan kelelahan, mengurangi ketegangan syaraf dan diharapkan juga dapat membuat pegawai bekerja lebih baik, dan tentunya penggunaan musik ini pun disesuaikan dengan waktu dan keadaan.

2. Unsur Sosio-Prosesual

Lingkungan kerja yang tergolong sosio-prosesual, mencakup peran kerja yang diantaranya adalah peraturan kerja, kebijakan perusahaan, aspirasi pekerja, jadwal kerja, peraturan-peraturan lainnya, pekerja itu sendiri dan hubungannya dengan pekerja lainnya, termasuk perangkat manajemen dari manajer puncak hingga manajer lini pertama.

2.2.4. Syarat-Syarat Lingkungan Kerja (SSLK)

Hubungan antara tekno-struktural dan sosio-prosesual perusahaan adalah prosedur dan organisasi kerja. Prosedur dan organisasi kerja sebagaimana yang telah dijelaskan, yaitu termasuk unsur lingkungan kerja, sedangkan sebagian lagi termasuk ke dalam syarat-syarat lingkungan kerja. Pada dasarnya aspek ini membahas apa saja persyaratan yang harus dipenuhi agar karyawan dapat bekerja dan dipekerjakan lebih manusiawi, efisien, produktif, selamat, sehat, dan sejahtera. Faktor yang melengkapi persyaratan tersebut adalah :

a. Faktor Ergonomi

Faktor ergonomi mencakup 3 ilmu, yaitu biologi manusia yang meliputi anatomi (struktur tubuh manusia yaitu ukuran dan konstruksi); fisiologi (fungsi tubuh manusia, termasuk proses biologis dan pemeliharaannya); dan psikologi (Perilaku manusia yaitu *respons* adaptif dengan lingkungannya).

b. Faktor kesehatan dan jam kerja.

c. Faktor upah dan jaminan kerja.

d. Faktor kebijaksanaan perusahaan.

2.2.5. Kaitan SSLK dan Kesehatan Kerja

Untuk menata satu lingkungan kerja yang baik, manajemen harus menganalisa seluruh resiko dan bahaya terpendam yang berada dalam lingkungan tersebut. Analisis resiko pada lingkungan kerja, harus dilengkapi oleh analisis atau metode kerja yang digunakan dan atas seluruh pekerja yang terlibat. Sasaran dan hasil kerja tidak boleh diutamakan lebih dari keselamatan dan kesehatan para karyawan. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam lingkungan kerja yaitu :

- Desain tata letak, perawatan, perbaikan, dan jalan keluar masuk ruangan tersebut.
- Penerangan, ventilasi, pengaturan dan kebersihan tempat kerja.
- Suhu, kelembaban, dan sirkulasi udara di tempat kerja.
- Perawatan, percobaan, dan pemantauan mesin serta perlengkapan keamanan untuk peralatan yang berbahaya.
- Kelengkapan keselamatan dan kesehatan kerja.

Desain atau perawatan lingkungan yang salah, keadaan tempat kerja yang semrawut dan kotor, merupakan sebagian penyebab dari banyaknya kecelakaan kerja. Jadi, dapat dikatakan bahwa penyebab kecelakaan di seluruh sektor perusahaan kebanyakan disebabkan oleh prosedur dan organisasi kerja yang salah, dan hanya sebagian kecil yang disebabkan oleh kesalahan pada manusia itu sendiri.

2.3. Suara Di Tempat Kerja

Dalam konteks Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), pembahasan suara (*sound*) agak berbeda dibandingkan pembahasan-pembahasan suara dalam ilmu fisika murni maupun fisika terapan. Dalam K3, pembahasan suara lebih terfokus pada potensi gelombang suara sebagai salah satu bahaya lingkungan potensial bagi pekerja di tempat kerja beserta teknik-teknik pengendaliaannya.

2.3.1. Sumber Suara

Di tempat kerja, jenis dan jumlah sumber suara sangat beragam dan beberapa diantaranya adalah :

a. Suara Mesin

Jenis mesin penghasil suara di tempat kerja sangat bervariasi, demikian pula karakteristik suara yang dihasilkan. Contohnya mesin pembangkit tenaga listrik seperti genset, mesin disel dan sebagainya. Di tempat kerja, mesin pembangkit tenaga listrik umumnya menjadi sumber-sumber kebisingan berfrekuensi rendah (<400Hz).

b. Benturan Antara Alat Kerja dan Benda Kerja

Proses menggerinda permukaan *metal* (logam) dan umumnya pekerjaan penghalusan permukaan benda kerja, penyemprotan, pengupasan cat (*sand blasting*), pengelingan (*riveting*), memalu (*hammering*), dan pemotongan seperti proses penggergajian kayu dan *metal cutting*, merupakan sebagian contoh bentuk benturan antara alat kerja dan benda kerja (material-material *solid*, *liquid*, atau kombinasi antara keduanya) yang menimbulkan kebisingan.

c. Aliran Material

Aliran gas, air atau material-material cair dalam pipa distribuasi material di tempat kerja, apalagi yang berkaitan dengan proses penambahan tekanan (*high pressure processes*) dan pencampuran, sedikit banyak akan menimbulkan kebisingan di tempat kerja. Demikian pula pada proses transportasi material-material padat seperti batu, kerikil, potongan-potongan *metal* yang melalui proses pencurahan (*gravity based*)

d. Manusia

Dibandingkan dengan sumber suara lainnya, tingkat kebisingan suara manusia jauh lebih kecil. Namun demikian, suara manusia tetap diperhitungkan sebagai sumber suara di tempat kerja.

2.3.2. Kebisingan

Di kawasan industri, masalah kebisingan kerap menjadi perhatian publik dan warga sekitar, mengingat industri menggunakan alat-alat yang tentunya menimbulkan kebisingan saat alat-alat tersebut beroperasi. Kebisingan dapat berupa ciutan, deru, dan sebagainya kemudian terpropagasi dalam bentuk gelombang suara melalui medium udara.

Kebisingan merupakan faktor penting dalam perancangan pabrik, karena kebisingan tidak sekedar menimbulkan rasa tidak nyaman namun juga dapat menimbulkan efek serius bagi kesehatan manusia. Kebisingan dapat mengurangi kemampuan pendengaran manusia secara gradual pada *level* tertentu yang dapat menimbulkan hilangnya kemampuan pendengaran secara permanen. Selain gangguan pendengaran, kebisingan juga dapat menimbulkan stress pada sistem kerja jantung dan peredaran darah serta pada sistem sirkulasi udara dan pernapasan. Suara di tempat kerja berubah menjadi salah satu bahaya kerja (*occupational hazard*) saat keberadaannya dirasakan mengganggu / tidak diinginkan secara :

- Fisik (menyakitkan telinga pekerja).
- Psikis (mengganggu konsentrasi dan kelancaran komunikasi).

Saat situasi tersebut terjadi, status suara berubah menjadi polutan dan identitas suara menjadi kebisingan (*noise*). Kebisingan (*noise*) di tempat kerja menjadi bahaya kerja bagi sistem penginderaan (*hearing loss*).

Dalam bahasa K3, *National Instite of Occupation Safety & Health* (NIOSH), telah mendefinisikan status suara / kondisi kerja dimana suara berubah menjadi polutan secara lebih jelas, yaitu :

a. Suara-suara dengan tingkat kebisingan lebih besar dari 104 dBA.
b. Kondisi kerja yang mengakibatkan seorang karyawan harus menghadapi tingkat kebisingan lebih besar dari 85 dBA selama lebih dari 8 jam (maksimum 85 dBA *as an* 8 – hr TWA).

Catatan : 85 dBA *as an* 8-hr TWA (dibaca : 85 *decibels*, *A-Weighted*, *as an* 8-hr *time-weighted average*) telah ditetapkan oleh NIOSH sebagai *Recommended Explosure Limit* (REL).

Di tempat kerja, kebisingan diklasifikasikan ke dalam dua jenis golongan besar, yaitu kebisingan tetap (*steady noise*) dan kebisingan tidak tetap (*non-steady noise*).

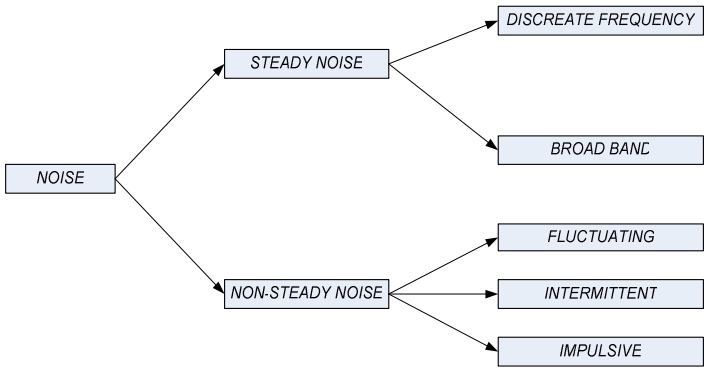
Kebisingan tetap (*steady noise*) dipisahkan lagi menjadi dua jenis, yaitu :

a. Kebisingan dengan frekuaensi terputus (*discrete frequency noise*). Kebisingan ini berupa “nada-nada” murni pada frekuensi yang beragam, contohnya suara mesin, suara kipas dan sebagainya.
b. *Broad band noise*. Kebisingan dengan frekuensi terputus dan *broad band noise* sama-sama digolongkan sebagai kebisingan tetap (*steady noise*). Perbedaannya adalah, *broad band noise* terjadi pada frekuensi yang lebih bervariasi (bukan “nada” murni).

Sementara itu, kebisingan tidak tetap (*unsteady noise*) dibagi lagi menjadi :

a. Kebisingan fluktuatif (*fluctuating noise*). Kebisingan yang selalu berubah-ubah selama rentang waktu tertentu.

b. *Intermittent noise*. Sesuai dengan terjemahannya, *intermittent noise* adalah kebisingan yang terputus-putus dan besarnya dapat berubah-ubah, contohnya kebisingan lalulintas.
c. *Impulsive noise*. Kebisingan impulsif dihasilkan oleh suara-suara berintensitas tinggi (memekakan telinga) dalam waktu relatif singkat, misalnya suara ledakan senjata api dan alat-alat sejenisnya.



Gambar 2.2. Jenis Kebisingan
(Sumber : Sihar Tigor Benjamin Tambunan, 2005)

Kebisingan menurut **Sihar Tigor Benjamin Tambunan** dalam bukunya **"Kebisingan di Tempat Kerja (*Occupational Noise*)" (2005 : 8)** adalah :
Kebisingan adalah polusi lingkungan yang disebabkan oleh suara.

2.3.3. Sumber Kebisingan

Di tempat kerja, disadari maupun tidak, cukup banyak fakta yang menunjukkan bahwa perusahaan beserta aktivitas-aktivitasnya ikut menciptakan dan menambah keparahan tingkat kebisingan di tempat kerja, misalnya :

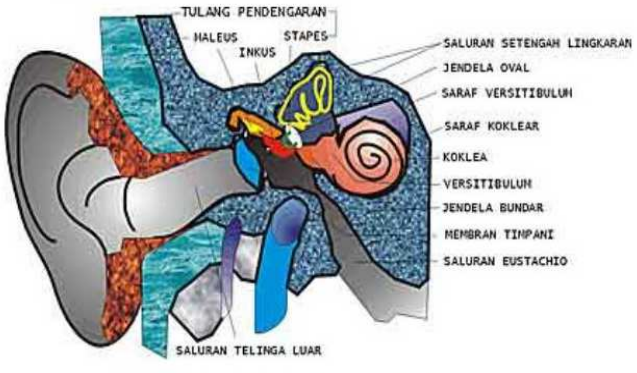
a. Mengoperasikan mesin-mesin produksi "rebut" yang sudah cukup tua.
b. Terlalu sering mengioperasikan mesin-mesin kerja pada kapasitas kerja yang cukup tinggi dalam periode operasi yang cukup panjang.
c. Sistem perawatan dan perbaikan mesin-mesin produksi ala kadarnya, misalnya mesin diperbaiki hanya pada saat mesin mengalami kerusakan parah.
d. Melakukan modifikasi / perubahan / penggantian secara parsial pada komponen-komponen mesin produksi tanpa mengindahkan kaidah-kaidah keteknikan yang benar, termasuk menggunakan komponen-komponen tiruan.

e. Pemasangan dan peletakan komponen-komponen mesin secara tidak tepat (terbalik atau tidak rapat / longgar), terutama pada bagian penghubung antara modul mesin (*bad connection*).
f. Penggunaan alat-alat yang tidak sesuai dengan fungsinya, misalnya penggunaan palu (*hammer*) / alat pemukul sebagai alat pembengkok benda-benda *metal* atau alat bantu pembuka baut.

Aktivitas di tempat kerja yang membuat pekerja harus berhadapan dengan kebisingan yang memiliki intensitas cukup besar. Misalnya, berada dalam *high noise areas* dapat mengakibatkan gangguan atau kerusakan pendengaran pada pekerja. Gangguan pendengaran secara permanen dapat juga disebabkan oleh pekerjaan yang terlalu sering di dalam periode waktu yang terlalu lama didalam situasi kerja yang bising, walaupun intensitasnya tidak terlalu bising.

2.4. Sistem Pendengaran

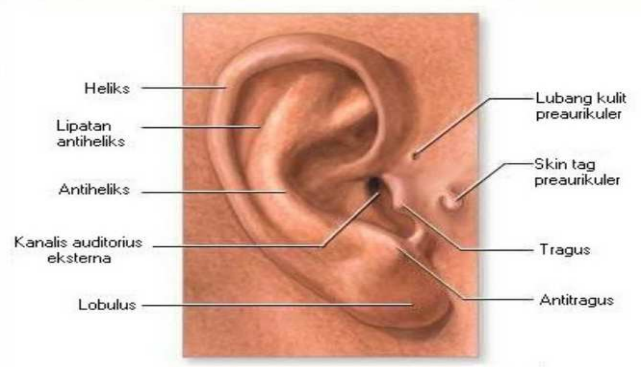
Sebelum membahas lebih jauh tentang kebisingan ditempat kerja, ada baiknya pembahasan diawali dengan topik sistem pendengaran pada manusia normal.



Gambar 2.3. Struktur Telinga Manusia
(Sumber : Indera Pendengar, Google, 2000)

Telinga manusia dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu bagian luar (*outer ear*), bagian tengah (*middle ear*) dan bagian dalam (*inner ear*). Ketiga bagian telinga tersebut memiliki komponen-komponen berbeda dengan fungsi masing-masing dan saling berkelanjutan dalam menanggapi gelombang suara yang berada di sekitar manusia.

Bagian luar telinga terdiri dari daun telinga (*earflap*), saluaran telinga manusia (*ear canal*) yang panjangnya kurang lebih 2 cm dan bagian depan gendang telinga. Daun telinga manusia mempunyai bentuk yang khas, tetapi bentuk ini kurang mendukung fungsinya sebagai penangkap dan pengumpul getaran suara. Bentuk daun telinga yang sangat sesuai dengan fungsinya adalah daun telinga pada anjing dan kucing, yaitu tegak dan membentuk saluran menuju gendang telinga. Saluran luar yang dekat dengan lubang telinga, dilengkapi dengan rambut-rambut halus yang menjaga agar benda asing tidak masuk dan kelenjar lilin yang menjaga agar permukaan saluran luar dan gendang telinga tidak kering. Jadi fungsi utama bagian luar telinga ini adalah sebagai saluran awal masuknya gelombang suara dari udara kedalam sistem pendengaran manusia.



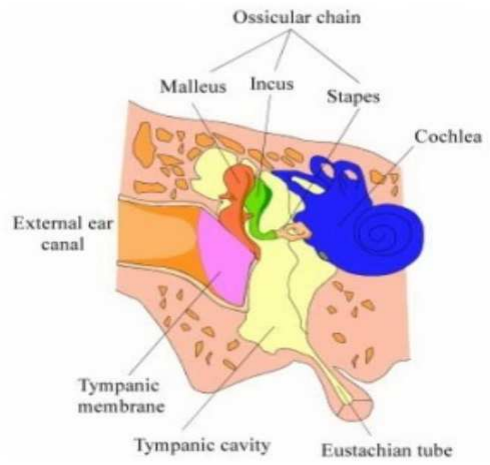
Gambar 2.4. Telinga Bagian Luar Manusia
(Sumber : Sistem Koordinasi dan Indera, Google, 2008)

Bagian kedua, yaitu bagian tengah (*middle ear*). Bagian ini merupakan rongga yang berisi udara untuk menjaga tekanan udara agar seimbang. Di dalamnya terdapat saluran *eustachio* yang menghubungkan telinga tengah dengan faring. Rongga telinga tengah berhubungan dengan telinga luar melalui membran timpani (gendang telinga). Hubungan telinga tengah dengan bagian telinga dalam melalui jendela oval dan jendela bundar yang keduanya dilapisi dengan membran yang transparan.

Selain itu terdapat pula tiga tulang pendengaran yang tersusun seperti rantai yang menghubungkan gendang telinga dengan jendela oval. Ketiga tulang tersebut adalah *hammer* (*malleus*), *anvil* (*incus*), dan *stirrup* (*stapes*). Tulang martil

(*maleus*) menempel pada gendang telinga dan tulang landasan (*incus*). Kedua tulang ini terikat erat oleh ligamentum sehingga mereka bergerak sebagai satu tulang. Sedangkan tulang sanggurdi (*stapes*) berhubungan dengan jendela oval. Antara tulang landasan dan tulang sanggurdi terdapat sendi yang memungkinkan gerakan bebas. Fungsi rangkaian tulang dengar adalah untuk mengirimkan getaran suara dari gendang telinga (membran timpani) menyeberangi rongga telinga tengah ke jendela oval.

Pada bagian tengah telinga manusia, tepatnya pada bagian belakang gendang telinga berhubungan dengan hidung melalui tabung *eustachius* (arah masuknya gelombang suara dari saluran telinga luar dianggap sebagai bagian depan gendang telinga).



Gambar 2.5. Telinga Bagian Tengah Manusia

(Sumber : Sistem Koordinasi dan Indera, Google, 2008)

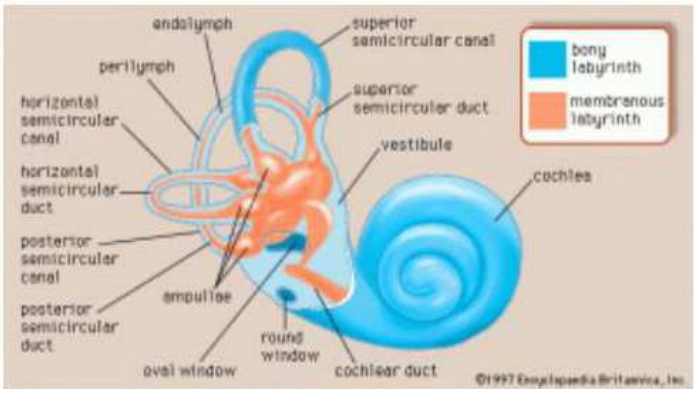
Bagian ketiga, yaitu bagian dalam (*inner ear*). Bagian ini mempunyai susunan yang rumit, terdiri dari labirin tulang dan labirin membran. Ada 5 bagian utama dari labirin membran, yaitu sebagai berikut :

1. Tiga saluran setengah lingkaran.
2. Ampula.
3. Utrikulus.
4. Sakulus.
5. Koklea atau rumah siput.

Sakulus berhubungan dengan utrikulus melalui saluran sempit. Tiga saluran setengah lingkaran, ampula, utrikulus dan sakulus merupakan organ

keseimbangan, dan keempatnya terdapat di dalam rongga vestibulum dari labirin tulang.

Koklea mengandung organ korti untuk pendengaran. Koklea terdiri dari tiga saluran yang sejajar, yaitu : saluran vestibulum yang berhubungan dengan jendela oval, saluran tengah dan saluran timpani yang berhubungan dengan jendela bundar dan saluran (kanal) yang dipisahkan satu dengan lainnya oleh membran. Di antara saluran vestibulum dengan saluran tengah terdapat membran *reissner*, sedangkan di antara saluran tengah dengan saluran timpani terdapat membran *basiler*. Dalam saluran tengah terdapat suatu tonjolan yang dikenal sebagai membran tektorial yang paralel dengan membran basiler dan ada di sepanjang koklea. Sel sensori untuk mendengar tersebar di permukaan membran basiler dan ujungnya berhadapan dengan membran tektorial. Dasar dari sel pendengar terletak pada membran basiler dan berhubungan dengan serabut saraf yang bergabung membentuk saraf pendengar. Bagian yang peka terhadap rangsang bunyi ini disebut organ korti.



Gambar 2.6. Telinga Bagian Dalam Manusia

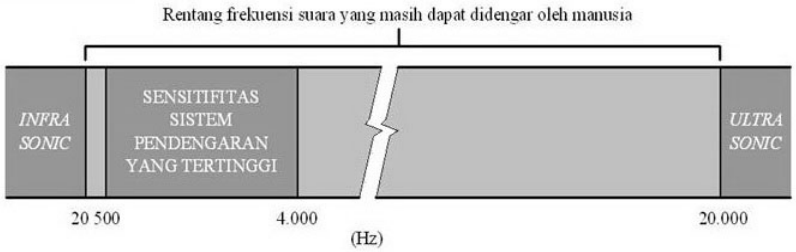
(Sumber : Sistem Koordinasi dan Indera, Google, 2008)

Kembali pada proses masuknya gelombang suara hingga mencapai gendang telinga. Gelombang suara mencapai gendang telinga akan membangkitkan getaran pada selaput gendang telinga tersebut. Getaran yang terjadi akan diteruskan pada tiga buah tulang, yaitu *hammer* (*malleus*), *anvil* (*incus*) dan *stirrup* (*stapes*) yang saling terhubung di bagian tengah telinga (*middle ear*) yang akan menggerakan

fluida (cairan seperti air) dalam organ pendengaran berbentuk keong (*cochlea*) pada bagian dalam telinga (*inner ear*).

Selanjutnya, gerakan fluida ini akan menggetarkan ribuan sel berbentuk rambut halus (*hair cells*) dibagian dalam telinga yang akan mengonversikan getaran yang diterimanya menjadi impuls bagi syaraf pendengaran. Oleh syaraf pendengaran (*auditory nerve*), impuls tersebut akan dikirim ke otak untuk diterjemahkan menjadi suara yang kita dengar. Terakhir, suara akan "ditahan" oleh otak manusia kurang lebih selama 0,1 detik. Demikianlah gambaran singkat fungsi telinga sebagai indra pendengaran manusia.

Rentang frekuensi suara yang masih dapat didengar oleh manusia normal (*audiable frequency*) berada diantara 20 Hz – 20.000 Hz (frekuensi kurang dari 20 Hz disebut infrasonik, sedangkan suara yang lebih besar dari 20.000 Hz disebut ultrasonik). Dalam rentang *audiable frequency* tersebut, sensitivitas (kecepatan bereaksi) sistem pendengaran manusia terletak pada rentang 500 Hz dan 4000 Hz ini. (Gambar 2.7).



Gambar 2.7. Rentang Frekuensi Suara

(Sumber : Sihar Tigor Benjamin Tambunan, 2005)

Noise blast dengan frekuensi kebisingan setinggi 4.000 Hz (4 kHz) adalah tingkat kebisingan sebesar 120 dB yang memiliki derajat bahaya yang sangat tinggi bagi sistem pendengaran manusia. Manusia normal yang berada dalam kondisi tersebut dalam waktu singkat saja, kurang lebih antara lima sampai sepuluh menit, dapat mengalami *threshold shift of hearing* (pengerasan *threshold* pendengaran) sebesar 40 dB. Kondisi yang dialami oleh bagian dalam telinga akibat *noise blast* tersebut dengan istilah trauma akustik, yaitu salah satu penyebab *sensorineural hearing loss* (umumnya bersifat permanen dan tidak dapat disembuhkan). Seperti sudah

dijelaskan di awal, trauma akustik juga dapat disebabkan oleh hal lain, seperti masuknya percikan las ke dalam telinga hingga mengenai gendang telinga, atau saat kepala tertabrak atau terbentur cukup keras.

Tentang sensitivitas sistem pendengaran manusia, perlu diketahui bahwa pria lebih sensitif (cepat beraksi) pada suara-suara berfrekuensi rendah, sementara wanita lebih sensitif pada suara-suara berfrekuensi tinggi.

Hasil penelitian lainnya, sensitivitas (kecepatan bereaksi) dan mekanisme pertahanan (*protection mechanism*) sistem pendengaran manusia umumnya akan berkurang seiring bertambahnya umur. Berkurangnya sensitivitas sistem pendengaran manusia, terutama terhadap suara-suara berfrekuensi tinggi, seiring bertambahnya umur disebut *presbycusis*. Selain umur, kecepatan pengurangan sensitivitas ini sendiri juga sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah frekuensi dan durasi manusia berada di tempat-tempat bising dalam kegiatannya sehari-harinya.

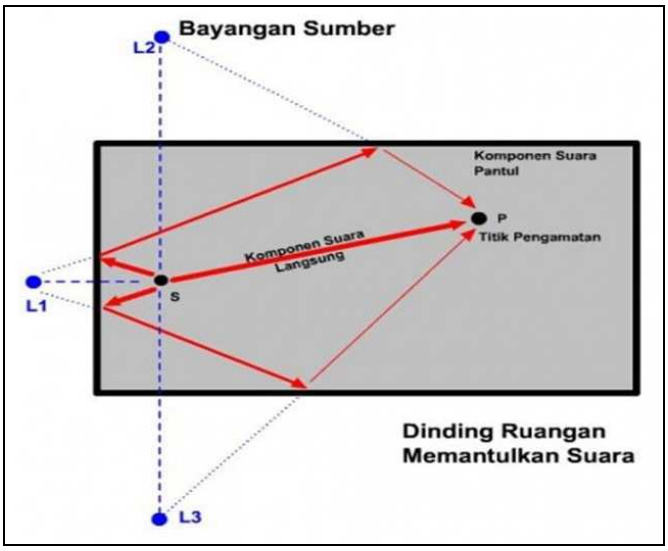
Selain sebagai alat penginderaan (pendengaran), telinga juga merupakan alat keseimbangan tubuh (*organ of balance*). Karena itu, langsung maupun tidak langsung, gangguan / bahaya bagi sistem pendengaran manusia juga menjadi bahaya potensial bagi sistem keseimbangan manusia.

2.5. Sistem Akustik

2.5.1. Fenomena Akustik dalam Ruang Tertutup

- Jika sebuah ruangan difungsikan untuk ruang percakapan, misalnya ruang konferensi, ruang drama, ruang kelas dan ruang pengadilan, parameter akustik utama yang harus diperhatikan adalah tingkat kejelasan suara ucapan (*speech intelligibility*). Apabila tingkat kejelasan suara ucapan yang baik dapat dicapai, maka informasi yang disampaikan oleh pembicara akan sampai dengan sempurna pada pendengar.

Dalam sebuah ruangan tertutup, jalur perambatan energi akustik adalah ruangan itu sendiri. Oleh karena itu, pengetahuan tentang fenomena suara yang terjadi dalam ruangan akan sangat menentukan pada saat diperlukan pengendalian kondisi mendengar pada ruangan tersebut sesuai dengan fungsinya. Fenomena suara dalam ruangan dapat digambarkan pada sketsa berikut :



Gambar 2.8. Fenomena Suara Dalam Ruangan
(Joko Sarwono, Google, 2008)

Dari sketsa tersebut, dapat dilihat bahwa pada setiap titik pengamatan atau titik dimana orang menikmati suara (pendengar) akan dipengaruhi oleh 2 komponen suara, yaitu komponen suara langsung dan komponen suara pantul. Komponen suara langsung adalah komponen suara yang sampai ke telinga pendengar langsung dari sumber. Besarnya energi suara yang sampai ke telinga dari komponen suara ini dipengaruhi oleh jarak pendengar ke sumber suara dan pengaruh penyerapan energi oleh udara. Komponen suara pantul merupakan komponen suara yang sampai ke telinga pendengar setelah suara berinteraksi dengan permukaan ruangan disekitar pendengar (dinding, lantai dan langit-langit). Total energi suara yang sampai ke telinga pendengar dan persepsi pendengar terhadap suara yang didengarnya tentu saja akan dipengaruhi kedua komponen ini. Itu sebabnya komponen suara pantul akan sangat berperan dalam pembentukan persepsi mendengar atau bisa juga disebutkan karakteristik akustik

permukaan dalam ruangan akan sangat mempengaruhi kondisi dan persepsi mendengar yang dialami oleh pendengar.

Ada 2 ekstrim yang berkaitan dengan karakteristik permukaan dalam ruangan, yaitu apabila seluruh permukaan dalam ruangan bersifat sangat menyerap dan seluruh permukaan dalam ruangan bersifat sangat memantulkan energi suara yang sampai kepadanya. Bila permukaan dalam ruang seluruhnya sangat menyerap, maka komponen suara yang sampai ke pendengar hanyalah komponen langsung saja dan ruangan yang seperti ini disebut ruang *anechoic* (*anechoic chamber*). Sedangkan pada ruang yang seluruh permukaannya bersifat sangat memantulkan energi, maka komponen suara pantul akan jauh lebih dominan dibandingkan komponen langsungnya, dan biasa disebut sebagai ruang dengung (*reverberation chamber*). Ruangan yang kita gunakan pada umumnya berada diantara 2 ekstrim itu, sesuai dengan fungsinya. Ruang Studio rekaman misalnya lebih mendekati ruang *anechoic*, sedangkan ruangan yang berdinding keras lebih menuju ke ruang dengung.

Desain akustik ruangan tertutup pada intinya adalah mengendalikan komponen suara langsung dan pantul ini, dengan cara menentukan karakteristik akustik permukaan dalam ruangan (lantai, dinding dan langit-langit), sesuai dengan fungsi ruangannya. Ada ruangan yang karena fungsinya memerlukan lebih banyak karakteristik serap (studio, *Home Theater*, dll) dan ada yang memerlukan gabungan antara serap dan pantul yang berimbang (auditorium, ruang kelas, dsb). Dengan mengkombinasikan beberapa karakter permukaan ruangan, seorang desainer akustik dapat menciptakan berbagai macam kondisi mendengar sesuai dengan fungsi ruangannya, yang diwujudkan dalam bentuk parameter akustik ruangan.

Karakteristik akustik permukaan ruangan pada umumnya dibedakan atas :

- Bahan Penyerap Suara (*absorber*) yaitu permukaan yang terbuat dari material yang menyerap sebagian kecil atau sebagian besar energi suara yang datang padanya. Misalnya *glasswool*, mineral *wool*, *foam*. Bisa berwujud sebagai

material yang berdiri sendiri atau digabungkan menjadi sistem *absorber* (*fabric covered absorber*, *panel absorber*, *grid absorber*, *resonator absorber*, *perforated panel absorber*, *accoustic tiles*, dsb).

- ✍ Bahan Pemantul Suara (*reflektor*) yaitu permukaan yang terbuat dari material yang bersifat memantulkan sebagian besar energi suara yang datang kepadanya. Pantulan yang dihasilkan bersifat spekular (mengikuti kaidah Snelius: sudut datang = sudut pantul). Contoh bahan ini misalnya keramik, marmer, logam, aluminium, *gypsum board*, beton, dsb.
- ✍ Bahan pen*difuse* / penyebar suara (*diffusor*) yaitu permukaan yang dibuat tidak merata secara akustik yang menyebarkan energi suara yang datang kepadanya. Misalnya QRD *diffuser*, BAD *panel*, *diffsorber*, dsb.

Dengan menggunakan kombinasi ketiga jenis material tersebut dapat diwujudkan kondisi mendengar yang diinginkan sesuai dengan fungsinya.

Parameter akustik yang biasanya digunakan dalam ruangan tertutup secara garis besar dapat dibagi menjadi dua, yaitu parameter yang bersifat *temporal monoaural* yang bisa dirasakan dengan menggunakan satu telinga saja (atau diukur dengan menggunakan *single microphone*) dan parameter yang bersifat *spatial binaural* yang hanya bisa dideteksi dengan 2 telinga secara simultan (atau diukur menggunakan 2 *microphone* secara simultan).

2.5.2. Karakteristik Dasar Suara

Sebelum “menaklukan” suara di tempat kerja (baca : kebisingan), pemahaman terhadap karakteristik dasar suara mutlak dibutuhkan. Karakteristik dasar yang dimaksud di sini adalah karakteristik gelombang suara (frekuensi, periode, amplitudo dan panjang gelombang suara) dan karakteristik mekanik gelombang suara.

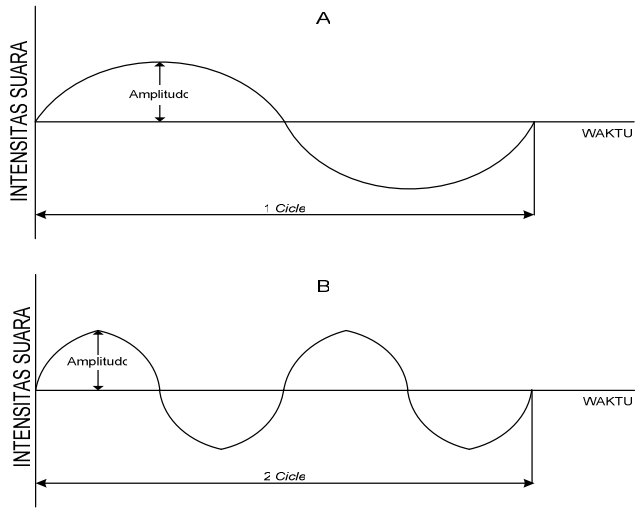
Dalam konteks konseptual, suara (*sound*) dibedakan dengan getaran (*vibration*). Getaran dihasilkan oleh sebuah objek yang bergetar atau berfrekuensi dan secara konseptual dapat dikenali melalui sentuhan oleh bagian tubuh manusia. Adapun

suara, dihasilkan oleh sebuah objek yang bergetar atau berfrekuensi dan secara konseptual dapat ditangkap oleh sistem pendengaran manusia.

2.5.2.1. Frekuensi Gelombang Suara

Sensitivitas telinga manusia sangat terbatas dalam membedakan dua atau lebih suara dengan frekuensi relatif berdekatan. Tinggi rendahnya suara (dapat juga dibandingkan dengan istilah “nada” dalam dunia musik) dipengaruhi oleh besar kecilnya frekuensi, yaitu jumlah siklus atau perulangan panjang gelombang suara per detik.

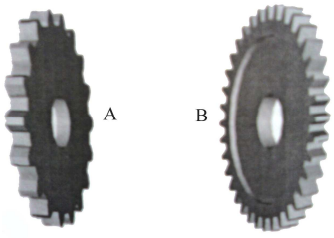
Untuk mempermudah pemahaman tentang pengkuantifikasian frekuensi, perhatikan Gambar 2.9. saat gelombang suara B sudah mencapai 1 panjang gelombang, gelombang suara A baru mencapai ½ panjang gelombang. Artinya, pada waktu yang sama, perulangan gelombang suara A lebih rendah daripada perulangan gelombang suara B. Istilah yang populer untuk menggambarkan situasi ini adalah frekuensi gelombang suara A lebih rendah daripada frekuensi suara B.



Gambar 2.9. Gelombang Suara
(Sumber : Sihar Tigor Benjamin Tambunan, 2005)

Contoh praktis untuk menggambarkan kontribusi frekuensi terhadap kebisingan adalah pada pemakaian dua jenis gigi roda berdiameter sama, namun memiliki jumlah gigi roda yang berbeda. Makin banyak jumlah gigi pada roda gigi (*gear*)

pada sebuah mesin, maka makin tinggi pula “nada kebisingan” yang dihasilkan oleh mesin tersebut.



Gambar 2.10. Frekuensi Suara yang Berbeda Pada Roda Gigi Dengan Jumlah Gigi yang Berbeda ($F_B > F_A$)
(Sumber : Sihar Tigor Benjamin Tambunan, 2005)

2.5.2.2. Amplitudo Gelombang Suara

Berbeda dengan tinggi rendahnya “nada” kebisingan, tingkat kebisingan (*sound level*) ditentukan oleh tingkat tekanan suara (*sound pressure level*) yang besarnya ditentukan oleh amplitudo gelombang suara atau dapat disebut juga dengan intensitas suara (*sound intensity*).

2.5.2.3. Karakteristik Mekanik Suara

Gelombang suara termasuk gelombang mekanik. Sama seperti umumnya gelombang mekanik, suara memiliki karakteristik / prilaku penyebaran gelombang sebagai berikut :

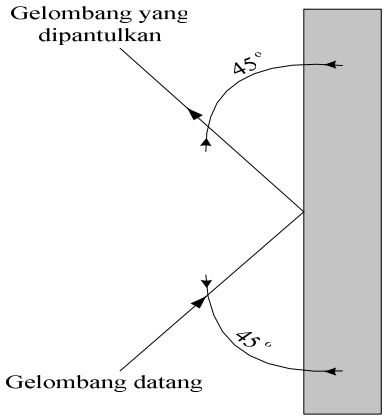
- Dapat dipantulkan (*reflection*).
- Dapat digabungkan (*interfered*).
- Dapat dibelokkan (*refraction*).
- Dapat didefraksi (*diffraction*).

a. Pantulan Gelombang Suara

Gelombang suara yang “menabrak” sebuah permukaan, terutama permukaan keras, misalnya lantai, atap dan dinding sebuah ruangan akan mengalami proses penyebaran suara yang disebut pemantulan (*wave reflection*).

Fenomena fisik menarik dari sebuah peristiwa pemantulan gelombang suara adalah sudut gelombang suara yang dipantulkan (*reflected wave*) sama besarnya

dengan sudut gelombang datang (*incident wave*) jika diukur terhadap bidang pantul (Gambar 2.11). untuk keperluan analisis lebih dalam, salah satu dampak peristiwa pemantulan gelombang suara, yaitu perubahan amplitudo gelombang, telah diformulasikan dalam sebuah angka rasio yang disebut koefisien pemantulan (*reflection coefficient*).

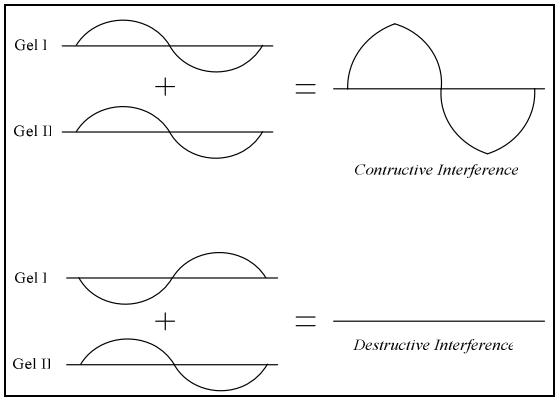


Gambar 2.11. Pemantulan Gelombang Suara
(Sumber : Sihar Tigor Benjamin Tambunan, 2005)

Pada kondisi tertentu, gelombang yang dipantulkan dapat bercampur dengan gelombang datang sehingga akan terjadi pola-pola tertentu. Resonansi adalah salah satu bentuk campurannya. Resonansi terjadi jika ujung gelombang suara datang tepat mengenai bidang pantul. Pada kondisi tersebut, gelombang suara yang dipantulkan akan mengalami perubahan fase sebesar 180^o. makin tinggi frekuensi gelombang suara, makin mudah gelombang suara tersebut dipantulkan oleh sebuah permukaan / bidang, apalagi permukaan-permukaan yang keras.

b. Penggabungan Gelombang Suara

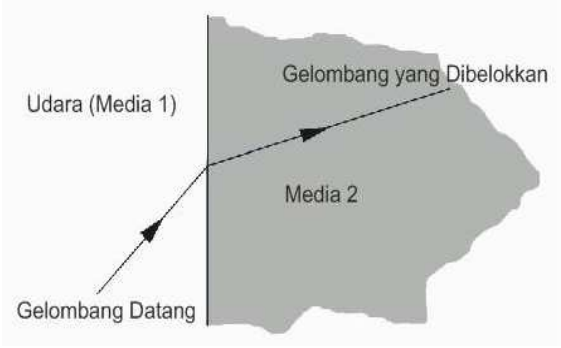
dua atau lebih gelombang suara berjalan, apabila berada dalam media yang sama, akan bergabung membentuk pola-pola gabungan tertentu yaitu pola konstruktif (*constructive interference*) atau pola destruktif (*destructive interference*) (Gambar 2.12).



Gambar 2.12. Penggabungan Gelombang Suara
(Sumber : Sihar Tigor Benjamin Tambunan, 2005)

c. Pembelokan Gelombang Suara

Perilaku pembelokan gelombang suara umumnya menyertai peristiwa pemantulan gelombang suara (*sound reflection*). Saat melalui dua media transmisi dengan keraatan massa (*density*) yang berbeda, gelombang suara akan dibelokan. Pada saat itu, kecepatan dan panjang gelombang suara juga akan berubah (Gambar 2.13).



Gambar 2.13. Pembelokan Gelombang Suara
(Sumber : Sihar Tigor Benjamin Tambunan, 2005)

2.6. Material Akustik

Di tempat tertutup (*closed space*), misalnya sebuah ruangan/bangunan, secara hierarki tempat manusia bekerja harus mampu memenuhi fungsi-fungsi berikut :

a. Menjamin kesehatan dan keselamatan pekerja saat beraktivitas di dalamnya (*safety first*).

b. Dengan kondisi yang terjamin ini (poin a), pekerja dapat meningkatkan kinerja dari pekerjaannya secara optimal sesuai jenis pekerjaannya (*performance enchancement*).
c. Dalam jangka waktu panjang, ruangan kerja dapat menimbulkan perasaan nyaman bagi pekerja saat berada di dalam ruangan tersebut (*comfortabel*).
d. Secara psikologis, perasaan nyaman ini akan terus meningkat jika proses pembangunan dan penataan tempat kerja dari waktu ke waktu tidak mengabaikan nilai estetika (*aesthetics*).

Dalam konteks arsitektural ruangan atau bangunan, faktor suara (*sound*) adalah salah satu kriteria penting dan utama yang harus diperhatikan untuk menghasilkan fungsi-fungsi di atas. Empat faktor utama lainnya adalah ruangan (*space*), panas (*heat*), cahaya (*light*), dan ventilasi (*ventilation*).

2.7. Kecepatan Suara

Agak berbeda dengan gelombang elektromagnetik (misalnya cahaya) yang dapat merambat melalui ruang hampa udara (*vacuum*), gelombang suara membutuhkan media seperti udara, air, benda padat dan lain-lain untuk merambat. Namun pada perhitungan gelombang suara pada media padat (*solid*) lebih rumit karena pengaruh dari banyak hal, seperti perubahan bentuk / dimensi material, arah gelombang datang dsb.

2.8. Tingkat Kebisingan

Tingkat kebisingan, terjemahan bebas dari *noise level* atau *sound level*, merupakan fungsi dari amplitudo gelombang suara dan dinyatakan dalam satuan *decibel* (dB). Dari sisi formulasi ada setidak-tidaknya tiga cara berbeda yang sering digunakan orang untuk mendefinisikan tingkat kebisingan, yaitu SIL, PWL, SPL.

a. SIL (*Sound Intensity Level*)

SIL adalah perhitungan nilai logaritma dari perbandingan antara intensitas suara (*Sound Intensity*) di sebuah tempat yang diukur terhadap batas intensitas

pendengaran telinga manusia pada frekuensi 1000 Hz (*threshold of hearing*). *Threshold of hearing* pada kondisi ini adalah sebesar 10^{-12} watt/m^2. Secara internasional, pada intensitas sebesar 10^{-12} watt/m^2, tingkat kebisingan ditentukan bernilai 0 dB. Rumus perhitungan tingkat kebisingan dengan menggunakan intensitas suara lebih sering digunakan untuk menghitung tingkat kebisingan di dua tempat yang berbeda jaraknya dari sumber suara. Tingkat kebisingan dengan menggunakan intensitas suara sebagai acuan perhitungan disebut *Sound Intensity Level* atau SIL atau L_1.

b. PWL (*Sound Power Level*)

Perhitungan nilai logaritma dari perbandingan antara daya suara (*sound power*) di sebuah tempat / sumber suara yang diukur (W) terhadap daya suara acuan pada frekuensi 1000 Hz (*threshold of hearing*). *threshold of hearing* (W_0) pada kondisi ini adalah sebesar 10^{-12} watt. Tingkat kebisingan dengan menggunakan daya suara sebagai acuan perhitungan disebut *Sound Power Level* atau PWL atau L_W.

c. SPL (*Sound Preassure Level*)

Perhitungan nilai logaritma dari perbandingan antara tekanan suara (*sound pressure*) di sebuah tempat yang diukur terhadap tekanan suara acuan pada frekuensi 1000 Hz (*threshold of hearing*). *threshold of hearing* (W_0) pada kondisi ini adalah sebesar 2 x 10^{-5} Pa. Tingkat kebisingan dengan menggunakan tekanan suara sebagai acuan perhitungan disebut *Sound Pressure Level* atau SPL atau L_P.

Intensitas suara di sebuah tempat dapat dinyatakan dalam *decibel* (dB) dengan cara membandingkan intensitas suara di tempat tersebut dengan sebuah nilai ketetapan internasional tentang batas intensitas (disebut *threshold of hearing*) dan dilambangkan dengan I_0, yang besarnya sama dengan10^{-12} watt/m^2.

Perlu diingat bahwa intensitas suara tidak sama dengan kekerasan suara (*sound loudness*). Beberapa literatur menyebut kekerasan suara dengan kenyaringan. Kekerasan suara lebih berhubungan dengan persepsi individual saat mendengar suara, sehingga sangat bervariasi dan subjektif sifatnya. Mengapa dikatakan

sangat subjektif ? karena telinga setiap manusia memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap frekuensi suara. Kekerasan sebuah suara dinyatakan sama dengan 70 *phons*. Artinya, kekerasan suara tersebut sebanding dengan frekuensi 1000 Hz yang dihasilkan pada tingkat suara sebesar 70 dB.

2.9. Teknik Pengendalian Kebisingan

Kebisingan ialah suatu hal yang wajib diterapkan dalam suatu pabrik yang menghasilkan kebisingan pada *level* tertentu. Namun, pengendalian kebisingan tersebut tidak boleh bertentangan dengan prinsip-prinsip dasar perancangan pabrik, yaitu faktor kelayakan ekonomi, kemudahan operasi alat, kemudahan *maintenance*, dan faktor *safety*.

Permasalahan yang berkaitan dengan kebisingan dapat dikendalikan dengan melakukan pendekatan sistematik dimana sistem perpindahan semua suara dipecah menjadi tiga elemen yaitu sumber suara, jalur transmisi suara, dan penerima akhir. Metode yang umumnya digunakan untuk mengendalikan kebisingan dengan mengendalikan sumber suara antara lain ialah menggunakan peralatan kebisingan rendah, menghilangkan sumber kebisingan, melengkapi alat dengan insulasi, *silencer*, dan *vibration damper*. Jalur transmisi suara juga dapat dimodifikasi agar kebisingan berkurang. Hal itu dapat dilakukan dengan cara pengadaan penghalang dan absorpsi oleh peredam. Kebisingan juga dapat dikendalikan dengan memodifikasi elemen penerima akhir. Hal itu dapat dilakukan dengan improvisasi sistem operasi, improvisasi pola kerja, dan pengunaan pelindung pendengaran.

Tabel berikut ini merupakan peraturan pemerintah Indonesia mengenai kebisingan yang tercantum dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor Kep-51/MEN/1999 dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no.48 Tahun 1996 dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no.48 Tahun 1996 Tentang Batas Kebisingan Maksimum Pada Berbagai Area Kota.

Tabel 2.2. Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor Kep-51/MEN/1999 Tentang Batas Kebisingan Maksimum Dalam Area Kerja

(Michael Hutagalung, 2009)

Durasi kontak dalam sehari	Batas kebisingan maksimum
8 jam	85 dBA
4 jam	88 dBA
2 jam	91 dBA
30 menit	97 dBA
7.5 menit	103 dBA
3.75 menit	106 dBA
14.06 detik	118 dBA
0.88 detik	130 dBA
0.11 detik	139 dBA

Tabel 2.3. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no.48 Tahun 1996 Tentang Batas Kebisingan Maksimum Pada Berbagai Area Kota

(Michael Hutagalung, 2009)

Alokasi area	Batas kebisingan maksimum
Kawasan perumahan	55 dBA
Kawasan jasa dan perdagangan	70 dBA
Kawasan bisnis dan perkantoran	65 dBA
Lahan hijau terbuka	50 dBA
Kawasan industri	70 dBA
Kawasan umum dan pemerintahan	60 dBA
Kawasan rekreasional	70 dBA
Terminal kereta api	60 dBA
Pelabuhan laut	70 dBA
Rumah sakit dan sekitarnya	55 dBA
Sekolah dan sekitarnya	55 dBA
Rumah ibadah	55 dBA

Keterangan: Kontak dengan kebisingan dengan *level* melebihi 140 dBA tidak diperbolehkan pada kondisi apapun karena kebisingan di atas *level* tersebut berbahaya dan dapat menimbulkan rasa sakit di bagian telinga.

2.10. Faktor Manusia Dalam Pekerjaannya

Perhatian terhadap faktor manusia dalam pekerjaannya timbul dari kenyataan bahwa teknologi tetap membutuhkan keberadaan dan peranan manusia dalam pengembangannya, sehingga akhir-akhir ini pertimbangan-pertimbangan terhadap faktor manusia dalam merancang suatu sistem atau peralatan teknologi sudah mulai dipikirkan. Istilah faktor manusia dalam bidang pekerjaan seringkali

menimbulkan banyak pengertian, sehingga dapat menimbulkan kebingungan. Faktor manusia merupakan elemen-elemen yang dapat mempengaruhi efisiensi sistem kerja dimana manusia berhubungan dengan pekerjaannya **(Chakim bintoro, 1999)**. Elemen-elemen tersebut adalah :

1) Peralatan

Karakter fisik peralatan yang digunakan dalam sistem produksi harus diperhitungkan dengan manusia yang mengoperasikannya, sehingga tidak timbul beban yang disebabkan oleh peralatan yang tidak sesuai.

2) Lingkungan Tempat Kerja

Lingkungan disekitar tempat kerja harus dijaga kondisinya terhadap manusia dan peralatan-peralatan yang dioperasikannya sehingga tidak mengganggu kelangsungan kerja, misalnya pengaturan tata letak fasilitas produksi, dan kondisi lingkungan kerja, seperti : tingkat kebisingan, pencahayaan, temperatur ruangan kerja, bau-bauan, dan sebagainnya.

3) Pekerjaan dan Tugas-tugas

Karakteristik pekerjaan yang harus diselesaikan oleh para pekerja harus disesuaikan dengan kemampuan pekerja itu sendiri, sehingga pekerja tidak merasa dibebani oleh pekerjaan yang diluar kemampuannya.

4) Tenaga Kerja

Kemampuan dan keterbatasan operator-operator peralatan yang ada dan tenaga-tenaga perawatan mesin perlu mendapatkan perhatian, dalam arti jangan sampai terjadi kekurangan tenaga kerja. Kekurangan tersebut dapat diartikan sebagai kekurangan tenaga kerja dalam arti yang sebenarnya, dapat juga diartikan tenaga kerja yang tersedia tidak memenuhi syarat yang dibutuhkan pekerjaan, misalnya dari segi intelejensinya, daya kreativitasnya, pengetahuan dalam operasi mesin, dan sebagainya.

Berdasarkan uraian diatas tersebut dapat dilihat bahwa beban yang dialami seorang pekerja dapat berupa beban fisik, beban mental, ataupun beban sosial

yang ditimbulkan dari lingkungan pekerjaan. Oleh karena itu beban kerja sebaiknya dirancang sesuai dengan kemampuan fisik dan mental pekerja. Hal itu dapat dilakukan dengan adanya modifikasi pekerjaan, dan perencanaan sistem manusia-mesin dan alat-alat kerja yang tersedia serta pengaturan kondisi lingkungan tempat pekerjaan yangs sesuai. Pengaturan organisasi kerja, dan pengembangan budaya kerja di lingkungan kerja dapat mengurangi beban sosial pekerja dan juga beban mental pekerja yang mungkin dapat mengganggu.

Dalam mempelajari faktor-faktor manusia yang telah berkembang menjadi suatu disiplin ilmu, dititikberatkan pada perilaku manusia dan interaksinya dengan produk, peralatan, fasilitas-fasilitas, prosedur kerja, dan lingkungan kerja. Dengan mempelajari faktor-faktor manusia dapat dicari kemampuan, keterbatasan, dan kebutuhan manusia dalam bekerja. Tujuan mempelajari faktor-faktor manusia adalah untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pekerjaan atau tugas-tugas manusia, termasuk meningkatkan pemanfaatan waktu dengan sebaikbaiknya, mengurangi kesalahan dalam bekerja, dan meningkatkan produktifitas. Tujuan lainnya adalah meningkatkan nilai-nilai dan karakteristik manusia yang tertentu, yaitu memperbaiki faktor keselamatan dalam bekerja, mengurangi kelelahan dan perasaan tertekan akibat bekerja, meningkatkan kenyamanan, meningkatkan kepuasan kerja, dan memperbaiki kualitas hidup **(Mc Cormick, 1976).**

Pendekatan terhadap faktor manusia merupakan suatu penerapan yang sistematis dari informasi-informasi yang berkaitan dengan kemampuan, keterbatasan, karakteristik perilaku manusia, dan rancangan peralatan-peralatan dan prosedur-prosedur dalam bekerja, serta lingkungan kerja. Kegiatan yang dilakukan dalam mempelajari faktor-faktor manusia mencakup kegiatan-kegiatan untuk mencari informasi-informasi yang berkaitan tentang manusia dan tanggapannya terhadap peralatan-peralatan dan lingkungan kerja. Informasi-infarmasi tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengajukan saran-saran dalam membuat suatu rancangan dan untuk memperkirakan pengaruh-pengaruh yang mungkin dari berbagai alternatif rancangan. Pendekatan terhadap faktor-faktor manusia juga dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan evaluasi suatu rancangan sistem.

Berdasarkan uraian di atas pula dapat dikatakan bahwa dalam penelitian ini, yang dimaksud dengan produktivitas kerja adalah *performance appraisal* atau penilaian kinerja yang merupakan suatu penggambaran sistematis tentang individu atau kelompok yang berkaitan dengan kelebihan dan kekurangan dalam suatu pekerjaan sebagai bentuk evaluasi bagi individu yang berkaitan dengan pelaksanaan organisasinya **(Cascio, 1998).**

Yang menjadi motor penggerak daripada produktivitas ini adalah sumber daya manusia. Sumber daya manusia yang dipandang sebagai *agent of change* dalam proses perkembangan, memerlukan suatu keterampilan dan pengetahuan sebagai pengembangan untuk menuju produktivitas yang tinggi.

2.11. Metode Penelitian dan Pengukuran Dalam Mempelajari Faktor Manusia

2.11.1. Metode Penelitian dalam Mempelajari Faktor Manusia

Metode-metode yang digunakan dalam berbagai penelitian adalah :

Tabel 2.4. Ruang Lingkup Metode Penelitian

(Rusyandi, 2007)

1. Metode Empiris	A. Perancangan Eksperimen 1. Parametrik 2. Non Parametrik
	B. Teknik Non Eksperimental 1. Pengamatan / Observasi 2. Wawancara 3. Kuisioner 4. Test Kemampuan 5. Rating / Rangking / *Checklist*
2. Metode Analisis	A. Deskriptif 1. Kuantitatif a. Hubungan statistik sederhana, Pengukuran kecenderungan terpisah b. Perkiraan-perkiraan kemungkinan 2. Kualitatif
	B. Prediktif
3. Objektivitas Pengukuran, Deskripsi dan Perkiraan	A. Kinerja Individu
	B. Kinerja Kelompok
	C. Kinerja Sistem
	D. Keterkaitan (*Internationalship*)
4. Pengumpulan Data	A. Manusia B. Peralatan (Instrumrntal) C. Kombinasi Keduanya

Tabel 2.5. Ruang Lingkup Metode Penelitian (Lanjutan)

(Rusyandi, 2007)

5. Ruang Lingkup Pengukuran	A. Laboratoris
	B. Kuasi - Operasional
	C. Operasional

2.11.2. Kriteria Pengukuran Terhadap Faktor Manusia

Kriteria pengukuran dalam mempelajari faktor manusia adalah sebagai berikut :

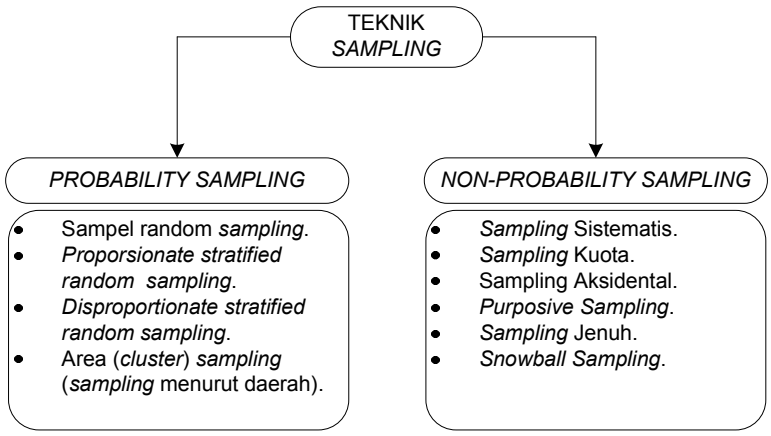
Tabel 2.6. Kriteria Pengukuran Terhadap Faktor Manusia

(Rusyandi, 2007)

1. Kinerja Sintem	A. Sistem	a. Terminal	
		b. Intermediate	
	B. Individu	a. Terminal	
		b. Intermediate	
	C. Perilaku		
	D. Psikologis		
	E. Fisiologis		
2. Jenis-jenis Pengukuran	A. Objektif	a. Pengukuran Individual	Ketepatan Kerja
			Kesalahan
			Kejadian
			Waktu Reaksi
			Accident
			Kondisi-kondisi Kritis
			Fisiologis
		b. Pengukuran Sistem	Ketepatan Kerja
			Keandalan Kerja
			Kejadian
			Ketahanan / Lama Kerja
	B. Subjektif	a. *Rangking* / *Rating*	
		b. Wawancara / Survey	
3. Karakteristik Deskriptif	A. Kualitatif		
	B. Kuantitatif		

2.12. Metode pengambilan sampel

Teknik *sampling* merupakan teknik pengambilan sampel untuk menentukan ukuran sampel yang akan digunakan dalam penelitian.



Gambar 2.14. Teknik *Sampling*

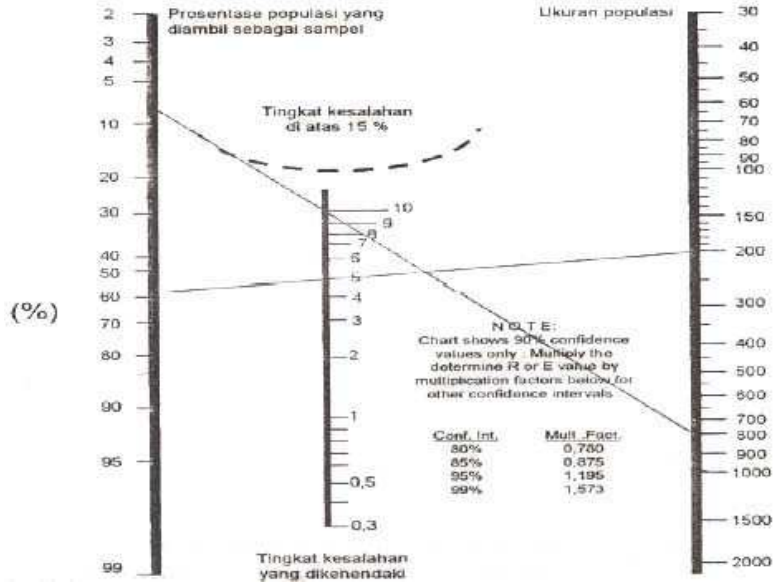
(Sumber : Rusyandi, 2007)

Dari gambar tersebut terlihat bahwa, teknik *sampling* pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu *Probability Sampling* dan *Non-Probability Samping*. *Probaility Sampling* meliputi : *simple random, proportionate stratified random, disproportionate stratified random,* dan *area random*. *Non-probability Samling* meliputi : *sampling* sistematis, *sampling* kuota, *sampling* aksidental, *purposive sampling*, *sampling* jenuh dan *snowball sampling*.

2.12.1. Menentukan Ukuran Sampel

Jumlah anggota sampel sering dinyatakan dengan ukuran sampel. Jumlah sampel yang 100% mewakili populasi adalah sama dengan populasi. Jadi bila jumlah tersebut tanpa ada kesalahan, maka jumlah sampel yang diambil sama dengan jmlah populasi tersebut yaitu 1000 orang. Makin besar jumlah sampel medekati populasi, maka kesalahan generalisasi (diberlakukan umum). Menentukan ukuran sampel yang sangat praktis, dapat menggunakan tabel *nomogram*. Tabel yang digunakan adalah tabel *Krejcie* dan *Nomogram Harry King*. Dengan kedua cara tersebut, tidak perlu dilakukan perhitungan yang rumit. **Krecjie** dalam melakukan perhitungan ukuran sampel didasarkan atas kesalahan 5%. Jadi sampel yang diperoleh itu mempunyai kepercayaan 95% terhadap populasi.

Harry King menghitung sampel tidak hanya didasarkan kesalahan 5% saja, tetapi bervariasi sampai 15%. Tetapi jumlah populasi paling tinggi hanya 2000. *Nomogram* ini ditunjukan pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.15. *Nomogram Harry King*

(Sumber : Rusyandi, 2007)

Contoh :

Misalkan populasi yang diteliti sebanyak 200 orang. Bila dikehendaki kepercayaan terhadap populasi 95% atau tingkat kesalahan 5%, maka jumlah sampel yang diambil sebanyak 58% (berdasarkan garis yang ditarik tegak lurus antara ukuran poppulasi terhadap tingkat kesalahan). Jadi banyaknya sampel minimum yang harus diambil adalah :

0,58 x 200 =116 sampel

Cara menentukan ukuran sampel seperti dikemukakan didasarkan atas asumsi bahwa populasi berdistribusi normal.

2.13. Mode Statistika dalam Pengolahan Data

Guna memperoleh hasil yang berarti dari data mentah yang telah dikumpulkan, perlu dilakukan pengujian statistik dengan menggunakan *tool* statistik yang sesuai dengan tujuan penelitian.

2.13.1. Uji Kenormalan (*Chi-Square*)

Pengujian Statistik dengan metode *Chi-square* ini, digunakan untuk *goodness of fit test* jika sampel besar (>30). Langkah-langkah yang dilakukan untuk uji kenormalan dengan metode ini (Walpole, 1995) adalah :

Pada setiap *interval*, frekuensi pengamatan dinyatakan dengan fi, f2, f3,….dan seterusnya. Sedangakan frekuensi teoritis dinyatakan dengan e1, e2, e3,…..dan seterusnya. Dalam melakukan pengujian, digunakan metode pengujian sebagai berikut :

- Kelompokan data dengan rumus :

  Jumlah kelas = 1 + 3,322 log n ..... (2.1)

  Dengan : n = jumlah data
- Tentukan *range* antar kelas dengan rumus :

  $$Range = \frac{\text{Data}_{maks} - \text{Data}_{min}}{\text{Jumlah Kelas}} \quad \text{.....(2.2)}$$
- Tentukan batas atas dan batas bawah kelas.
- Hitung frekuensi setiap kelas.
- Hitung Z_1 untuk batas bawah kelas dan Z_2 untuk batas atas kelas.

  $$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad \text{.....(2.3)}$$

  Dengan : μ = *mean* σ = standar deviasi
- Tentukan $P(Z_1)$ untuk probabilitas Z_1 dan $P(Z_2)$ untuk probabilitas Z_2.
- Tentukan Probabilitas $P(Z_i)$, yaitu $P(Z_2) – P(Z_1)$.
- Tentukan E_i, yaitu frekuensi teoritis dengan persamaan :

  $E_i = P[P(Z_2) - P(Z_1)] \times n$ ..... (2.4)
- Jika E terlalu kecil untuk suatu kelas, maka nilai χ^2 akan terlalu ketat sehingga menimbulkan banyak penolakan terhadap H_0. Untuk menghindari kesalahan akibat *test* pengujian χ^2, kita harus mengikuti aturan umum, yaitu frekuensi harapan paling sedikit harus 5. Jika suatu kelas *interval* memiliki frekuensi harapan <5, maka frekuensi tersebut harus dinaikan dengan cara menggabungkan kelas yang berdampingan.

- Tentukan *Chi square*, hitung dengan rumus :

$$Chi\ square_{\text{hitung}} = \frac{(E_i - \text{frekuensi})^2}{E_i} \quad \text{.....(2.5)}$$

- *Chi-square* teoritis dapat dilihat dari Tabel untuk α dan derajat kebebasan (df) tertentu.

  df = jumlah kelas – 1 .....(2.6)

- Tentukan *Chi-square* hitung < *Chi-square* teoritis, maka data berdistribusi normal.

2.13.2. Uji Wilcoxon

Uji Wilcoxon atau dapat kita sebut juga Uji dua sampel Wilcoxon, merupakan penyempurnaan dari Uji *Sign*. Perbedaannya adalah, pada Uji *Sign* hanya menguji perbedaan pasangan pengamatan hanya sebatas tanda posistif dan negative, tidak berdasar pada nilai perbedaan, sedangkan Uji Wilcoxon, memperhatikan besarnya perbedaan tersebut **(Cornelius Trihenradi, 2005)**. hipotesis dan rumus yang digunakan adalah :

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ .....(2.7)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ .....(2.8)

$$w1 + w2 = \frac{(n_1 + n_2)(n_1 + n_2 + 1)}{2} \quad \text{.....(2.9)}$$

Daerah kritis : $-Z_{\alpha/2} < Z_{hit}$ dan $Z_{hit} > Z_{\alpha/2}$ dan atau Asym. Sig < α/2, dengan derajat kebebasan = n -1.

keterangan :

μ_1, μ_2 : rataan sampel berpasangan yang diamati.

w_1 : pengamatan dengan sampel kecil.

w_1 : pengamatan dengan sampel besar.

n1 : Banyaknya pengamatan dalam sampel kecil.

n_2 : Banyaknya pengamatan dalam sampel besar.

2.13.3. Uji ANOVA Faktor Tunggal

Analisis of Varian (ANOVA) adalah teknik statistika yang digunakan untuk menguji kesamaan tiga atau lebih rataan sampel sehingga dapat dilakukan inferensi apakah sampel berasal dari populasi yang memiliki rataan yang sama (Walpole, 1995).

ANOVA faktor tunggal menyatakan sampel acak berukuran n yang diambil dari masing-masing k populasi yang berbeda. k populasi akan dianggap saling bebas dan berdistribusi normal dengan rataan $\mu_1, \mu_2, ..., \mu_k$ dan variansi yang sama. Hipotesis yang akan diuji :

$H_0 : \mu_1, \mu_2, ..., \mu_k$ .....(2.10)

H_1 : paling sedikit dua diantara rataan tidak sama. .....(2.11)

Hipotesis nol bahwa rataan ke k populasi lawan tanding bahwa paling sedikit dua rataan ini tidak sama dengan hipotesis yang setara :

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 ... = \alpha_k$ .....(2.12)

Langkah selanjutnya adalah menentukan tingkat keberartian, derajat kebebasan dan dihitung berdasarkan Tabel distribusi F untuk nilai kritisnya. Hitung nilai masing-masing untuk Jumlah Kuadrat total (JKT), Jumlah Kuadarat Perlakuan (JKP), Jumlah Kuadrat Galat (JKG) dan terakhir diambil kesimpulan berdasarkan f hitungan yang dihasilkan.

Tabel 2.7. Contoh Acak

(Rusyandi, 2007)

	Perlakuan						
	1	2	…	i	…	k	
	y11	y21	…	yi1	…	yk1	
	y12	y22	…	yi2	…	yk2	
	Y1n	y11	…	y11	…	y11	
Jumlah	T1*	T2*	…	Ti*	…	Tk*	T…

$$JKT = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n} yo^{2} - \frac{T**^{2}}{nk} \quad \text{.....(2.13)}$$

$$JKT = \frac{\sum_{i=1}^{k} Ti*^{2}}{n} - \frac{T**^{2}}{nk} \quad \text{.....(2.14)}$$

$$JKG = JKT - JKA \quad \text{.....(2.15)}$$

Tabel 2.8. ANOVA Faktor Tunggal

(Rusyandi, 2007)

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rataan Kuadrat	F Hitung
Perlakuan	JKA	k -1	$s_i^{\,2} = \frac{JKA}{k-1}$	$\frac{s_1^{\,2}}{s_2^{\,2}}$
Galat	JKG	$k_{(n-1)}$	$s_i^{\,2} = \frac{JKG}{K_{(k-1)}}$	
Total	JKT	N_{k-1}		

2.13.4. Uji *General Linear Model* (GLM) - *Univariate – Factor*

Analisis *General Linear Model* (GLM) – *Univariate*memberikan analisis regresi dan analisis varian untuk satu variabel *dependent* oleh dua atau lebih factor atau variabel. Analisis ini memungkinkan untuk melakukan model nilai pada sebuah variabel *dependent* (skala) berbasis pada hubungan dengan *predictor* kategori dan predictor skala. Kategorikal *predictor* merupakan *factor* sedangkan *scale predictor* merupakan *covariate*.

2.13.5. Uji *Independent-Sample T Test*

Independent-Sampel T Test digunakan untuk menguji signifikansi beda rata-rata dua kelompok. *Test* ini juga digunakan untuk menguji pengaruh variabel *independent* terhadap variabel *dependent*.