Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1. Ergonomi

2.1.1. Sejarah dan Perkembangan Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani yaitu *ergon*, berarti keja dan *nomos*, berarti aturan. Perkembangan ergonomi dimulai pada saat Taylor (1880-an) dan Gilberth (1890-an) yang masing-masing melakukan studi tentang waktu baku dan juga studi tentang gerakan-gerakan dalam pekerjaan. Manusia dengan segala aspeknya baik fisik maupun nonfisik sepeti tingkah laku, menjadikannya makhluk yang sangat kompleks. Oleh karena itu, untuk mempelajari manusia, tidak cukup ditinjau dari satu segi ilmu saja. Maka untuk mengembangkan ergonomi diperlukan dukungan dari berbagai disiplin ilmu diantaranya adalah Psikologi, Antropologi, Faal dan Biomekanika Kerja, Biologi, Sosiologi, Fisika, dan lain-lain. Setiap bagian dari ilmu itu berperan sebagai pemberi informasi yang akan dikaji bagaimana keterkaitan antara satu dengan lainnya. Keilmuan ergonomi semakin berkembang pada saat perang dunia II dimana pada saat itu banyak peralatan-peralatan baru ditemukan namun kurang efektif dalam penggunaannya karena dari sisi desainnya kurang mudah dikendalikan oleh para operatornya.

2.1.2. Pengertian Ergonomi

Ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang sistematis dalam pemamfaatan informasi-informasi yang tersedia mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia dalam melaksanakan pekerjaanya sehingga berguna untuk merancang suatu sistem kerja yang tepat dan sesuai sehingga manusia dapat bekerja lebih efektif, aman dan nyaman (Sutalaksana, 1979).

McCormick dan Sanders (1982) membagi ergonomi atas tiga pokok pendekatan:

1. Fokus Utama

   Manusia dan segala interaksinya dengan produk, peralatan, fasilitas, prosedur dan lingkungan kerja.

2. Tujuan

   Meningkatkan efektivitas dan efesiensi dari interaksinya dengan mesin, peralatan dan aktivitas-aktivitasnya yang lain, meningkatkan nilai-nilai tertentu yang diinginkan dari pekerjaan tersebut termasuk mempertahankan dan memperbaiki unsur-unsur keamanan, kenyamanan, kepuasan serta kesehatan kerja

3. Pendekatan Utama

   Aplikasi sistematik dari informasi yang berhubungan dengan kemampuan, keterbatasan, karakteristik, perilaku dan motivasi manusia terhadap suatu perancangan sistem kerja.

2.1.3. Bidang Kajian Ergonomi

Berikut pengelompokan bidang kajian ergonomi yang mencakup berbagai aspek perilaku manusia dalam bekerja adalah sebagai berikut:

2.1.1.1. Faal kerja

Bagian dari perilaku manusia yang dikaji dalam faal kerja adalah reaksi tubuh selama melakukan pekerjaan. Hal yang paling banyak dibahas menyangkut faal kerja adalah tentang kelelahan (fatique) otot.

2.1.1.2. Biomekanika kerja

Biomekanika mengkaji perilaku manusia yang berkaitan aspek-aspek mekanika gerakan. Hal-hal yang berhubungan dengan masalah biomekanika kerja adalah kecepatan dan kekuatan kerja otot, ketelitian gerak anggota badan serta daya tahan jaringan tubuh terhadap beban.

2.1.1.3. Anthropometri

Anthropometri mengkaji segala aspek yang berhubungan dengan dimensi tubuh manusia. Dari informasi mengenai tubuh manusia ini digunakan untuk merancang sistem kerja yang lebih ergonomis. Data anthropometri ini berbeda-beda untuk setiap individu namun memiliki karakteristik tersendiri sesuai dengan jenis

kelamin, ras dan konsumsi gizi suatu orang. Ukuran data anthropometri orang-orang dari negara Indonesia akan berbeda dengan data anthropometri orang-orang dari negara Jerman, karena perbedaan ras, bentuk dan ukuran tubuh.

2.1.1.4. Pengideraan

Manusia memiliki lima indera utama yang berfungsi untuk berinteraksi dengan dunia luar yaitu penglihatan (mata), pendengaran (telinga), penciuman (hidung), peraba (kulit) dan perasa (lidah). Setiap karakteristik dalam indera manusia ini dikaji lebih lanjut untuk perancangan alat atau sistem kerja sehinga mampu meningkatkan kinerja manusia.

2.1.1.5. Psikologi kerja

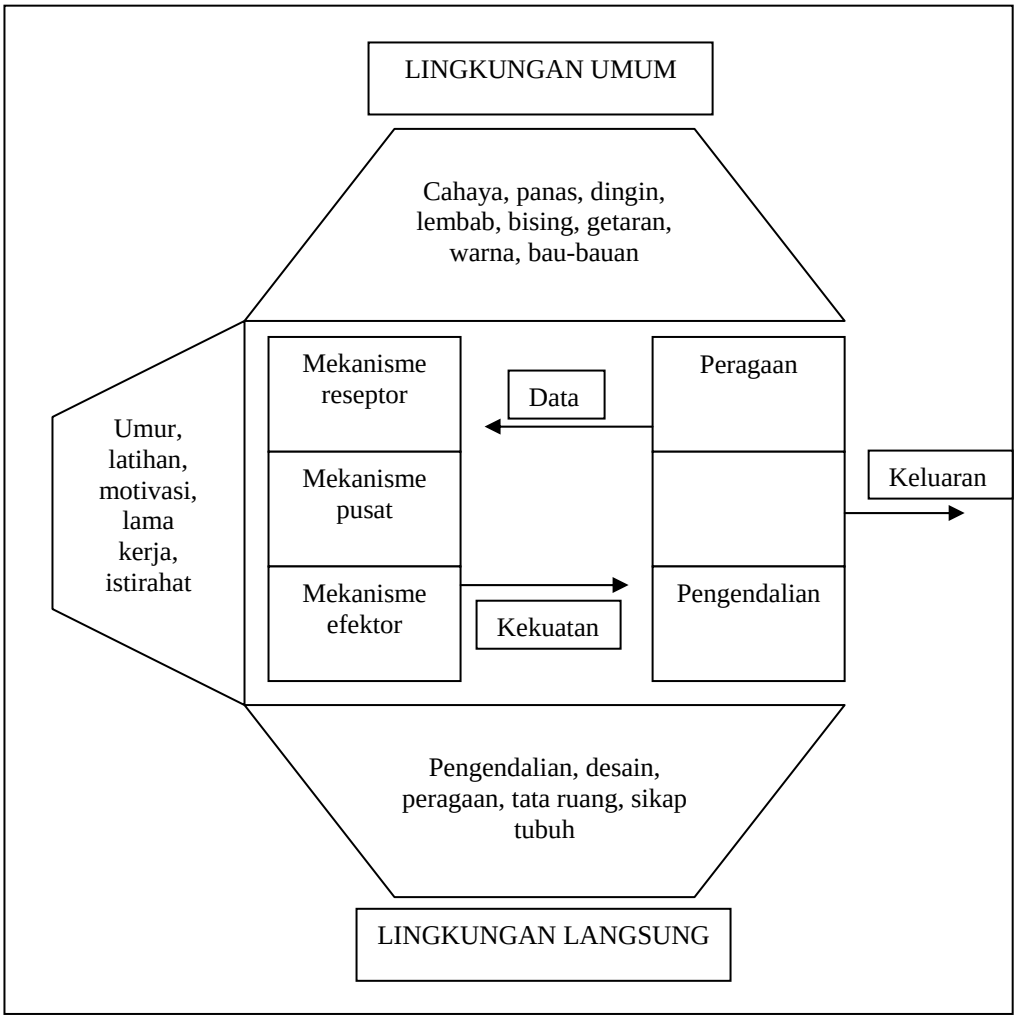
Psikologi kerja membahas masalah-masalah yang berhubungan dengan aspek kejiwaan manusia, termasuk di dalamnya: sifat, kepribadian, kebiasaan, nilai, budaya, minat, motivasi, pengalaman dan sebagainya.

2.2. Manusia dan Pekerjaannya

Sebelum ergonomi, peningkatan kerja dilakukan dengan “penelitian kerja” (*work study* atau *motion and time study*) oleh Gilberth dan istrinya sebagai pelopor. Dengan penelitian kerja itu produktivitas kerja diupayakan dengan memperbaiki metode kerja atau penyelesaian kerja yang lebih efektif. Ilmu ergonomi berkembang secara teratur dan terarah di berbagai negara pada abad ke-20 dengan istilah yang berbeda-beda di setiap negara, Di Jerman, Ergonomi dikenal dengan *Arbeltswissenschaft*, *Bioteknologi* di negara Skandinavia, *Human Engineering*, *Human Factors Engineering* di negara Amerika Utara.

Perbedaan istilah ergonomi di berbagai negara bukan berarti berbeda maksud dan tujuannya, ergonomi tetap mempunyai pengetian sebagai suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu system kerja, sehingga orang dapat hidup dan bekerja dalam system itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman dan nyaman. Sasaran

Ergonomi adalah untuk mencapai prestasi kerja yang tinggi dengan sumber daya yang tersedia dapat menghasilkan efektifitas yang tinggi. Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, kenyamanan, kesehatan, keselamatan, efisiensi dan efektivitas.



Gambar 2.1. Gambaran ergonomi secara umum

Dikutip dari: Ir. Suyatno Satrowinoto, *"Meningkatkan Produktivitas Dengan Ergonomi"*, PT. Pustaka Binaman Pressindo, 1985

2.2.1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keberhasilan Kerja

Banyak sekali faktor-faktor yang terlibat dan mempengaruhi seseorang untuk mencapai keberhasilan kerja. Secara garis besar faktor-faktor tersebut dapat dibagi dalam dua kelompok faktor-faktor diri (individual) dan faktor-faktor situasional.

2.2.1.1. Beberapa Segi Mengenai Faktor-Faktor Diri

Setiap jenis pekerjaan mempunyai ciri-ciri tersendiri termasuk tuntutan terhadap perilaku pekerjaan tersebut mengenai perilaku-perilaku yang harus sesuai dengan pekerjaan itu. Karena faktor diri tidak dapat diubah, maka harus dilakukan pemilihan terlebih dahulu terhadap calon-calon pekerja yang cocok untuk melakukan pekerjaan tersebut. Salah satu alat pengujinya adalah aptitude test. Pengujian ini mengukur kemampuan dasar manusia seperti kemampuan dasar mekanis dan kemampuan dasar psikomotorik yang menguji hal-hal seperti kecepatan reaksi, kecepatan gerak, keterampilan tangan dan lain-lain.

2.2.1.2. Beberapa Segi Mengenai Faktor-Faktor Sosial dan Keorganisasian

Tidak semua kebutuhan manusia bersifat meteri. Contoh kebutuhan non materi antara lain adalah kebutuhan akan rasa aman, rasa terjamin, ingin perlakuan yang adil, ingin prestasinya dihargai orang dan lain-lain. Hal-hal seperti inilah yang akan menjadi motivator atau pendorong para pekerja untuk lebih bersemangat dalam bekerja, sehingga akan mendorong kepada keberhasilah kerja.

2.2.1.3. Beberapa Segi Mengenai Faktor-Faktor Fisik Pekejaan

Faktor-faktor fisik dalam pekerjaan antara lain adalah kemampuan dan keterbatasan kerja manusia, kondisi lingkungan fisik di sekitarnya, rancangan mesin dan peralatan yang sesuai dengan para penggunanya, cara-cara memakai perlengkapan tersebut, dan sebagainya.

2.2.1.4. Beberapa Segi Mengenai Faktor-Faktor Pekerjaan

Kegiatan untuk mendapatkan rancangan, baik perlengkapan, lingkungan kerja, maupun suatu sistem kerja merupakan proses yang dinamis dan berkelanjutan. Oleh karena itu, perubahan adalah sesuatu yang perlu mendapat perhatian. Karena hambatan-hambatan dapat terjadi dalam melaksanakan perubahan tersebut, misalnya berasal dari para pekerja yang telah terbiasa pada kondisi sebelumya.

2.2.2. Manusia Sebagai Komponen Sistem Manusia-Mesin

Sistem manusia mesin adalah kombinasi antara satu atau beberapa manusia dengan satu atau beberapa "mesin" dimana salah satu mesin dengan yang lainnya juga memilki interaksi untuk menghasilkan keluaran-keluaran tertentu dengan suatu masukan-masukan yang tertentu pula. Yang dimaksud dengan mesin di sini mempunyai arti yang luas, meliputi semua objek fisik seperti peralatan, perlengkapan, fasilitas, dan benda-benda yang biasa digunakan manusia untuk membantu melaksanakan pekerjaannya. Penyelidikan Sistem Manusia-Mesin didasarkan atas suatu kenyataan bahwa antara manusia dan mesin masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan , sehingga dengan adanya masing-masing kekurangan dan kelebihan itu dapat dirancang suatu sistem kerja yang lebih optimal.

2.3. Lingkungan Kerja yang Mempengaruhi Kegiatan Manusia

Ergonomi erat kaitannya dengan lingkungan luar seperti yang terlihat dalam gambar 2.1. Pengaruh lingkungan luar terhadap aktivitas sangat besar, baik itu pengaruh yang baik (meningkatkan produktivitas) ataupun pengaruh buruk (menurunkan produktivitas). Hal ini terjadi karena setiap makhluk hidup memiliki kemampuan dalam menerima informasi lalu bertindak sebagai tanggapan dari informasi yang didapatnya. Menerima informasi merupakan tugas dari "*reseptor*", umumnya terjadi melalui mata sebagai indera penglihatan dan telinga sebagai indera pendengaran, walaupun informasi juga dapat disampaikan melalui indera penciuman, rabaan, rasa panas atau rasa dingin.

Oleh sistem saraf informasi yang tertangkap tadi disalurkan sampai ke pusat mekanisme yang berada di otak dan tali sum-sum *(spinal cord)* dimana informasi itu diproses sampai diambil keputusan. Selama pemrosesan akan terjadi pengintegrasian antara informasi yang telah tersimpan di dalam otak dan keputusan yang diambil akan bervariasi mulai dari tanggapan yang *automatic/refleks* sampai yang memerlukan alasan atau logika yang mendalam.
Tindakan akan dilakukan sebagai akibat dari keputusannya dan akan dikerjakan melalui mekanisme *efektor* dan biasanya melibatkan kegiatan otot yang dilandasi

oleh tulang kerangka tubuhnya. Setiap faktor lingkungan tersebut mempunyai intensitas normal yang aman bagi yang menerimanya dan tidak mengganggu produktivitas, dan mempunyai intensitas tinggi/rendah yang dapat mengganggu pekerjaan, atau bahkan intensitas yang dapat meningkatkan produktivitas. Beberapa faktor lingkungan terhadap sistem-sistem reseptor dalam cakupan ergonomi yang mempunyai pengaruh terhadap produktivitas:

1. Sistem Penglihatan: pencahayaan, warna, display, tata ruang.
2. Sistem Perasa/peraba dan sistem penciuman: temperatur, kelembaban, sirkulasi udara, getaran mekanis, bau-bauan.
3. Sistem Pendengaran: kebisingan, nada/musik, suara/bunyi-bunyian.

Sebagaimana kita ketahui bersama bahwa banyak faktor-faktor yang mempengaruhi terbentuknya suatu lingkungan kerja, diantaranya adalah:

2.3.1. Temperatur

Temperatur tiap anggota tubuh manusia berbeda-beda, tubuh manusia selalu berusaha mempertahankan keadaan normal ini dengan suatu sistem tubuh yang sempurna yang dapat menyesuaikan dengan perubahan-perubahan yang terjadi di luar tubuhnya. Tetapi kemampuan ini ada batasnya, yaitu bahwa tubuh manusia maih dapat menyesuaikan dengan perubahan temperatur di luar apabila tidak melebihi dari 20% keadaan tubuh normalnya untuk kondisi panas, dan sekitar 30% untuk kondisi dingin.

Tubuh manusia bisa menyesuaikan diri karena kemampuannya untuk melakukan proses konveksi, radiasi dan penguapan jika terjadi kekurangan atau kelebihan panas. Temperatur udara yang terlalu dingin akan mengakibatkan gairah kerja menurun. Sebaliknya, temperatur udara yang terlalu panas akan mengakibatkan cepat timbulnya kelelahan tubuh dan dalam bekerja cenderung membuat banyak kesalahan. Beberapa tabel mengenai beberapa besaran temperatur dan pengaruhnya terhadap kondisi tubuh.

2.3.2. Kelembaban

Kelembaban adalah banyaknya air yang terkandung dalam udara, biasanya dinyatakan dalam persentase. Kelembaban sangat berhubungan dan dipengaruhi oleh temperatur udara. Suatu keadaan dimana temperatur udara sangat panas dan kelembaban tinggi akan menimbulkan pengurangan panas dari tubuh secara besar-besaran, karena adanya sistem penguapan. Pengaruh lainnya adalah makin cepatnya denyut jantung karena peredaran darah makin aktif untuk memenuhi kebutuhan akan oksigen.

Sebagaimana kita ketahui, tubuh manusia akan selalu berusaha mencapai keseimbangan antara panas tubuhnya dengan suhu di sekitarnya. Keseimbangan ini akan memenuhi runus:

$$M + R + C – E = 0 \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana:

M = panas yang diperoleh dari proses metabolisme

R = perubahan panas karena radiasi

C = perubahan panas karena konveksi

E = hilangnya tenaga akibat penguapan

2.3.3. Sirkulasi Udara

Udara di sekitar kita mengandung 21% O_2; 72% N_2; 0,03% CO_2 dan gas lainnya (campuran). Oksigen (O_2) merupakan gas yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk menjaga kelangsungan hidupnya. Udara di sekitar kita dikatakan kotor apabila kadar oksigen dalam udara tersebut telah berkurang dan telah bercampur dengan gas-gas atau bau-bau yang berbahaya bagi kesehatan. Untuk menjaga udara di sekitar tempat kerja kita tetap sehat harus dipikirkan tentang sirkulasi yang baik, sehingga udara kotor bisa diganti dengan udara bersih dan segar. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan ventilasi udara sebagai contohnya adalah jendela di rumah. Adanya tanaman di sekitar tempat kerja juga dapat membantu menghasilkan oksigen yang kita butuhkan.

2.3.4. Pencahayaan

Pencahayaan sangat mempengaruhi kemampuan manusia untuk melihat objek secara jelas, cepat, tanpa menimbulkan kesalahan. Kebutuhan akan pencahayaan ruang baik, akan makin diperlukan apabila kita mengerjakan suatu perkerjaan yang memerlukan ketelitian karena penglihatan. Pencahayaan yang suram akan menyebabkan mata pekerja makin cepat lelah karena mata akan berusaha untuk bisa melihat, dengan lelahnya mata akan mengakibatkan lelahnya mental, lebih jauh lagi hal itu akan mengakibatkan rusaknya mata.

2.3.5. Kebisingan

Kebisingan adalah segala jenis bunyi-bunyian yang tidak kita kehendaki, karena dalam jangka panjang bunyi-bunyian tersebut dapat mengganggu ketenangan bekerja, merusak pendengaran, kesalahan komunikasi bahkan menurut penyelidikan sampai dapat menyebabkan kematian. Tiga aspek yang menentukan kualitas bunyi adalah; lama, intesitas dan frekuensi. Semakin lama kita mendengar bunyi-bunyian yang mengganggu, semakin buruk dampaknya bagi pendengaran kita. Frekuensi menunjukkan jumlah gelombang suara yang sampai ke telinga kita setiap detik, dinyatakan dalam Hertz (Hz). Intensitas diukur dengan desibel (dB), yaitu besarnya arus energi per satuan luas.

2.3.6. Getaran Mekanis

Getaran mekanis dapat diartikan sebagai getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis, yang sebagian dari getaran ini sampai ke tubuh kita dan menimbulkan akibat-akibat yang tidak diinginkan. Besaran ditentukan oleh intensitas (meter/detik) dan frekuensi getarannya (getar/detik). getaran mekanis umumnya mengganggu karena sifat ketidak teraturannya baik dalam intensitas maupun frekuensi, sedangkan organ-organ di dalam tubuh kita memiliki frekuensi alami yang teratur.

2.3.7. Bau-bauan

Adanya bau-bauan yang tidak sedap di sekitar tempat kerja kita dapat dianggap sebagai pencemaran, karena hal ini dapat mengganggu konsentrasi kerja dan secara lebih jauh dapat mempengaruhi kepekaan penciuman.

2.3.8. Warna

Warna yang dimaksud di sini adalah warna tembok di ruangan tempat kerja. Warna dapat mempengaruhi kemampuan mata untuk melihat objek dan juga berpengaruh secara psikologis bagi para pekerja. Misalnya warna merah bersifat merangsang; warna kuning memberikan kesan luas dan lega; warna hijau dan biru memberikan kesan sejuk, aman dan menyegarkan; warna-warna gelap memberikan kesan sempit; warna-warna terang memberikan kesan lapang.

2.4. Kelelahan

Secara garis besar, kelelahan adalah suatu pola keadaan yang timbul pada individu yang telah tidak sanggup lagi untuk melakukan aktivitasnya. Kelelahan dibagi ke dalam dua bagian yaitu kelelahan otot dan kelelahan umum.

2.4.1. Kelelahan otot

Kelelahan otot adalah gejala kesakitan yang dirasakan pada otot yang muncul akibat terlalu tegang. Ketika otot diberi stimulus dengan mengangkat beban misalnya, ia akan berkontraksi dan terjadi ketegangan. Jika stimulus dilakukan terus-menerus maka semakin lama kekuatan otot akan menurun. Lelahnya otot mengakibatkan hilangnya koordinasi gerakan alat-alat tubuh, meningkatnya kecenderungan kesalahan dan kecelakaan kerja.

2.4.2. Kelelahan umum

Kelelahan umum berkaitan dengan munculnya perasaan letih. Berdasarkan penyebabnya, gejala keletihan dapat dibedakan menjadi:

1. *Visual fatique*, yaitu kelelahan karena ketegangan yang berlebihan pada mata.
2. General body fatigue, yaitu beban kerja fisik yang berlebihan pada seluruh organ tubuh.

3. *Mental fatique*, yaitu kelelahan akibat beban kerja mental atau otak yang berlebihan.
4. *Nervous fatique*, yaitu kelelahan akibat beban yang berlebihan pada salah satu bagian dari sistem psikomotorik, biasanya pada pekerjaan yang membutuhkan keterampilan tertentu.
5. Kelelahan akibat kemonotonan pekerjaan dan kondisi lingkungan kerja yang kurang memuaskan.
6. Kelelahan kronis, yaitu akumulasi dari sejumlah faktor kelelahan secara terus-menerus.
7. *Circadian fatique*, yaitu bagian dari ritme siklus siang-malam yang terganggu.

2.5. Proses Kognitif

Proses kognitif berkaitan dengan pengolahan informasi dimana tahapannya (Green dan Muir, 1991) adalah proses sensorik melalui indera-indera yang ada pada manusia, kemudian proses pengolahan dan dilanjutkan proses aksi.

2.5.1. Sensasi

Sensasi adalah proses penerimaan rangsangan (stimulus)dari indera-indera yang dimiliki manusia, kemudian ke pusat saraf.

2.5.2. Persepsi

Di pusat saraf, rangsangan (*stimulus*) tersebut diolah dengan memamfaatkan memori yang telah ada sehingga dapat memutuskan respon yang paling sesuai untuk suatu rangsangan tertentu.

2.5.3. Aksi

Melalui proses translasi, respon balik ini menjadi gerakan-gerakan tertentu yang juga dikontrol oleh pusat saraf.

2.6. Bunyi dan Pengaruhnya Terhadap Manusia

2.6.1. Pengertian Bunyi

Bunyi adalah gelombang energi (getaran) yang merambat melalui media kenyal sampai kepada telinga, dan menggetarkan gendang dan seterusnya hingga memperoleh rangsangan pendengaran. Suara biasanya berasal dari bergetarnya sebuah benda seperti garpu-nada yang menimbulkan gelombang berurutan dari mampatnya dan mengembangnya media tadi dan melaluinya secara bebas. Di dalam udara, gelombang bunyi itu bergerak dengan kecepatan 760 mil per jam. Kecepatan rambatan melalui air akan empat kali lebih cepat daripada melalui udara. Di dalam hampa, gelombang bunyi tidak dapat bergerak karena tidak ada media kenyal. Karena suara adalah gelombang, maka seperti halnya gelombang-gelombang lain, suara memiliki amplitude dan juga frekuensi. Frekuensi akan menentukan tinggi rendahnya nada, amplitude akan menentukan intensitas atau kadar suara. Energi suara yang besar pada sumber suara, akan berkurang terus selama perjalanannya untuk mencapai telinga.

Semakin jauh jarak rambatan itu, energinya semakin kecil dan akhirnya akan habis, mungkin habis sebelum mencapai telinga sehingga tidak terdengar. Nada/frekuensi suara yang menentukan keras/lemahnya suara dinyatakan dalam *cycle* per detik (C/dt) atau Hertz (Hz). Suara yang dapat didengar oleh telinga manusia merentang antara 20 sampai 20.000 Hz. Kurang dari 20 C/dt suara itu akan lemah sekali dan akan dirasakan hanya sebagai getaran saja (infra-suara), mungkian bisa didengar oleh telinga binatang. Frekuensi di atas 20.000 Hz (melebihi *sound barrier*) termasuk sebagai ultra-suara dan digunakan untuk bidang pengobatan. Amplitude menentukan kuat dan lemahnya tekanan suara *(sound pressure).*

Makin besar amplitude dari gelombang suara itu, semakin kuat pula tekanan suaranya. Satuan ukuran bagi tekanan suara ialah Bel (B), tetapi ukuran tersebut sebenarnya terlalu besar untuk dipergunakan pada kejadian yang biasa, karena itu satuan Desibel (dB) lebih lazim dipergunakan (1 desibel = 1 dB = 0,1 B). satu dB merupakan besarnya tekanan suara di tingkat ambang pendengaran pada frekuensi

1000 Hz, yaitu tekanan minimal yang masih dapat kita dengarkan sebagai bisikan lembut (ambang pendengaran = *hearing threshold*). Ukuran-ukuran yang telah dikenal, menguraikan pengamatan secara fisik dan dapat direkam oleh instrument yang memadai di labotaroria. Akan tetapi di dalam praktek, kepekaan pendengaran orang perorang akan sangat berbeda. Walaupun tekanan suara sama besarnya, namun kuat atau tidaknya suara itu akan ditetapkan secara subjektif oleh orang yang mendengarnya. Karena itu, seharusnya dibuat skala khusus, yang didasarkan atas ketetapan rerata dari sejumlah besar orang, dan dinamakan skala subjektif tentang keras bunyi *(Loudness*).

Ketinggian keras bunyi yang sama pada frekuensi yang berbeda-beda telah diteliti oleh Robinson dan Dadson. Robinsom dan Dadson mendapatkan penetapan dari sejumlah orang yang mendengarnya bunyi sekeras yang dipersamakan dengan kadar suara pada nada 1000 Hz. Dengan demikian didapatkan garis-gais berlekuk-liku *(cotour)* yang berkekerasan sama, diacu dengan tinggi tekanan suara dalam dB pada frekuensi 1000 Hz. Garis-garis lekuk-liku yang berkekerasan sama tadi dinyatakan dengan satuan "tinggi keras bunyi" *(loudness level*) yang disebut *Phon*. Kekerasan dari setiap nada diberi nilai numerik sepadan dengan nilai desibel dari nada 1000 Hz. Setiap titik yang terletak pada satu garis lekuk-liku itu dianggap memiliki keras bunyi yang sama tinggi (garis iso-phon). Pada frekuensi 8000 Hz, tingggi kerasnya bunyi 40 Phon akan dicapai oleh tekanan suara yang 36 dB, tetapi kalau frekuensi nadanya 100 Hz, maka harus dipakai tekanan suara yang 50 dB (garis iso-phon 40). Jika anda menghendaki tinggi keras bunyi 60 Phon dan frekuensi nada 1000 Hz, maka diperlukan tekanan suara 60 dB, tapi kalau frekuensinya 4000 Hz tekanan suara cukup 55 dB saja (garis iso-phon 60).

Suara dapat terbagi dalam dua bagian besar, yaitu bising (diartikan sebagai suara yang tidak disukai dan mengganggu atau bunyi yang menjengkelkan) dan nada/musik sebagai suara yang beraturan. Definisi ini dapat meliputi variasi yang luas dari situasi bunyi yang dapat mengganggu pendengaran. Suara radio yang tidak disenangi dapat dianggap sebagai suatu kebisingan oleh seseorang karena mengganggu dan menjengkelkan, karena musik yang disenangi tidak cocok

dengan radio tersebut. Bising juga dapat berasal dari dunia sekitar yang bisa benar-benar merusak indera pendengaran. Resiko rusak pendengaran bergantung pada kepekaan pendengaran seseorang, tetapi pada umumnya terletak pada frekuensi 2400 dan 4800 C/dt. Selain tingginya frekuensi, resiko pendengarandipengaruhi juga oleh lamanya menghadapi bising, dan apakah bising itu berlangsung secara kontinu atau terjadi kadang-kadang.

Secara sederhana dapat diungkapkan bahwa bunyi mengalir dalam bentuk gelombang melalui udara dan diukur dalam bentuk frekuensi dan intensitas. Frekuensi mengacu pada tinggi nada, tinggi atau rendahnya kualitas suara, dan diukur dalam hertz, jumlah daur per detik dimana gelombang bergetar. Semakin tinggi suatu nada, semakin lambat getarannya. Gelombang bunyi yang sangat rendah memiliki panjang gelombang yang jauh lebih panjang dan membutuhkan tempat yang jauh lebih luas.

2.6.2. Anatomi Bunyi

Proses mendengar terjadi apabila gelombang suara mengenai telinga/dalam melalui telinga/luar dan tengah. Energi suara diubah menjadi ajakan sarafi yang mencapai pusat otak yang cocok dan persepsi suara akan terjadi. Gelombang suara menyebabkan gendang telinga bergetar, getaran itu diperkuat oleh jembatan tulang *(ossicles)* yang terdiri atas palu, landasan dan sanggurdi *(stirrup)* diteruskan ke telinga dalam. Di telinga dalam, getaran itu melewati cairan dan mencapai ujung dari *koklea* dan kembali kepada jendela lonjong. Keseluruhan *koklea* itu terbagi dua oleh *membran basilar* yang berisi sel peka suara. Masing-masing sel peka suara itu dirangsang terutama oleh getaran dengan frekuensi tertentu, ajakan lalu diteruskan oleh saraf yang tunggal kepada saraf pendengaran terhadap otak. Ketika memasuki batang otak, ajakan pendengaran itu melewati dua simpul *(synapses*) untuk mencapai pusat pendengaran dari *korteks* (wilayah pendengaran). Semua ajakan yang masuk itu diintegrasikan dan ditangkap sebagai sesuatu yang didengar atau dipahami. Hanya inilah bagian korteks yang berada di alam sadar dari mekanisme tersebut. Bagian-bagian lainnya, termasuk telinga dan saraf pendengaran hanyalah merupakan struktur yang meneruskan saja.

Antara dua simpul, serat saraf mencabang dari alur pendengaran menuju ke pusat penggiat pada formasi kantong. Pusat penggiat itu lalu mengirim ajakan perangsang ke semua bagian korteks. Rangsang suara yang mencapai formasi kantong jadinya menyebabkan kesiagaan pada seluruh alam kesadaran, menggugah rasa kantuk, kesiapan dan konsentrasi dan menyebabkan semuanya terganggu. Dari sistem penggiat kantong, alur saraf mengarah pada hipotalamus di dekatnya maupun pusat autonomi yang mengendalikan kegiatan dari segenap organ dalam (inner organs) serta peredaran darahnya. Alur-alur itu bertanggung jawab agar terjadi efek autonomik dari bising, yang bisa menyebarkan "isyarat bahaya" ke seluruh organ dalam dan peredaran. Dengan demikian rangsang yang kuat itu bisa membuahkan reaksi marah dan membuahkan lagi debaran maupun perasaaan badani lainnya. Ada pula hubungan dekat antara *hipotalamus* dengan kelenjar bawah otak *(pituitary gland)*, rangsang yang kembali ke kelenjar ini menyebabkan perubahan yang radikal di dalam sebuah organ (reaksi ketegangan), dan bisa membuahkan kenaikan tekanan darah yang awet (bukti tentang hal itu baru diperoleh dari percobaan terhadap binatang), tetapi hal tersebut jarang terjadi

Telinga kita terbagi menjadi tiga bagian yaitu bagian luar, tengah dan dalam. Telinga bagian luar terdiri dari daun telinga dan saluran telinga. Telinga bagian tengah terdiri dari gendang telinga, tabung *eustachius* dan tiga tulang kecil (*malleus, incus, stapes*). Telinga bagian dalam terdiri dari *Cochlea* (rumah siput) yang mengandung cairan, di dalam cochlea terdapat organ corti.

Secara singkat proses mendengar dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Bunyi dari luar ditangkap oleh daun telinga dan masuk ke dalam saluran telinga.
2. Bunyi yang masuk ini menggetarkan gendang telinga.
3. Getaran gendang telinga menggetarkan tiga tulang kecil.
4. Getaran ini diteruskan ke *Cochlea* (rumah siput) dimana di dalamnya terdapat cairan.

5. Jaringan saraf organ *corti* di dalam *Cochlea* menerima cairan ini dan mengirim impuls ke pusat saraf.

Telinga normal dapat menangkap bunyi-bunyian yang berkisar antara 16 hingga 20000 hertz. Tomatis pendapat bahwa bunyi-bunyian frekuensi tinggi (3000 hingga 8000 hertz atau lebih)dapat mempengaruhi fungsi-fungsi kognitif, seperti berfikir, persepsi spasial, dan ingatan. Bunyi0bunyian frekuensi sedang (750 hingga 3000 hertz) cenderung merangsang jantung, paru-paru dan emosi. Sedangkan frekuensi bunyi-bunyian frekuensi rendah (125 hingga 750 hertz) mempengaruhi gerakan fisik.

Intensitas atau kerasnya bunyi diukur dalam desibel (dB). Desau dedaunan tercatat sekitar 10 dB, bisikan sekitar 30dB, rumah atau kantor yang tenang tercatat sekitar 40-50 dB, percakapan biasa sekitar 60 dB, laju lalu-lintas biasa sekitar 70 dB, percakapan dengan berteriak tercatat sekitar 100 dB, gergaji listrik 110 dB, musik rock yang keras 115 dB dan pesawat jet yang take-off lebih dari 120 dB.

2.6.3. Pengertian Musik

Sepanjang sejarah musik dipakai untuk bisa bekerja lebih mudah. Banyak maca-macam nyanyian dari para seniman, lagu-lagu mars dari para tentara, semuanya bermaksud untuk menggalakkan dan mendorong orang berlaku lebih gemibira. Rancang akustik mencapai sistem kantong penggiat via telinga dalam serta saraf pendengaran, dan dari sini rangsang itu menuju ke korteks untuk meningkatkan semangat dan kesadaran. Pada pekerjaan yang monoton, bising dapat mempunyai efek merangsang dan meningkatkan prestasi. Irama dari musik yang terarah dapat juga mempengaruhi otak untuk kerja bersemangat dan meningkatkan prestasi. Bising dan musik juga dapat membiaskan, hingga kegiatan yang menuntut pemikiran dan atensi yang tinggi dapat menderita karenanya. Dalam pekerjaan yang monoton, berulang-ulang yang hanya memerlukan sedikit atensi, musik akan menguntungkan, tetapi terhadap pekerjaan yang murni intelektual efeknya masih diragukan.

Pemakaian musik sambil bekerja harus dipandu oleh pertimbangan berikut:

- Musik dalam bekerja menciptakan suasana akustik yang menghasilkan efek menguntungkan pada pikiran.
- Musik bernilai sekali pada pekerja tangan dan repetitif dan jabatan lain yang hanya membutuhkan sedikit kegiatan mental.
- Jika bising latar belakang cukup tinggi, musik tidak begitu bernilai.
- Musik keras jangan anda tampilkan pada pekerjaan yang menuntut banyak upaya mental. Musik keras jangan dimainkan secara kontinu.
- Penampilan sikap yang membangunkan perlu diberikan pada awal hari, satu lagi yang bernada meriah di akhir hari, dan empat kali setiap setengah jam pada tengah hari dengan musik ringan.

Tempo musik jangn terlalu *slow* tapi juga jangan terlalu *fast*. Irama yang *slow* bias menidurkan sedang yang *fast* dapat mengganggu dan menciptakan ketergesaan. Musik adalah bunyi yang diatur sedemikian rupa mengenai tinggi rendahnya nada, keras lembutnya, warna nada, dan sebagainya sehingga bunyi tersebut dapat dinikmati. Terdapat berbagai macam instrumen musik. Pengunaan instrumen yang berbeda-beda pulalah yang melahirkan banyak jenis musik.

2.6.4. Jenis-Jenis Musik dan Karakteristiknya

Setiap orang memiliki musik favorit dan menimbulkan muatan emosi tersendiri ketika mendengarnya. Berikut adalah berbagai jenis musik berdasrkan warna nada dan karakteristik umum pengaruh yang ditimbulkannya:

1. Lagu-lagu rohani, membuat kita “berpijak ke tanah” dan membimbing ke arah perasaan damai yang dalam serta kesadaran rohani.
2. Musik klasik, memiliki kejernihan, keanggunan dan kebeningan. Musik ini mampu memperbaiki konsentrasi, ingatan dan persepsi spasial.
3. Musik impresionis/instrumental, didasarkan pada kesan-kesan dan suasana hati musikal yang mengalir bebas, dan menimbulkan imajinasi-imajinasi seperti mimpi dan khayalan.

4. Jazz, blue dan reggae, membawa kegembiraan, memberi ilham, mampu melepaskan kegembiraan maupun kesedihan yang mendalam dan menegaskan kemanusiaan.
5. Salsa, rumba, macarena dan musi-musik lainnya dari Amerika Selatan, mempunyai ketukan dan ritme yang hidup yang dapat membuat jantung makin cepat, meningkatkan pernafasan dan membuat seluruh tubuh bergerak.
6. Musik pop, mengilhami gerakan ringan hingga moderat, menggugah emosi dan menciptakan rasa sejahtera.
7. Musik rock, menggugah nafsu, merangsang gerakan aktif, melepaskan ketegangan, menutup rasa sakit dan mengurangi efek bunyi-bunyi keras lain di sekitar lingkungan.
8. Heavy metal, rap, dan punk, menggugah sistem saraf, kebutuhan akan pelampiasan dan merangsang perilaku dinamis maupun pengungkapan diri.

2.6.5. "Efek Mozart" dan Beberapa Hasil Penelitian Mengenai Efek Musik

Kegunaan musik Mozart diteliti lebih lanjut oleh Tomatis dan diungkapkan dalam buku "Efek Mozart". Beberapa kegunaan musik Mozart adalah:

2.6.1.1. Musik Menyeimbangkan Gelombang Otak

Telah terbukti berulang kali bahwa gelombang otak dapat dimodifikasi baik oleh suara musik ataupun suara kita sendiri. Kesadaran biasanya terdiri atas gelombang beta yang bergetar dari 14-20 hertz. Ketenangan dan kesadaran yang meningkat ditandai dengan gelombang alfa, yang daurnya berkisar 8 hingga 13 hertz. Periode-periode puncak kreativitas, maditasi dan tidur dicirikan oleh gelombang theta, yaitu dari 4 hingga 7 hertz. Tidur nyenyak,meditasi yang dalam, serta kedaan tak sadar menghasilkan gelombang delta yang berkisar 0,5 hingga 3 hertz. Semakin lambat gelombang otak, semakin santai, puas, dan damai perasaan kita. Memainkan musik di rumah, kantor atau di sekolah dapat membantu menciptakan keseimbangan dinamis antara belahan otak kanan yang intyitif dan otak kiri yang logis. Suatu kerja sama di antara keduanya dianggap merupakan landasan kreativitas.

2.6.1.2. Musik Mempengaruhi Pernafasan

Pernafasan bersifat ritmis. Kecuali bila kita tidak melompat-lompat, naik tangga atau tidur, lazimnya kita bernafas 25 hingga 35 kali per menit. Laju pernafasan yang lebih dalam atau lebih lambat sangat baik, menimbulkan ketenangan, kendali emosi, pemikiran yang lebih dalam dan metabolisme yang lebih baik. Sebaliknya, pernafasan yang dangkal dan cepat dapat membawa kita ke pemikiran yang superficial dan terpecah-pecah, perilaku impulsive, dan cenderung untuk membuat kesalahan dan mengalami kecelakaan. Dengan memperlambat tempo musik atau dengan mendengarkan musik yang bunyinya lebih panjang dan lebih lambat, orang lazimnya mampu meperdalam dan memperlambat pernafasan, sehingga memungkinkan pikiran menjadi terang.

2.6.1.3. Musik Mempengaruhi Denyut Jantung, Nadi dan Tekanan Darah

Denyut jantung manusia terutama disesuaikan dengan bunyi dan musik. Denyut jantung menanggapi variabel-variabel musik seperti frekuensi, tempo, volume dan cenderung menjadi lebih cepat atau menjadi lebih lambat guna menyamai ritme suatu bunyi. Sama dengan pernafasan, detak jantung yang lebih lambat menciptakan tingkat stres dan ketegangan fisik yang lebih rendah, menenangkan pikiran, dan membantu tubuh untuk menyembuhkan dirinya sendiri. Musik merupakan alat pacu alamiah.

2.6.1.4. Musik Mengurang Ketegangan Otot, Memperbaiki Gerak dan Koordinasi Gerak Tubuh

Melalui saraf otonom, saraf pendengaran menghubungkan telinga dalam dengan semua otot dalam tubuh. Oleh karena itu, kekuatan, kelenturan dan ketegangan otot dipengaruhi bunyi dan getaran. Dalam sebuah studi di *Colorado State University* pada tahun 1991, 24 mahasiswa putri tingkat sarjana diminta untuk mengayunkan tangannya dan memukul suatu bantalan, sasaran pada saat itu ayunan ke bawah. Para peneliti menemukan bahwa ketika para mahasiswa putri itu mengkoordinasikan gerakan-gerakan mereka dengan ketukan *synthesizer* bukannya mengikuti ritme internal mereka sendiri, mereka memiliki jauh lebih banyak kendali atas otot bisep maupun trisepnya.

2.6.1.5. Musik Dapat Mengatur Hormon-Hormon yang Berkaitan Dengan Stres

Para ahli *anestesiologi* (pembiusan) melaporkan bahwa kadar hormon-hormon stres dalam darah menurun secara signifikan pada orang-orang yang mendengarkan musik *ambient* yang santai. Dalam kasus-kasus tertentu mampu menggantikan kebutuhan akan obat-obatan. Hormon-hormon ini adalah *adrenocotyicotrophic (ACTH), prolaktik*, dan hormon petumbuhan *(human growth hormone, HGH)*. Para pemimpin politik, pengacara di pengadilan, ahli bedah, serta oarang-orang yang bekerja di suasana dengan kadar stres tinggi secara naluri merasakan daya musik untuk menenangkan dan bersantai.

2.6.1.6. Musik Mempengaruhi Persepsi Kita Tentang Ruang

Dalam penelitian Irvine tentang efek Mozart. Musik tertetu dapat memperbaiki kemampuan otak untuk mengindera dunia fisik, membentuk imajinasi mental, dan mengenali variasi-variasi di antara objek-objek. Dengan kata lain, musik mampu mempengaruhi cara kita mendalami ruang di sekitar kita.

2.6.1.7. Musik Mengubah Persepsi Kita Tentang Waktu

Kita dapat memilih musik untuk memperlambat atau mempercepat kita. Musik mars yang cepat dan berapi-api serat berulang-ulang dapat mempercepat langkah kita. Musik yang sangat bersifat klasik menimbulkan perilaku yang lebih teratur. Musik yang sangat romantis atau *New Age* membantu melunakkan suasana yang penuh ketegangan. Kadang-kadang musik ini membuat waktu seakan-akan berhenti. Sebaliknya, dalam lingkungan rumah sakit atau klinik-klinik, dimana tiap menit terasa berjam-jam, musik cerah dengan tempo cepat dapat membuat waktu seolah berlalu dengan cepat.

2.6.1.8. Musik Dapat Memperkuat Ingatan dan Pelajaran

Jika kita berolahraga, musik dapat memperpanjang stamina kita. Hal yang sama berlaku apabila kita belajar. Memainkan musik ringan yang dapat diikuti (misalnya karya-karya dari komponis Mozart,Vivaldi, Bethoven, Paganini, Vanessa Mae, Tchaikovsky, Richard Clayderman, Johann Strauss dan Chopin) di latar belakang membantu orang-orang tertentu, jadi mampu berkonsentrasi lebih

lama, bagi oranglain mungkin ini malah mengganggu. Mendengarkan musik Barok sambil belajar dapat meningkatkan kemampuan seseorang untuk mengingat ejaan, puisi dan kata-kata asing.

2.6.1.9. Musik Dapat Meningkatkan Produktivitas

Riset mengenai kesejatan dan ingatan di lingkungan-lingkungan kerja secara radikal telah mengubah cara musik digunakan di tempat kerja. *University of Washington* melaporkan bahwa dalam sebuah studi terhadap 90 orang yang menyalin sebuah naskah, ketepatan pada kelompok yang mendengarkan musik klasik ringan selama 90 menit telah meningkatkan 21,3%. Sebaliknya, keterampilan orang-orang yang mendengarkan format radio niaga populer hanya membaik 2,4%. Sementara itu, orang-orang yang menyunting dalam suasana sunyi, keakuratannya lebih rendah 8,3% dibanding orang yang bekerja dalam suasana kantor biasa.

2.6.1.10 Musik Dapat Meningkatkan Daya Tahan

Semenjak lahirnya peradaban, orang telah bekerja dengan iringan lagu-lagu di tanah-tanah pertanian dan ladang-ladang, di kapal-kapal, dan di atas punggung kuda, di pasar-pasar dan di sekitar perapian. Musik dalam lingkungan-lingkungan semacam itu meningkatkan stamina dan daya tahan. Misalnya, *"I've been working on railroad"*, yang dinyanyikan pekerja-pekerja sembari memasang rel kereta api melintasi Amerika. Penggunaan ketukan yang kuat – sekitar 90 ketukan per menit memberi kekuatan, terutama apabila digabungkan dengan olah fisik, seperti berjalan kaki atau menari, berlari, *skipping*, atau bahkan naik sepeda.

2.7. Metodologi Penelitian dan Pengukuran Dalam Mempelajari Faktor Manusia

2.7.1. Metodologi Penelitian dalam Mempelajari Faktor Manusia

Metode-metode yang digunakan dalam berbagai penelitian adalah:

Tabel 2.1. Ruang lingkup metodologi penelitian

1. Metode Empirik	A. Perancangan Eksperimen 1. Parametrik 2. Non Parametrik B. Teknik non Eksperimental 1. Pengamatan/observasi 2. Wawancara 3. Kuisioner 4. Tes Kemampuan 5. Rating/ranking/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, perkiraan dari:	A. Kinerja individu B. Kinerja kelompok kerja(*crew*) C. Kinerja system D. Keterkaitan (*interrelationship*)
4. Pengumpulan Data	A. Manusia B. Peralatan (instrumental) C. Kombinasi keduanya
5. Ruamg Lingkup Pengukuran	A. Laboratoris B. Kuasi-Operasional C. Operasional

2.7.2. Kriteria Pengukuran Terhadap Faktor Manusia

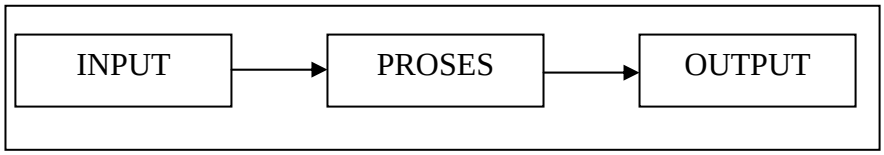
Kriteria pengukuran dalam mempelajari faktor manusia adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2. Kriteria pengukuran terhadap faktor manusia

1. Kinerja Sistem	A. Sistem	a. Terminal	
		b. Intermediate	
	B. Individual	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. ranking/rating	
		b. wawancara/survey	
3. Karateristik Deskriptif	A. kualitatif		
	B. kuantitatif		

2.8. Efektivitas, Efisiensi, dan Produktivitas

Banyak metode yang tersedia untuk mencapai sasaran, dari sekian banyaknya metode/proses tersebut perlu dilakukan pemilihan metode yang paling mampu mencapai sasaran dengan tepat. Efektivitas berhubungan dengan bisa atau tidaknya sasaran kuantitas dan kualitas tercapai atau tercapainya sasaran keluaran dengan tepat. Efisiensi berhubungan dengan sumber daya atau masukan yang sedikit/minimalis dalam pencapaian sasaran. Sedangakan produktivitas berhubungan dengan metode yang dapat menghasilkan keluaran/output yang biasa disebut dengan produk.



Gambar 2.2. Proses produksi

Produktivitas menggambarkan perbandingan atau rasio antara keluaran dan masukan. Produktivitas dikatakan meningkat apabila:

1. Volume atau kuantitas keluaran bertambah besar, tanpa menambah jumlah masukan.
2. Volume atau kuantitas keluaran tidak bertambah, akan tetapi masukannya berkurang.
3. Volume/kuantitas keluaran bertambah besar sedang masukannya juga berkurang.
4. Jumlah masukan bertambah, asalkan jumlah volume/kuantitas keluaran bertambah berlipat ganda.

Untuk memenuhi cita-cita meningkatkan produktivitas tersebut, berbagai upaya telah dilakukan dan dikembangkan secara terus-menerus. Berikut ini beberapa wahana peningkatan produktivitas yang telah dilakukan dewasa ini:

1. Studi kerja atau penelitian kerja atau telaah kerja *(work study)* yang intinya terbagi atas:

a. telaah metode *(methods study)*, berupaya untuk meneliti metodeyang sedang berjalan; kemudianmenemukan metode baru yang lebih efektif untuk mencapai dan memperbesar keluaran.
b. Pengukuran kerja *(work measurement)*, berupaya untuk mengetahui kecepatan kerja; kemudian menentukan prosedur untuk menerampilkan tenaga kerja agar mampu bekerja lebih cepat, jadi lebih efisien.
c. Sampel kegiatan atau percontohan kegiatan *(work sampling, activity sampling)*, berupaya untuk mengetahui persentase waktu yang produktif/aktif, dari tenaga kerja/mesin/perkakas;kemudian melakukan pembaharuan dalam pembagian kerja, dislokasi perkakas, penjadwalan ulangmesin dan lain-lain agar waktu kerja mereka semakin efektif.

2. Keselamatan kerja *(Occupational safety)* berupaya meneliti situasi kerja; kemudian menemukan cara untuk menghindarkan, menghilangkan hal-hal yang dapat mengakibatkan kecelakaan. Setiap kecelakaan yang terjadi di dalam kerja akan menurunkan produktivitas, karena mesin yang rusak akan berhenti beroperasi, operator yang cedera/celaka harus disembuhkan kembali,

atau harus menggantikannya dengan operator baru yang mungkin belum cukup terampil.

3. Kesehatan kerja *(Occupational health; Industrial hygiene)* berupaya meneliti tentang kondisi kerja; kemudian menemukan cara untuk menghilangkan hal-hal yang bisa mengakibatkan gangguan kesehatan atau sakit pada karyawan. Penggunaan bahan beracun, gas-gas yang bisa merusak mata atau terhirup oleh pernafasan sehingga merusaknya, atau barang-barang beradiasi yang bisa merusak kulit dan sebagainya harus ditanggulangi.
4. Keamanan lingkungan kerja *(security)* berupaya meneliti dan memperbaiki segenap saran untuk menjaga jangan sampai musibah yang berupa kebakaran, kebanjiran, sambar petir, kebocoran listrik, dan sebagainya. Sampah, limbah dan buangan harus juga dikendalikan agar tidak membahayakan karyawan maupun mencemari masyarakat di sekitar perusahaan.
5. Ergonomi melakukan studi ilmiah mengenai perkaitan antara orang dengan lingkungan kerjanya (*the scientific study of the relationship between man and his working environment).* Yang dimaksud dengan lingkungan kerjan di sini adalah keseluruhan alat perkakas atau bahan yang ia hadapi, lingkungan sekitar dimana orang tersebut bekerja, metode kerjanya, serta pengaturan kerjanya baik sebagai perorangan maupun kelompok. Keseluruhan alat-orang-lingkungan itu sering juga dinamakan sistem kerja. Karena itu hakikat dari ergonomi adalah:

a. meneliti tentang kemampuan dan keterbatasan manusia secara fisik maupun psikologis,
b. bagaimana biasanya manusia itu berkomunikasi secara baik dengan mesin atau perkakas yang ia pakai,
c. bagaimana ia biasanya bekerja sama secara baik dengan perabot dan perlengkapan yang ia pergunakan,
d. bagaimana agar ia dapat hidup aman, tentram, selamat, sehat dan nyaman dalam ruang kerjanya.

Secara garis besar penelitian ergonomi akan meliputi:

a. anatomi (struktur tubuh), fisiologi (bekerjanya tubuh), dan anthopometri (ukuran tubuh),
b. psikologi yang fisiologik mengenai berfungsinya otak dan system syaraf yang berperan dalam tingkah laku,
c. kondisi yang dapat mencedarai tubuh,
d. kondisi teknis dan fisika yang dapat menyenangkan pekerja.

2.9. Perancangan *Stroop Test*

Untuk mendapatkan data yang terukur dari variabel kecepatan dan ketelitian kerja diperlukan suatu tes yang menguji tingkat konsentrasi responden dimana dapat diukur waktu responnya dan jumlah jawaaban yang benar. Program *stroop test* dibuat dengan bahasa pemograman *Visual Basic* dimana tes dapat langsung disimpan ke program *Microsoft Acces 2003*. Task yang harus dikerjakan bervariasi, di sini ada 4 jenis *Task*, yaitu:

1. *Task* 1: menyalin kata yang ditampilkan secara acak di *text box*.
2. *Task* 2: tes hitungan perkalian satu sampai sembilan dimana hanya menuliskan angka satuan paling belakang, misalnya 9 x 5 = 45, ditulis 5 saja.
3. *Task* 3: tes pemilihan angka yang diacak sekaligus penempatannya yang benar sesuai nomor kotak dimana ia muncul.
4. *Task* 4: tes permainan kata dan warna dimana kata “Merah, Hijau, Biru, Kuning” muncul di *textbox* dengan latar yang tidak sama dengan apa yang terbaca dari kata tersebut, misalnya “merah”, dimana responden harus memilih option warna “hijau” yaitu sebagai warna latar dari kata “merah” yang muncul.

2.10. Metoda Statistika Dalam Pengolahan Hasil Penelitian

Statistik diartikan sebagai cara ataupun aturan-aturan yang berkaitan dengan pengumpulan, pengolahan (analisis), penarikan kesimpulan atas data berbentuk angka dengan menggunakan suatu asumsi-asumsi tertentu. Ilmu yang mempelajari statistik dikenal sebagai statistika. Statistik menjadi penting dalam suatu penelitian untuk menentukan jenis analisis data yang tepat, sesuai dengan skala

data dan rancangan penelitiannya. Berdasarkan fungsionalisasi, statistik diklasifikasikan menjadi:

1. Statistik Deskriptif, fungsinya dalam penelitian statistik sebagai alat bantu untuk mendeskripsikan fenomena-fenomena yang yang diteliti berdasarkan data yang terkumpul.
2. Statistik Empirik/Inferensial, fungsinya dalam penelitian statistik sebagai alat bantu tidak hanya untuk mendeskripsikan, tetapi lebih ditekankan pada fungsi analisis untuk mengiferensialkan (menemukan ciri-ciri statistik tertentu) untuk suatu populasi dari suatu sampel secara random dalam angka pengujian hipotesis penelitian.

Berdasarkan alat bantu analisis data, statistik diklasifikasikan menjadi:

1. Statistik Parametrik, adalah alat bantu analisis data dengan berdasar pada asumsi-asumsi, bahwa sampelnya harus berdistribusi normal yang diambil secara random dan datanya berskala interval dan atau rasio.
2. Statisti Non-Parametrik, adalah alat bantu analisis data yang tidak harus memenuhi persyaratan statistik parametrik.

2.10.1. Uji Kenormalan

2.10.1.1. Chi-Square

Pengujian statistik dengan metode square ini, digunakan untuk goodness of fit jika uuran sample besar (>30). Langkah-langkah yang dilakukan untuk uji kenormalan dengan metode ini (Walpole, 1995) adalah:

Pada setiap interval, frekuensi pengamatan dinyatakan dengan f1, f2, f3, … dan seterusnya. Sedangkan frekuensiteoritis dinyatakan dengan e1, e2, e3, … dan seterusnya. Dalam melakukan pengujian, digunakan metode pengujian sebagai berikut:

- Kelompokkan data dengan rumus:

$$Jumlah\ kelas = 1 + 3{,}322 \log n \qquad \text{……..….(2.2)}$$

dengan: n = jumlah data

- Tentukan range antar kelas dengan rumus:

$$Range = \frac{Data_{\max} - Data_{\min}}{Jumlahkelas} \text{ ……..(2.3)}$$

- Tentukan batas atas dan batas bawah kelas.
- Hitung frekuensi setiap kelas.
- Hitung Z1 untuk batas bawah kelas dan Z2 untuk batas atas kelas.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \text{ ……(2.4)}$$

dengan: μ = mean σ = standar deviasi

- Tentukan P(Z1), yaitu probabilitas Z1 dan P(Z2) yaitu pobabilitas Z2.
- Tentukan probabilitas P(Zi), yaitu P(Z2) – P(Z1).
- Tentukan Ei, yaitu frekuensi teoritis dengan persamaan:

$$Ei = P[P(Z2) - P(Z1)] \times n \text{ ……(2.5)}$$

- Jika Ei terlalu kecil untuk suatu kelas, maka nilai $\chi 2$ akan terlalu ketat sehingga menimbulkan banyak penolakan terhadap Ho. Untuk menghindari kesalahan akibat tes pengujian $\chi 2$, kita harus mengikuti aturan umum, yaitu frekunsi harapan paling sedikit harus 5. Jika suatu kelas interval memiliki frekuensi harapan <5, maka frekuensi tersebut harus dinaikkan dengan cara menggabungkan kelas yang berdampingan.

- Tentukan Chi-Square, hitung dengan rumus:

$$Chi - Square_{hitung} = \frac{(Ei - frekuensi)^2}{Ei} \text{ ……..(2.6)}$$

- Chi-Square teoritis dapat dilihat dari tabel untuk α dan derajat kebebasan (df) tertentu.

$$df = jumlah\ kelas - 1 \text{ ……(2.7)}$$

- Jika Chi-Square hitung < Chi-Square teoritis, maka data berdistribusi normal.

2.10.2. Uji T Dua Sampel Berpasangan

Pengujian statistik ini digunakan untuk membandingkan antara dua sampel yang berpasangan, dimana variansi kedua populasi tidak perlu sama. Untuk pengujian dua arah, hipotesis dan rumus yang digunakan adalah (Walpole, 1995):

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_D = \mu_1 - \mu_2 = 0$……..(2.8)

$H_0 : \mu_1 \neq \mu_2$ atau $\mu_D \neq \mu_1 - \mu_2 = 0$……...(2.9)

$$t = \frac{\overline{d} - d_0}{S_d \sqrt{n}} \quad \text{…….(2.10)}$$

$$S_d = \frac{n\sum_{t=1}^{n} {d_1}^2 - \left[\sum_{t=1}^{n} d_1\right]^2}{n(n-1)} \text{…….(2.11)}$$

Daerah kritis: t < -tα /2 dan t < tα /2, derajat kebebasan = n – 1.

Keterangan:

μ_1, μ_2 : rataan sampel berpasangan yang diamati

d : selisih sampel yang berpasangan

$\overline{d}$: rataan selisih sampel yang berpasangan

S_d : simpangan baku dari selisih pengamatan dalam satuan percobaan

n : jumlah pengamatan

2.10.4. Uji ANOVA Faktor Tunggal

Analisis of Varian (Anova) adalah teknik statistik 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, sering diklasifikasikan menurut perlakuan berbeda. K populasi akan dianggap saling bebas dan berdistribusi normal dengan rataan $\mu_1, \mu_2, \ldots \mu_k$ dan variansi yang sama. Hipotesis yang akan diuji:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \ldots = \mu_k \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.12)$$

H_1 paling sedikit dua diantara rataan tidak sama

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

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 \ldots = \alpha_k \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(2.13)$$

H_1 paling sedikit satu α diantara rataan tidak sama dengan nol

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 Kuadrat Perlakuan (JKP), Jumlah Kuadrat Galat (JKG) dan teakhir diambil kesimpulan berdasarkan f hitungan yang dihasilkan.

Tabel 2.3. Contoh acak

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

$$JKT = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n} y_0{}^2 - \frac{T_{**}^2}{nk} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.14)$$

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^{k} T_{i*}^2}{n} - \frac{T_{**}^2}{nk} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(2.15)$$

$$JKG = JKT - JKA \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.16)$$

Tabel 2.4. Anova faktor tunggal

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rataan Kuadrat	F Hitungan
Perlakuan	JKA	K-1	$S_1^2 = \frac{JKA}{k-1}$	$\frac{S^2{}_1}{S^2{}_2}$
Galat	JKG	K(n-1)	$S_1^2 = \frac{JKG}{k(n-1)}$	
Total	JKT	Nk-1		