

Analisis pengaruh suara dan pencahayaan terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer

Puspita Andriyanti

I.0301038

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, penentuan tujuan penelitian dan manfaat penelitian. Bab ini juga membahas mengenai pembatasan masalah dalam penelitian, penetapan asumsi serta sistematika penulisan. Keseluruhan pokok bahasan dalam bab ini diharapkan memberikan gambaran umum mengenai penelitian ini.

1.1. Latar Belakang Masalah

Interaksi manusia dan komputer merupakan aktivitas yang banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Seiring dengan kemajuan teknologi, makin banyak pekerjaan yang dilakukan dengan menggunakan komputer. Komputer merupakan alat bantu menulis, menghitung, menggambar, mengolah film, mengolah musik, mengolah data hasil penelitian, dan banyak fungsi lainnya. Banyak pekerjaan yang pada awalnya tidak menggunakan komputer sekarang dikerjakan dengan komputer. Hal ini dikarenakan oleh kemampuan komputer yang cepat, teliti, dan sesuai bagi pekerjaan tertentu, misalnya perhitungan statistik.

Pekerja yang hampir semua pekerjaannya menggunakan komputer dan biasa bekerja dalam waktu yang cukup lama setiap hari, biasanya mengalami kejenuhan karena pekerjaan yang dilakukan cenderung sama dan berulang, misalnya memasukkan data. Pekerjaan yang dilakukan di depan komputer termasuk bersifat monoton dan melibatkan usaha mental yang besar sehingga berpotensi besar menimbulkan stres. Pekerjaan yang dilakukan secara monoton akan

mengakibatkan kelelahan secara psikologis. Kelelahan ini dapat menyebabkan menurunnya konsentrasi dan produktivitas kerja, dan dapat mengakibatkan kesalahan dalam memasukkan data. Kondisi ini antara lain ditunjukkan dengan perlemahan aktivitas, perlemahan motivasi dan kelelahan fisik akibat psikologis (Sutalaksana, dkk, 1979). Cara untuk mengurangi kelelahan antara lain dengan memperbaiki konsumsi makanan, memperbaiki metode kerja, memperhatikan kemampuan tubuh, pengaturan jam kerja dan jam istirahat, pengaturan lingkungan kerja, dan mengurangi monotoni pekerjaan dengan menyediakan musik atau pengaturan warna dan dekorasi ruangan, dll.

Cara mengurangi kelelahan dengan pengendalian lingkungan kerja lebih mudah diterapkan daripada dengan cara mengurangi beban kerja ataupun dengan cara istirahat karena selain dapat diatur dan dikendalikan, pekerjaan yang semestinya dikerjakan tetap dapat dilakukan. Adapun lingkungan kerja yang selalu ada di kantor, antara lain yaitu : suara dan pencahayaan. Manusia akan mampu melaksanakan kegiatannya dengan baik dan mencapai hasil yang optimal apabila lingkungan kerjanya mendukung. Kondisi kualitas lingkungan yang baik akan memberikan rasa nyaman dan sehat yang mendukung kinerja dan produktivitas manusia. Ketidaksesuaian lingkungan kerja dengan manusia yang bekerja akan dapat mempengaruhi produktivitas. Ketidaksesuaian lingkungan kerja dengan manusia yang bekerja pada lingkungan tersebut dapat terlihat akibatnya dalam jangka waktu tertentu (Sutalaksana, 1979).

Kebisingan adalah suara yang tidak dikehendaki oleh telinga. Bunyi/suara dengan intensitas yang tinggi dapat menimbulkan bermacam-macam akibat buruk. Akibat buruk yang ditimbulkan antara lain dapat mengganggu ketenangan kerja, merusak pendengaran, memecahkan konsentrasi, dan menimbulkan kesalahan komunikasi. Makin lama telinga mendengar kebisingan, makin buruk pula dampak yang diakibatkannya, diantaranya pendengaran dapat semakin berkurang (Sutalaksana, 1979). Desain sistem pencahayaan mempengaruhi kinerja dan kenyamanan lingkungan kerja yang juga mempengaruhi respon efektif manusia di lingkungan tersebut (Mark S. Sanders dan Ernest J.Mc Cormick, 1994). Dengan pencahayaan yang baik, pekerja dapat melihat dengan jelas setiap bagian ruangan

kerja dan produk yang sedang dikerjakan. Dengan pencahayaan yang cukup, pekerja menjadi lebih produktif karena dapat bekerja dengan lebih cepat dan teliti.

Kelelahan yang dialami pekerja dapat berpengaruh pada produktivitas dan kenyamanan pekerja. Produktivitas berkaitan dengan hubungan rasio antara keluaran (*output*) yang dihasilkan dengan masukan (*input*) dari sumber-sumber yang digunakan untuk mencapai hasil yang diharapkan. Seorang tenaga kerja menunjukkan tingkat produktivitasnya yang tinggi bila ia mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan standar yang ditentukan, dalam satuan waktu yang singkat. Ukuran produktivitas biasanya ditunjukkan dengan banyaknya pekerjaan yang dapat diselesaikan atau ditunjukkan dengan kecepatan dalam penyelesaian suatu pekerjaan.

Kenyamanan adalah adanya perasaan nyaman pekerja selama melakukan pekerjaannya. Rasa nyaman biasanya bersifat subyektif pada masing-masing pekerja, dan hal ini dapat diketahui dengan menanyakan secara rinci pada masing-masing pekerja, misal dengan kuisioner. Menurut Anne Sava, untuk mengetahui besar kenyamanan dapat diukur dari besar denyut jantung pekerja. Hal ini dikarenakan sebelum diberi perlakuan, beban fisiologis pekerja tidak terlalu kelihatan jelas dimana pekerja berada dalam keadaan tidak melakukan kerja (Anne Sava, 2000). Jantung manusia dewasa normalnya berkontraksi secara berirama dengan frekuensi sekitar 72 denyutan per menit (Ganong, 1995). Frekuensi denyut jantung yang meningkat dapat disebabkan oleh keadaan emosi, kebisingan, temperatur lingkungan, kondisi setelah makan, aktivitas kerja, kehamilan, konsumsi rokok, dan obat-obatan yang meningkatkan kerja sistem saraf simpatis. Frekuensi denyut jantung yang menurun dapat disebabkan oleh adanya penyakit jantung atau kondisi tubuh sedang tidur atau beristirahat (Ganong, 1987).

Dari kondisi tersebut di atas maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh suara dan pencahayaan terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer. Penelitian dilakukan dengan pengamatan langsung terhadap responden yang bekerja dengan menggunakan komputer. Responden yang terlibat dalam penelitian ini adalah karyawan kantor dari tiga perusahaan (CV) yang tergabung dalam asosiasi Gapeksindo Wonogiri. Responden berjumlah 10 orang

dan mendapat 12 perlakuan, dimana setiap perlakuan dilakukan replikasi 3 kali. Adapun pekerjaan yang diamati adalah berupa pekerjaan memasukkan data (input data) berupa angka dan tulisan. Parameter produktivitas dalam penelitian ini adalah data yang berhasil dimasukkan dengan benar. Parameter kenyamanan dalam penelitian ini adalah frekuensi denyut jantung akhir setelah diberi perlakuan. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan *completely randomized design factorial* (CRD) dua faktor (suara dan pencahayaan) : 6 x 2, sementara data hasil eksperimen akan dianalisis dengan menggunakan model analisis variansi (anova).

1.2. Perumusan Masalah

Pokok permasalahan pada penelitian ini adalah :

1. Apakah suara dan pencahayaan berpengaruh terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer?
2. Seberapa besar pengaruh suara dan pencahayaan terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui pengaruh suara dan pencahayaan terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer.
2. Menganalisis pengaruh suara dan pencahayaan terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer.

1.4. Manfaat Penelitian

Sesuai dengan tujuan penelitian di atas maka manfaat yang diharapkan adalah memberikan pertimbangan pada pengguna komputer dalam mengendalikan lingkungan kerja selama bekerja dengan menggunakan komputer.

1.5. Batasan Penelitian

Agar tujuan dalam penelitian ini tercapai, maka diperlukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Penentuan responden memakai metode *purposive sampling* dengan persyaratan, yaitu:
 - Usia responden antara 20-30 tahun.

- Interaksi dengan komputer minimal 3 hari sekali.
 - Lama bekerja dengan komputer minimal 1 jam.
 - Dalam keadaan sehat.
2. Suara bising yang digunakan dalam penelitian ini adalah rekaman suara bising buatan.
 3. Suara musik yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis musik pop.

1.6. Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kondisi lingkungan selama pelaksanaan eksperimen konsisten.
2. Responden bekerja secara normal dan wajar.
3. Semua peralatan yang digunakan berada dalam kondisi yang baik dan mendukung pelaksanaan eksperimen.
4. Pembacaan alat ukur selama pengambilan data diasumsikan valid.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan gambaran umum mengenai tata cara penyusunan laporan penelitian dan isi pokok dari laporan Tugas Akhir. Sistematika penulisan laporan ini adalah sebagai berikut sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan gambaran singkat mengenai penelitian yang dilakukan yang diuraikan dalam bentuk latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi studi literatur yang mendukung penelitian. Studi literatur tersebut antara lain berupa buku, jurnal, hasil-hasil penelitian terdahulu maupun artikel-artikel yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi langkah-langkah pemecahan masalah dalam penelitian yang dilakukan. Tahap-tahap penelitian dimulai dari tahap studi literatur, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisis hingga tahap penarikan kesimpulan dan saran. Uraian secara terperinci mengenai masing-masing tahap terdapat pada bab ini. Dalam bab ini juga diuraikan langkah-langkah dalam melakukan penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi proses pengumpulan dan pengolahan data hasil penelitian. Bab ini berisi proses pengumpulan dan pengolahan data hasil penelitian. Proses pengambilan data penelitian dan waktu penelitian akan dibahas secara rinci dalam bab ini. Bab ini juga akan menjelaskan proses pengolahan data penelitian antara lain uji asumsi anova, uji anova, uji SNK, perhitungan kontribusi faktor, dan uji T.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini membahas mengenai analisis hasil pengolahan data dan interpretasi hasil penelitian.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan target pencapaian dari tujuan penelitian dan kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan bab-bab sebelumnya. Bab ini juga menguraikan saran dan masukan bagi penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi konsep-konsep dan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Bab ini juga berisi hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan permasalahan dan obyek penelitian. Pada bagian awal bab ini akan dibahas mengenai ergonomi, manusia dan pekerjaannya, serta lingkungan kerja. Bagian selanjutnya membahas mengenai kelelahan, produktivitas, dan jantung. Bagian terakhir dari bab ini berisi teori mengenai teknik sampling dan konsep desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian serta hasil penelitian-penelitian sebelumnya.

2.1. Ergonomi

2.1.1. Pengertian Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani, kata *ergo* yang berarti kerja dan *nomos* yang berarti aturan, prinsip, atau kaidah. Kata ergonomi berarti suatu studi mengenai hubungan antara manusia dengan pekerjaannya. Dalam perkembangannya, pengertian ergonomi merupakan suatu istilah yang digunakan secara luas dengan istilah *human engineering* atau *human factor* yaitu suatu ilmu yang mempelajari perangkat *interface* maupun bentuk interaksi antara manusia dengan obyek yang digunakan dengan lingkungan tempat bekerja. Ergonomi adalah ilmu, seni, dan penerapan teknologi untuk menyetarakan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik

McCormick dan Sanders (1993) mendefinisikan ergonomi dengan menggunakan pendekatan yang lebih komprehensif. Pendekatan ini dilakukan melalui tiga hal pokok, yaitu fokus, tujuan, dan ilmu ergonomi.

- Fokus dari ergonomi adalah manusia dan interaksinya dengan produk, peralatan, fasilitas, prosedur, dan lingkungan pekerjaan serta kehidupan sehari-hari.
- Tujuan ergonomi adalah meningkatkan efektivitas dan efisiensi pekerjaan, memperbaiki keamanan, mengurangi kelelahan dan stress, meningkatkan kenyamanan, penerimaan penggunaan yang lebih besar, meningkatkan kepuasan kerja, dan memperbaiki kualitas hidup.

- Pendekatan yang dilakukan dalam ergonomi adalah aplikasi yang sistematis dari informasi yang relevan tentang kemampuan, keterbatasan, karakteristik, perilaku, dan motivasi manusia terhadap rancangan produk dan prosedur yang digunakan untuk lingkungan tempat menggunakannya.

Berdasarkan pendekatan tersebut di atas maka Chappins (1995) merangkum definisi ergonomi sebagai ilmu yang menggali dan mengaplikasikan informasi-informasi mengenai perilaku, kemampuan, keterbatasan, dan karakteristik manusia lainnya untuk merancang peralatan, mesin, sistem, pekerjaan, dan lingkungan untuk meningkatkan produktivitas, keselamatan, kenyamanan, dan efektivitas pekerjaan manusia.

Iftikar Z, Satalaksana, dkk (1979) mendefinisikan ergonomi sebagai suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja dalam sistem itu dengan baik, mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan dengan efektif, aman, dan nyaman.

Dalam ergonomi, salah satu prinsip yang harus selalu digunakan adalah prinsip *fitting the task/job to man*. Hal ini mengandung pengertian bahwa pekerjaan harus disesuaikan dengan kemampuan dan keterbatasan manusia sehingga hasil yang dicapai dapat menjadi lebih baik.

Secara umum tujuan dari penerapan ergonomi adalah:

- a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan pencegahan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
- b. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
- c. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Perkembangan ergonomi selanjutnya dikelompokkan atas empat bidang penelitian (Satalaksana, 1979), yaitu:

- a. Penelitian tentang tampilan (*display*)

Tampilan (*display*) adalah suatu perangkat antara yang menyajikan informasi tentang keadaan lingkungan dan mengkomunikasikannya pada manusia dalam bentuk tanda, angka, lambang, dll.

b. Penelitian tentang kekuatan fisik manusia

Penelitian ini mengukur kekuatan serta ketahanan fisik manusia pada saat kerja dan juga mempelajari perancangan obyek serta peralatan yang sesuai dengan kemampuan fisik manusia pada saat melakukan aktivitasnya.

c. Penelitian tentang tempat kerja

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan tempat kerja yang sesuai dengan ukuran dimensi tubuh manusia sehingga diperoleh tempat kerja yang baik dan sesuai dengan kemampuan serta keterbatasan manusia.

d. Penelitian tentang lingkungan fisik

Penelitian ini meliputi kondisi lingkungan fisik tempat dan fasilitas kerja, seperti pengaturan cahaya, kebisingan suara, temperatur, dan getaran.

Penerapan prinsip-prinsip ergonomi secara tepat pada perusahaan akan menghasilkan manfaat-manfaat antara lain:

1. Meningkatkan unjuk kerja, seperti: menambah kecepatan kerja, ketepatan, keselamatan, mengurangi energi serta kelelahan yang berlebihan.
2. Mengurangi waktu serta biaya pelatihan dan pendidikan.
3. Mengoptimalkan pendayagunaan sumber daya manusia melalui peningkatan keterampilan yang diperlukan.
4. Mengurangi waktu yang terbuang sia-sia dan meminimalkan kerusakan peralatan yang disebabkan kesalahan manusia.
5. Meningkatkan kenyamanan karyawan dalam bekerja.

Bila kelima kondisi tersebut dapat tercapai, maka efisiensi dan produktivitas kerja perusahaan akan meningkat.

2.1.2. Bidang Kajian Ergonomi

Ergonomi mencakup berbagai aspek perilaku manusia. Bidang kajian ergonomi dapat dikelompokkan menjadi:

a. Anthropometri

Anthropometri mengkaji segala aspek yang berhubungan dengan dimensi tubuh manusia. Informasi mengenai tubuh manusia ini digunakan dalam merancang sistem kerja yang lebih ergonomis.

b. Biomekanika kerja

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

c. Faal kerja

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

d. Penginderaan

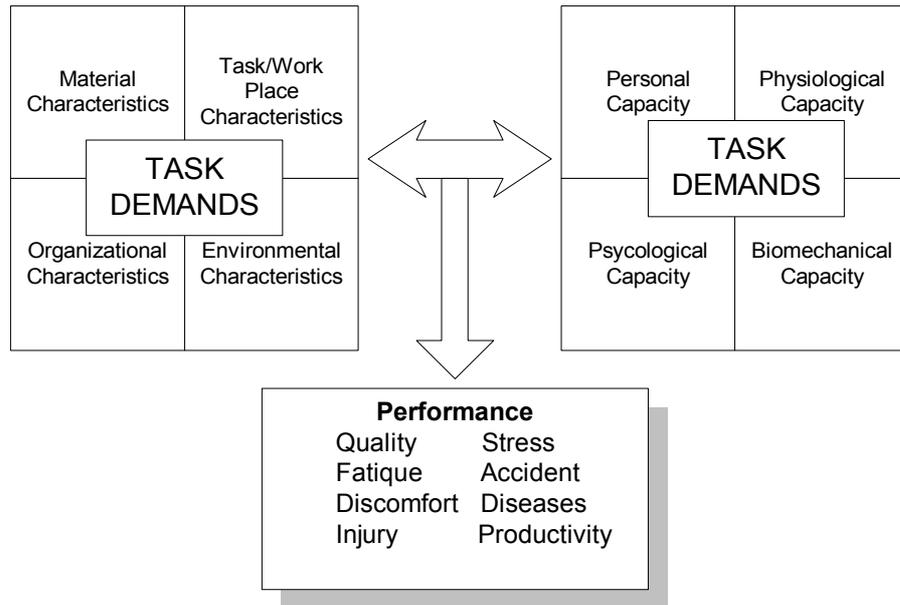
Karakteristik indera manusia (penglihatan, pendengaran, penciuman, peraba, dan perasa) digunakan untuk perancangan alat atau sistem kerja.

e. Psikologi kerja

Psikologi kerja berkaitan dengan aspek kejiwaan manusia. Hal-hal yang berkaitan dengan psikologi kerja antara lain: sifat, kebiasaan, minat, motivasi, pengalaman, dll.

2.1.3. Konsep Keseimbangan dalam Ergonomi

Ergonomi merupakan suatu ilmu, seni dan teknologi yang berupaya untuk menyetarakan alat, cara dan lingkungan kerja terhadap kemampuan, kebolehan, dan segala keterbatasan manusia sehingga manusia dapat berkarya secara optimal tanpa pengaruh buruk dari pekerjaannya. Dari sudut pandang ergonomi, antara tuntutan tugas dengan kapasitas kerja harus selalu dalam garis keseimbangan sehingga dicapai performansi yang tinggi. Dengan kata lain, tuntutan tugas tidak boleh terlalu rendah (*underload*) dan juga terlalu berlebihan (*overload*) karena keduanya dapat mengakibatkan stres. Konsep keseimbangan antara kapasitas kerja dengan tuntutan tugas tersebut dapat diilustrasikan seperti pada gambar 2.1 dibawah ini.



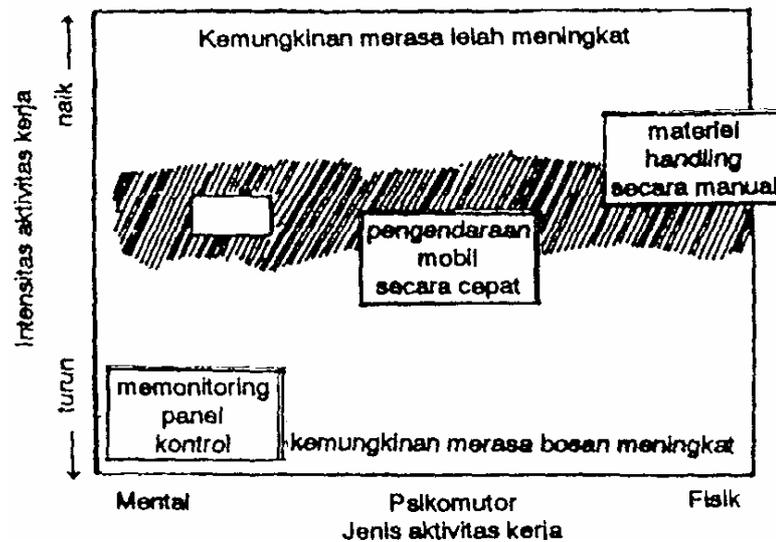
Sumber: Manuaba, 2000

Gambar 2.1 Konsep Dasar dalam Ergonomi

Setiap pekerjaan merupakan beban dari yang bersangkutan, beban tersebut dapat berupa beban fisik maupun beban mental. Secara umum hubungan antara beban kerja dan kapasitas kerja dipengaruhi oleh berbagai faktor yang sangat kompleks, baik faktor internal maupun faktor eksternal.

2.2. Manusia dan Pekerjaannya

Setiap hari manusia selalu terlibat dengan kegiatan-kegiatan baik itu bekerja ataupun bergerak dimana kesemuanya memerlukan tenaga. Hal yang perlu diperhatikan adalah bagaimana mengatur kegiatan ini sehingga posisi tubuh saat bekerja atau bergerak tersebut ada dalam keadaan nyaman tanpa mempengaruhi hasil kerjanya. Pekerjaan manusia terdiri dari dua jenis yaitu pekerjaan yang bersifat mental dan pekerjaan yang bersifat fisik. Masing-masing jenis pekerjaan ini memiliki intensitas yang berbeda pada setiap manusia. Tingkat intensitas yang terlampau tinggi mengakibatkan pemakaian tenaga yang berlebihan, sebaliknya intensitas yang terlampau rendah dapat menyebabkan timbulnya rasa jenuh atau rasa bosan. Tingkat intensitas yang optimum ada diantara kedua batas ekstrim tersebut dan berbeda-beda untuk setiap individu.



Gambar 2.2. Model Kerja Manusia pada Umumnya

Tingkat intensitas kerja yang optimum umumnya dilakukan ketika tidak ada tekanan (*stress*) dan ketegangan (*strain*). Tekanan disini berkenaan dengan beberapa aspek dari aktivitas manusia atau dari lingkungan. Aspek lingkungan berpengaruh menimbulkan tekanan ketika terdapat beberapa hal di lingkungan yang tidak sesuai dengan keinginannya. Ketegangan merupakan konsekwensi logis yang diterima individu sebagai akibat dari adanya tekanan tersebut.

Untuk mengukur besarnya tenaga yang diperlukan oleh manusia untuk melakukan pekerjaannya, Satalaksana membagi kriteria pengukuran aktivitas manusia dalam dua kelas utama, yaitu :

1. Kriteria Fisiologis

Kriteria fisiologis dari kegiatan manusia biasanya ditentukan berdasarkan kecepatan denyut jantung dan pernafasan. Pengukuran dengan kriteria ini agak sulit karena kecepatan jantung dan pernafasan juga dipengaruhi oleh tekanan psikologis, tekanan oleh lingkungan maupun tekanan akibat kerja keras.

2. Kriteria Operasional

Kriteria operasional melibatkan teknik-teknik untuk mengukur atau menggambarkan hasil-hasil yang bisa dilakukan oleh tubuh pada saat melakukan gerakan-gerakannya. Secara umum hasil gerakan yang bisa dilakukan tubuh dibagi dalam beberapa bentuk, yaitu *range* (rentangan) gerakan, pengukuran aktivitas berdasarkan kekuatan, ketahanan, kecepatan dan ketelitian

2.2.1. Faktor Keberhasilan Kerja

Banyak faktor yang mempengaruhi dalam pencapaian keberhasilan kerja. Faktor tersebut dapat berasal dari diri sendiri maupun dari situasi/lingkungan.

a. Faktor Diri

Setiap jenis pekerjaan mempunyai ciri tersendiri, termasuk diantaranya tuntutan terhadap pelaku pekerjaan tersebut mengenai perilaku-perilaku yang harus sesuai dengan pekerjaan itu. Karena faktor diri sulit atau tidak dapat dirubah maka harus dilakukan pemilihan terlebih dahulu terhadap calon pekerja yang cocok untuk melakukan pekerjaan tersebut.

b. Faktor Sosial dan Keorganisasian

Manusia memiliki banyak kebutuhan, selain berupa materi (uang/benda). Kebutuhan manusia lainnya antara lain, butuh akan rasa aman, perlakuan adil, pengakuan akan prestasi, dan lain-lain. Hal ini dapat menjadi motivasi atau pendorong bagi pekerja untuk lebih bersemangat dalam bekerja sehingga mendorong pada keberhasilan kerja.

c. Faktor Fisik Pekerjaan

Faktor fisik dalam pekerjaan antara lain adalah kemampuan dan keterbatasan kerja manusia, kondisi lingkungan, mesin dan peralatan yang ada, cara penggunaan peralatan, dan lain-lain.

d. Faktor Perubahan

Kegiatan untuk mendapatkan rancangan baik peralatan, perlengkapan, lingkungan kerja maupun sistem kerja merupakan proses yang dinamis dan berkelanjutan. Oleh karena itu perubahan adalah sesuatu yang perlu diperhatikan. Hal ini dikarenakan dalam melaksanakan perubahan tersebut dapat mengalami hambatan, misalnya pekerja telah terbiasa dengan kondisi kerja sebelumnya.

2.2.2. Sistem Manusia-Mesin

Sistem manusia-mesin adalah kombinasi antara satu atau beberapa manusia dengan satu atau beberapa mesin dimana salah satu mesin dengan lainnya juga memiliki interaksi untuk menghasilkan keluaran-keluaran tertentu dengan masukan-masukan yang tertentu pula. Kata “mesin” yang dimaksud mempunyai arti yang luas, meliputi semua objek fisik, seperti peralatan, perlengkapan, fasilitas, benda-benda yang biasa digunakan manusia untuk membantu melaksanakan pekerjaannya. Penelitian berkaitan sistem manusia-mesin didasarkan pada suatu kenyataan bahwa antara manusia dan mesin masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan sehingga perlu dirancang suatu sistem kerja yang lebih optimal.

2.3. Lingkungan Kerja

Setiap hari manusia terlibat pada suatu kondisi lingkungan kerja yang berbeda-beda dimana perbedaan kondisi tersebut sangat mempengaruhi terhadap kemampuan manusia. Manusia akan mampu melaksanakan kegiatannya dengan baik dan mencapai hasil yang optimal apabila lingkungan kerjanya mendukung.

Dalam suatu lingkungan kerja, manusia mempunyai peranan sentral kerja dimana manusia berperan sebagai perencana dan perancang suatu sistem kerja disamping manusia harus berinteraksi dengan sistem untuk dapat mengendalikan proses yang sedang berlangsung pada sistem kerja secara keseluruhan. Manusia sebagai salah satu komponen dari suatu sistem kerja merupakan bagian yang sangat kompleks dengan berbagai macam sifat, keterbatasan dan kemampuan yang dimilikinya. Namun demikian usaha untuk memahami tingkah laku manusia, khususnya tingkah laku kerja manusia tidak dapat dilakukan hanya dengan memahami kondisi fisik manusia saja. Kelebihan dan keterbatasan kondisi fisik manusia memang merupakan faktor yang harus diperhitungkan, tetapi bukan satu-satunya faktor yang menentukan produktivitas kerja (Kroemer, 1994).

Di dalam perencanaan dan perancangan sistem kerja perlu diperhatikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kondisi lingkungan kerja seperti: kebisingan, pencahayaan, suhu dan lain-lain. Suatu kondisi lingkungan kerja dikatakan baik apabila dalam kondisi tertentu manusia dapat melaksanakan kegiatannya dengan optimal. Ketidaksesuaian lingkungan kerja dengan manusia

yang bekerja pada lingkungan tersebut dapat terlihat dampaknya dalam jangka waktu tertentu (Sutalaksana, 1979).

Lingkungan kerja yang baik dan sesuai dengan kondisi manusia (pekerja) tentu saja akan memberikan pengaruh yang besar terhadap pekerja itu sendiri dan tentu saja terhadap produktivitas kerja yang dihasilkan. Oleh karena itu perancangan lingkungan kerja yang baik dan optimal sangat diperlukan. Berikut ini penjelasan mengenai faktor-faktor fisik lingkungan kerja, yaitu: temperatur, cahaya, kebisingan, kelembaban, sirkulasi udara, getaran mekanis, warna, dan bau-bauan.

a. Temperatur

Temperatur udara yang terlalu dingin akan menurunkan gairah kerja. Sebaliknya, temperatur udara yang terlalu panas akan mengakibatkan tubuh cepat lelah dan cenderung menyebabkan banyak kesalahan dalam bekerja.

b. Cahaya

Pencahayaan mempengaruhi kemampuan manusia untuk melihat obyek secara jelas dan cepat. Kebutuhan akan pencahayaan yang baik sangat dibutuhkan dalam melakukan pekerjaan yang membutuhkan ketelitian mata. Pencahayaan yang kurang/tidak terang akan menyebabkan mata menjadi cepat lelah dan dapat menyebabkan rusaknya mata.

c. Kebisingan

Kebisingan adalah segala jenis bunyi-bunyian yang tidak dikehendaki, yang mana dapat mengganggu ketenangan dalam bekerja dan dapat merusak pendengaran. Kebisingan merupakan suatu polutan dimana dapat menimbulkan stress terhadap orang dalam lingkungan kerja. Kebisingan akan menyebabkan penurunan pendengaran dan memberi gangguan psikologis, komunikasi, rasa lelah dan mengurangi efisiensi.

d. Kelembaban

Kelembaban adalah banyaknya air yang terkandung dalam udara, biasa dinyatakan dalam persen. Kelembaban berhubungan dan dipengaruhi temperatur udara. Apabila temperatur (suhu) mulai naik maka kelembaban yang ada pada tersebut akan turun, sebaliknya pula apabila kondisi temperatur (suhu) rendah maka kelembaban cenderung naik. Bila

temperatur udara sangat panas dan kelembaban tinggi akan menimbulkan pengurangan panas dari tubuh karena penguapan.

e. Sirkulasi udara

Udara di sekitar kita mengandung 21% O₂, 72% N₂, 0,03% CO₂, dan 0,97% gas lainnya. Oksigen 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-bauan yang berbahaya bagi kesehatan. Untuk menjaga udara di sekitar tempat kerja tetap sehat harus dipikirkan tentang sirkulasinya yang baik sehingga udara kotor bisa diganti dengan udara bersih dan segar. Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan ventilasi udara, sebagai contoh adalah dengan adanya jendela rumah. Adanya tanaman segar di sekitar tempat kerja dapat membantu menghasilkan oksigen yang dibutuhkan sehingga udara tetap terasa segar.

f. Getaran mekanis

Gerakan mekanis dapat diartikan sebagai getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis, yang sebagian dari getaran ini sampai ke tubuh manusia dan menimbulkan akibat-akibat yang tidak diinginkan. Besarnya getaran ditentukan oleh intensitas dan frekuensi getarannya. Getaran mekanis umumnya mengganggu karena sifat ketidakteraturannya, baik dalam intensitas maupun frekuensi sedangkan organ-organ di dalam tubuh manusia memiliki frekuensi alami yang teratur.

g. Warna

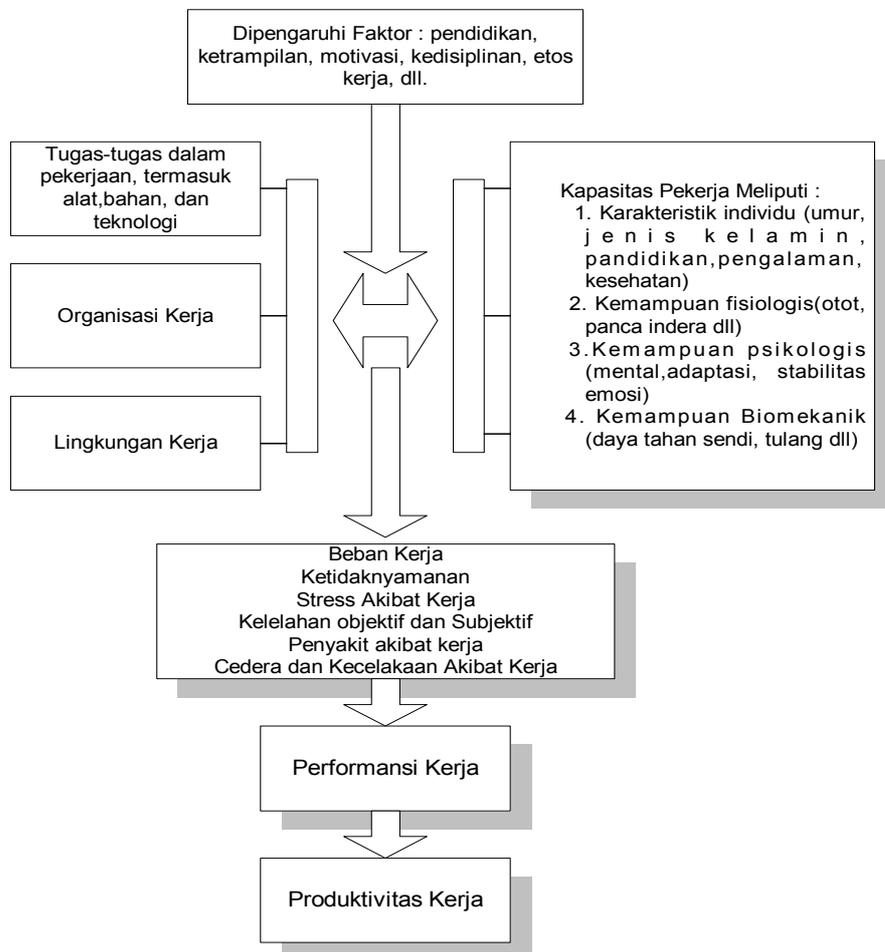
Warna yang dimaksud di sini adalah warna dinding di ruangan tempat kerja. Warna dapat mempengaruhi kemampuan mata untuk melihat obyek dan juga berpengaruh secara psikologis bagi pekerja. Warna-warna gelap memberikan kesan sempit dan warna-warna terang memberikan kesan lapang.

h. Bau-bauan

Adanya bau-bauan yang tidak sedap di sekitar tempat kerja dapat dianggap sebagai pencemaran karena dapat mengganggu konsentrasi kerja dan dapat mempengaruhi kepekaan penciuman. Bau-bauan yang berupa wewangian,

seperti lilin aroma terapi yang ditempatkan di ruang kerja dapat menciptakan rasa segar dan tenang.

Faktor lingkungan kerja, alat, dan cara sangat berpengaruh terhadap produktivitas. Dalam usaha mendapatkan produktivitas yang tinggi maka faktor-faktor tersebut harus serasi terhadap kemampuan, kebolehan dan batasan manusia pekerja. Secara skematis alur pikir tentang faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya produktivitas kerja dapat diilustrasikan dalam gambar 2.3. Digambarkan bahwa faktor lingkungan kerja sangat berpengaruh terhadap performansi kerja yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap produktivitas pekerja.



Sumber: Manuaba, 1992

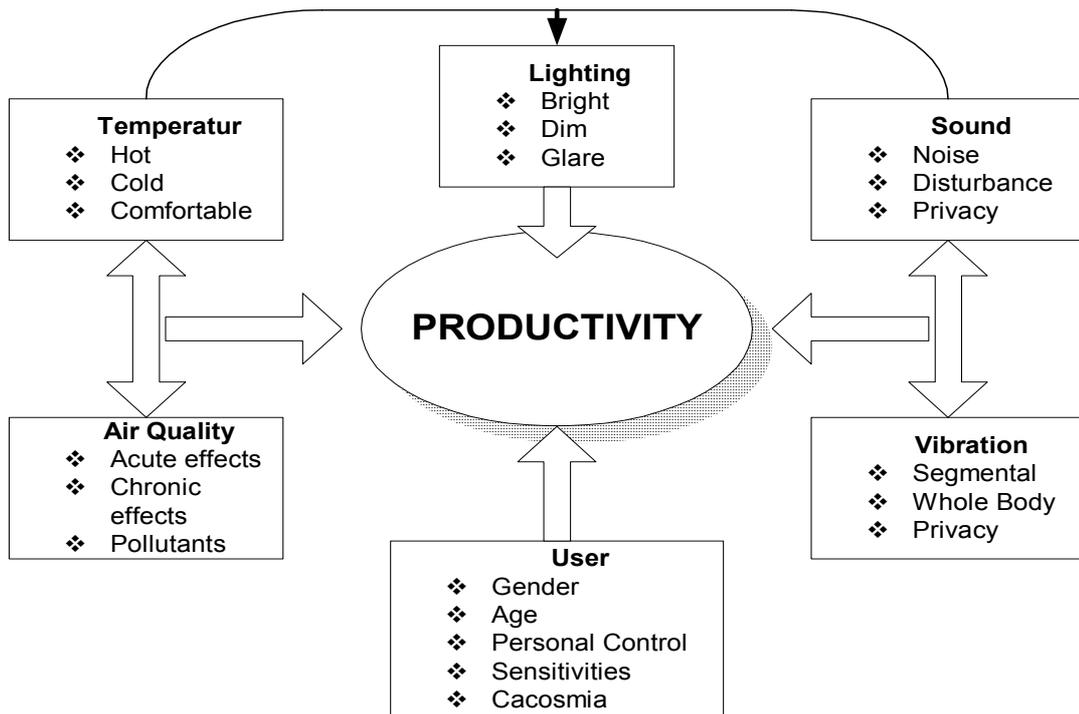
Gambar 2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Kerja

Dalam suatu lingkungan kerja, manusia mempunyai peranan sentral kerja dimana manusia berperan sebagai perencana dan perancang suatu sistem kerja

disamping manusia harus berinteraksi dengan sistem untuk dapat mengendalikan proses yang sedang berlangsung pada sistem kerja secara keseluruhan. Manusia sebagai salah satu komponen dari suatu sistem kerja merupakan bagian yang sangat kompleks dengan berbagai macam sifat, keterbatasan dan kemampuan yang dimilikinya. Namun demikian usaha untuk memahami tingkah laku manusia, khususnya tingkah laku kerja manusia tidak dapat dilakukan hanya dengan memahami kondisi fisik manusia saja. Kelebihan dan keterbatasan kondisi fisik manusia memang merupakan faktor yang harus diperhitungkan, tetapi bukan satu-satunya faktor yang menentukan produktivitas kerja (Kroemer, 1994).

Lingkungan kerja yang baik dan sesuai dengan kondisi manusia (pekerja) tentu saja akan memberikan pengaruh yang besar terhadap pekerja itu sendiri dan tentu saja terhadap produktivitas kerja yang dihasilkan. Oleh karena itu perancangan lingkungan kerja yang baik dan optimal sangat diperlukan. Berikut ini penjelasan mengenai faktor-faktor fisik lingkungan kerja. Kondisi yang ergonomis, yaitu lingkungan kerja yang memberikan kenyamanan dan keamanan bagi pekerja. Rasa nyaman sangat penting secara biologis karena akan mempengaruhi kinerja pada organ tubuh manusia ketika sedang bekerja. Penyimpangan dari batas kenyamanan akan menyebabkan perubahan secara fungsional yang pada akhirnya berpengaruh pada fisik maupun mental pekerja.

Manusia akan mampu melaksanakan kegiatannya dengan baik dan mencapai hasil yang optimal apabila lingkungan kerjanya mendukung. Kondisi kualitas lingkungan yang baik akan memberikan rasa nyaman dan sehat yang mendukung kinerja dan produktivitas manusia (A.Hedge dan M.Navai, 2003). Dalam upaya peningkatan kualitas lingkungan kerja yang mendukung produktivitas kerja, maka perlu diketahui kerangka kerja konsep kualitas lingkungan beberapa faktor yang mempengaruhi produktivitas dalam gambar 2.4 dibawah ini.



Sumber: A. Hedge dan M. Navai, 2003.

Gambar 2.4 Kerangka konsep kualitas lingkungan

Kualitas lingkungan kerja yang baik dan sesuai dengan kondisi manusia sebagai pekerja akan mendukung kinerja dan produktivitas kerja yang dihasilkan. Pengendalian dan penanganan faktor-faktor lingkungan kerja merupakan suatu masalah yang harus ditangani secara serius dan berkesinambungan. Suara yang bising dan pencahayaan yang kurang di dalam tempat kerja merupakan salah satu sumber yang mengakibatkan tekanan kerja dan penurunan produktivitas kerja.

2.3.1 Suara

Bunyi adalah sensasi pendengaran yang melalui telinga manusia yang ditimbulkan oleh penyimpangan tekanan udara. Penyimpangan ini biasanya disebabkan oleh benda yang bergetar. Rambatan gelombang bunyi disebabkan oleh lapisan perapatan atau peregangan partikel-partikel udara yang bergerak kearah luar, karena penyimpangan tekanan. Suara adalah fenomena fisis (sensasi) berbentuk gelombang longitudinal yang merambat melalui medium sehingga sampai ke telinga mengikuti garis lurus kecuali ada peredam atau dialihkan arahnya. Mediumnya dapat berupa zat padat, cair, dan gas. Tiga aspek yang menentukan kualitas bunyi adalah : lama, intensitas, dan frekuensi. Semakin lama

mendengar bunyi-bunyian yang mengganggu, semakin buruk dampaknya bagi pendengaran. Frekuensi menunjukkan jumlah gelombang suara yang sampai ke telinga setiap detik, dinyatakan dalam Hertz (Hz). Intensitas diukur dengan desibel (dB), yaitu besarnya arus energi per satuan luas. Kualitas suara akan sangat ditentukan oleh intensitas dan frekuensi suara. Kekerasan (intensitas) suara berkaitan dengan amplitudo gelombang suara dan nada berkaitan dengan frekuensi (jumlah gelombang per satuan waktu). Semakin besar amplitudo, semakin keras suara; dan semakin tinggi frekuensi, semakin tinggi nada. Namun nada juga ditentukan oleh faktor-faktor lain yang belum sepenuhnya dipahami. Frekuensi mengacu pada tinggi nada, tinggi atau rendahnya kualitas suara dan diukur dalam satuan Hz, yang menyatakan jumlah daur per detik dimana gelombang bergetar. Semakin tinggi suatu nada semakin cepat getarannya, semakin rendah suatu nada semakin lambat getarannya. Telinga normal dapat menangkap bunyi yang memiliki frekuensi 20 – 20000 Hz.

A. Telinga dan Proses Mendengar

1. Anatomi Telinga

Telinga manusia terbagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian dalam, bagian tengah, dan bagian luar. Telinga bagian dalam terdiri dari cochlea (rumah siput) dan di dalamnya terdapat organ corti. Telinga bagian tengah terdiri dari gendang telinga, tabung eustachius dan tiga tulang kecil (tulang malleus, tulang incus, tulang stapes). Telinga bagian luar terdiri dari daun telinga dan saluran telinga. Telinga dan bagiannya dapat dijelaskan melalui gambar 2.5 berikut ini :

Gambar 2.5 Bagian-bagian Telinga

2. Proses Mendengar

Proses mendengar dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Bunyi dari luar ditangkap oleh daun telinga dan masuk ke dalam saluran telinga.
- b. Bunyi yang masuk ini menggetarkan tiga tulang kecil.
- c. Getaran gendang telinga menggetarkan tiga tulang kecil.
- d. Getaran ini diteruskan ke cochlea (rumah siput) dimana di dalamnya terdapat cairan.
- e. Jaringan saraf organ corti di dalam cochlea menerima gelombang cairan ini dan mengirim impuls ke pusat saraf.

B. Tingkat Tekanan Bunyi

Penyimpangan dalam tekanan atmosfer yang disebabkan oleh getaran partikel udara karena adanya gelombang bunyi disebut tekanan bunyi. Manusia mengukur bunyi dengan menggunakan skala decibell (dB). Skala decibell ini hampir sesuai dengan tanggapan manusia terhadap perubahan kekerasan bunyi, yang secara kasar sebanding dengan logaritma energi bunyi. Ini berarti bahwa energi bunyi yang sebanding dengan 10, 100, dan 1000 akan menghasilkan ditelinga pengaruh yang subyektif sebanding dengan logaritmanya, yaitu masing-masing 1, 2, dan 3. Bila skala logaritma ini dikalikan dengan 10 maka diperoleh skala decibell.

Tingkat tekanan bunyi diukur dengan menggunakan *Sound level* meter (gambar 2.6) yang terdiri dari mikrofon, penguat, dan instrumen keluaran (output) yang mengukur tingkat tekanan bunyi efektif dalam decibell. Tingkat tekanan bunyi beberapa macam tingkat kebisingan dan bunyi tertentu.



Gambar 2.6 *SoundLevel* Meter

Tabel 2.1 Tingkat Tekanan Bunyi Beberapa Sumber Bunyi Penting

	Desibel	
Jet tinggal landas Tembakan meriam	130	Menulikan
	120	
Sonic boom Musik orkestra Band rock	110	
	100	
	90	Sangat Keras
80		
Truk tanpa knalpot Bising lalu-lintas Sempritan polisi	70	Keras
	60	
	Kantor yang bising Mesin tik yang tenang Radio pada umumnya	50
40		
Rumah yang bising Percakapan pada umumnya Radio yang pelan		30
	20	
	Kantor pribadi Rumah yang tenang Percakapan yang tenang	10
Gemerisik daun Bisikan Nafas manusia		

Sumber: Sutalaksana (1979)

C. Kebisingan

Kebisingan adalah salah satu polusi yang tidak dikehendaki manusia. Dikatakan tidak dikehendaki karena dalam jangka panjang, bunyi-bunyian tersebut akan dapat mengganggu ketenangan kerja, merusak pendengaran, dan

menimbulkan kesalahan komunikasi bahkan kebisingan yang serius dapat mengakibatkan kematian. Semakin lama telinga mendengar kebisingan, makin buruk pula dampak yang diakibatkannya, diantaranya adalah pendengaran dapat semakin berkurang (Sutalaksana, 1979).

Seseorang cenderung mengabaikan bising yang dihasilkannya sendiri apabila bising yang ditimbulkan tersebut secara wajar menyertai pekerjaan, seperti bising mesin ketik atau mesin kerja. Sebagai patokan, bising yang hakekatnya mekanik atau elektrik, yang disebabkan kipas angin, transformator, motor, selalu lebih mengganggu daripada bising yang hakekatnya alami (angin, hujan, air terjun dan lain-lain).

1. Sumber-sumber Bising

Sumber bising dalam pengendalian kebisingan lingkungan dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

a. Bising Interior

Bising yang berasal dari manusia, alat-alat rumah tangga atau mesin-mesin gedung yang antara lain disebabkan oleh radio, televisi, alat-alat musik, dan juga bising yang ditimbulkan oleh mesin-mesin yang ada digedung tersebut seperti kipas angin, motor kompresor pendingin, pencuci piring dan lain-lain.

b. Bising eksterior

Bising yang dihasilkan oleh kendaraan transportasi darat, laut, maupun udara, dan alat-alat konstruksi. Dalam dunia industri jenis-jenis bising yang sering dijumpai antara lain meliputi:

- Bising kontinu dengan jangkauan frekuensi yang luas. Misalkan suara yang ditimbulkan oleh mesin bubut, mesin frais, kipas angin, dan lain-lain.
- Bising kontinu dengan jangkauan frekuensi yang sempit. Misalkan bising yang dihasilkan oleh suara mesin gergaji, katup gas, dan lain-lain.
- Bising terputus-putus (*intermittent*). Misal suara lalu lintas, suara kapal terbang.
- Bising impulsive seperti pukulan palu, tembakan pistol, dan lain-lain.

Sifat suatu kebisingan ditentukan oleh intensitas suara, frekuensi suara, dan waktu terjadinya kebisingan. ketiga faktor diatas juga dapat menentukan

tingkat gangguan terhadap pendengaran manusia. Apabila pada suatu kebisingan, intensitas suaranya semakin tinggi maka kebisingan tersebut semakin keras. Kebisingan yang mempunyai frekuensi tinggi lebih berbahaya daripada kebisingan dengan frekuensi lebih rendah. Dan semakin lama terjadinya kebisingan disuatu tempat, semakin besar akibat yang ditimbulkannya. Disamping itu juga terdapat faktor lain yang perlu diperhatikan dalam melakukan studi tentang kebisingan, faktor tersebut berupa bentuk kebisingan yang dihasilkan, berbentuk tetap/terus-menerus (*steady*) atau tidak tetap (*intermittent*).

Kerusakan pendengaran manusia terjadi karena pengaruh kumulatif *exposure* dari suara diatas intensitas maksimal dalam jangka waktu lebih lama dari waktu yang diijinkan untuk tingkat kebisingan yang bersangkutan.

2. Pengukuran Tingkat Kebisingan

Sumber kebisingan di perusahaan biasanya berasal dari mesin-mesin untuk proses produksi dan alat-alat lain yang dipakai untuk melakukan pekerjaan. Sumber-sumber tersebut harus diidentifikasi dan dinilai kehadirannya agar dapat dipantau sedini mungkin dalam upaya mencegah dan mengendalikan pengaruh paparan kebisingan terhadap pekerja yang terpapar. Dengan demikian penilaian tingkat intensitas kebisingan di perusahaan secara umum dimaksudkan untuk beberapa tujuan yaitu:

- a. Memperoleh data intensitas kebisingan pada sumber suara
- b. Memperoleh data intensitas kebisingan pada penerima suara (pekerja dan masyarakat perusahaan).
- c. Menilai efektivitas sarana pengendalian kebisingan yang telah ada dan merencanakan langkah pengendalian lain yang lebih efektif.
- d. Mengurangi tingkat intensitas kebisingan baik pada sumber suara maupun pada penerima suara sampai batas diperkenankan.
- e. Membantu memilih alat pelindung dari kebisingan yang tepat sesuai dengan jenis kebisingannya.

Setelah intensitas dinilai dan dianalisis, selanjutnya hasil yang diperoleh harus dibandingkan dengan standar yang ditetapkan dengan tujuan untuk mengetahui apakah intensitas kebisingan yang diterima oleh pekerja sudah melampaui Nilai

Ambang Batas (NAB) yang diperkenankan atau belum. Dengan demikian akan dapat segera dilakukan upaya pengendalian untuk mengurangi dampak pemaparan terhadap kebisingan tersebut. NAB kebisingan di tempat kerja berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. Kep. 51/MEN/1999 yang merupakan pembaharuan dari Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No. 01/MEN/1978, besarnya rata-rata 85 dB-A untuk batas waktu kerja terus-menerus tidak lebih dari 8 jam atau 40 jam seminggu. Besarnya NAB yang ditetapkan tersebut sama dengan NAB untuk negara-negara lain seperti Australia dan Amerika. Selanjutnya apabila tenaga kerja menerima pemaparan kebisingan lebih dari ketentuan tersebut, maka harus dilakukan pengurangan waktu pemaparan seperti pada tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 Batas Waktu Pemaparan Kebisingan per Hari Kerja berdasarkan Intensitas Kebisingan yang Diterima Pekerja

Batas Waktu Pemaparan per Hari Kerja	Intensitas Kebisingan (dB A)
8 Jam	85
4 Jam	88
2 Jam	91
1 Jam	94
30 Menit	97
15 Menit	100
7.5 Menit	103
3.75 Menit	106
1.88 Menit	109
0.94 Menit	112
28.12 Detik	115
14.06 Detik	118
7.03 Detik	121
3.52 Detik	124
1.76 Detik	127
0.88 Detik	130

Batas Waktu Pemaparan per Hari Kerja	Intensitas Kebisingan (dB A)
0.44 Detik	133
0.22 Detik	136
0.11 Detik	139
Tidak boleh terpapar walau hanya sesaat	> 139

Sumber: Kepmennaker No. 51 Tahun 1999

Dalam buku *Offices Ergonomics* karangan Karl H. E. Kroemer dan Anne D. Kroemer diketahui bahwa kisaran level suara untuk perkantoran sebaiknya adalah antara 50 – 75 dB, paling baik mendekati 65 dB.

3. Pengaruh Kebisingan

Pengaruh pemaparan kebisingan secara umum dapat dikategorikan menjadi dua berdasarkan tinggi rendahnya intensitas kebisingan dan lamanya waktu pemaparan. Pertama, pengaruh pemaparan kebisingan intensitas tinggi (diatas NAB) dan kedua, adalah pengaruh pemaparan kebisingan intensitas rendah (di bawah NAB).

- Pengaruh kebisingan intensitas tinggi
 - a. Pengaruh pemaparan kebisingan intensitas tinggi adalah terjadinya kerusakan pada indera pendengaran yang dapat menyebabkan penurunan daya dengar baik yang bersifat sementara maupun bersifat permanen atau ketulian. Sebelum terjadi kerusakan pendengaran yang permanen, biasanya didahului dengan gangguan pendengaran yang bersifat sementara.
 - b. Pengaruh kebisingan akan sangat terasa apabila jenis kebisingannya terputus-putus dan sumber kebisingannya tidak diketahui.
 - c. Secara fisiologis, kebisingan dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti: meningkatnya tekanan darah dan tekanan jantung, resiko serangan jantung meningkat, dan gangguan pencernaan.

- d. Reaksi masyarakat, apabila kebisingan dari suatu proses produksi demikian hebatnya sehingga masyarakat semanusianya menuntut agar kegiatan tersebut dihentikan.
- Pengaruh kebisingan intensitas tingkat rendah
Tingkat intensitas kebisingan rendah banyak ditemukan di lingkungan kerja seperti perkantoran, ruang administrasi perusahaan, dan lain-lain. Intensitas kebisingan yang masih dibawah NAB tersebut secara fisiologis tidak menyebabkan kerusakan pendengaran. Namun demikian, dapat menyebabkan penurunan performansi kerja, sebagai salah satu penyebab stres dan gangguan kesehatan lainnya. Stres yang disebabkan karena pemaparan kebisingan dapat menyebabkan terjadinya kelelahan dini, kegelisahan dan depresi. Secara spesifik stres karena kebisingan tersebut dapat menyebabkan antara lain:
 - a. Stres menuju keadaan cepat marah, sakit kepala, dan gangguan tidur.
 - b. Gangguan reaksi psikomotor
 - c. Penurunan performansi kerja yang dapat menimbulkan kehilangan efisiensi dan produktivitas kerja.

4. Rencana dan langkah pengendalian kebisingan di tempat kerja,

Sebelum dilakukan langkah pengendalian kebisingan, langkah pertama yang harus dilakukan adalah membuat rencana pengendalian yang didasarkan pada hasil penilaian kebisingan dan dampak yang ditimbulkan. Rencana pengendalian dapat dilakukan dengan pendekatan melalui perspektif manajemen resiko kebisingan. Manajemen resiko yang dimaksud adalah suatu pendekatan yang logik dan sistemik untuk mengendalikan resiko yang mungkin timbul. Langkah manajemen resiko kebisingan tersebut, yaitu:

- a. Mengidentifikasi sumber-sumber kebisingan yang berada di tempat kerja.
- b. Menilai resiko kebisingan yang berakibat serius terhadap penyakit dan cedera akibat kerja.
- c. Mengambil langkah-langkah yang sesuai untuk mengendalikan atau meminimasi resiko kebisingan.

Setelah rencana dibuat seksama, langkah selanjutnya adalah melaksanakan rencana pengendalian kebisingan dengan dua arah pendekatan, yaitu pendekatan jangka pendek (*Short-term gain*) dan pendekatan jangka panjang (*Long-term gain*) dari hirarki pengendalian. Pada pengendalian kebisingan dengan orientasi jangka panjang, teknik pengendaliannya secara berurutan adalah mengeliminasi sumber kebisingan secara teknik, secara administratif, dan penggunaan alat pelindung diri. Sedangkan untuk orientasi jangka pendek adalah sebaliknya secara berurutan.

a Eliminasi sumber kebisingan

- Pada teknik eliminasi ini dapat dilakukan dengan penggunaan tempat kerja atau pabrik baru sehingga biaya pengendalian dapat diminimalkan.
- Pada tahap tender mesin-mesin yang akan dipakai, harus mensyaratkan maksimum intensitas kebisingan yang dikeluarkan dari mesin baru.
- Pada tahap pembuatan pabrik dan pemasangan mesin, konstruksi bangunan harus dapat meredam kebisingan serendah mungkin.

b Pengendalian kebisingan secara teknik

- Pengendalian kebisingan pada sumber suara. Penurunan kebisingan pada sumber suara dapat dilakukan dengan menutup mesin atau mengisolasi mesin sehingga terpisah dengan pekerja. Teknik ini dapat dilakukan dengan mendesain mesin memakai *remote control*. Selain itu dapat dilakukan redesain landasan mesin dengan bahan anti getaran. Namun demikian teknik ini memerlukan biaya yang sangat besar sehingga dalam prakteknya sulit di-implementasikan.
- Pengendalian kebisingan pada bagian transmisi kebisingan. apabila teknik pengendalian pada sumber suara sulit dilakukan, maka teknik berikutnya adalah dengan memberi pembatas atau sekat antara mesin dan pekerja. Cara lain adalah dengan menambah atau melapisi dinding, plafon, dan lantai dengan bahan penyerap suara.

c Pengendalian kebisingan secara administratif

Apabila teknik pengendalian secara teknik belum memungkinkan untuk dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah merencanakan teknik pengendalian secara administratif. Teknik pengendalian ini lebih difokuskan pada manajemen pemaparan. Langkah yang ditempuh adalah dengan

mengatur rotasi kerja antara tempat yang bising dengan tempat yang lebih nyaman yang didasarkan pada intensitas kebisingan yang diterima seperti pada tabel diatas.

d Pengendalian pada penerima atau pekerja,

Teknik ini merupakan langkah terakhir apabila teknik pengendalian seperti yang telah dijelaskan diatas belum dimungkinkan untuk dilakukan. Jenis pengendalian ini dapat dilakukan dengan pemakaian alat pelindung telinga (tutup atau sumbat telinga). Menurut Pulat (1992) pemakaian sumbat telinga dapat mengurangi kebisingan sebesar ± 30 dB. Sedangkan tutup telinga dapat mengurangi kebisingan sedikit lebih besar 40-50 dB. Pengendalian kebisingan pada penerima ini telah banyak ditemukan di perusahaan-perusahaan, karena secara sekilas biayanya relatif lebih murah. Namun demikian, banyak ditemukan kendala dalam pemakaian tutup atau sumbat telinga seperti, tingkat kedisiplinan pekerja, mengurangi kenyamanan kerja, dan mengganggu pembicaraan.

D. Musik

Gelombang suara yang memiliki pola berulang, walaupun masing-masing gelombang bersifat kompleks, didengar sebagai suara musik. Sebagian besar suara musik terbentuk dari gelombang dengan frekuensi primer yang menentukan nada suara ditambah sejumlah getaran harmonik (*overtone*) yang menyebabkan suara memiliki *timbre* (warna nada, kualitas) yang khas. Variasi *timbre* memungkinkan kita mengetahui suara berbagai alat musik walaupun alat-alat tersebut memberikan nada yang sama. Musik adalah bunyi yang diatur sedemikian rupa mengenai tinggi rendahnya nada, keras lembutnya, warna nadanya, alat yang digunakan, dan sebagainya sehingga bunyi tersebut dapat dinikmati. Musik dapat dibentuk dengan satu atau lebih berbagai macam instrumen musik, seperti piano, biola, gitar, dan lain-lain. Penggunaan alat instrumen yang berbeda-beda ini melahirkan suatu jenis musik.

Kehidupan manusia tidak dapat dipisahkan dari irama, denyut nadi dan degup jantung manusia pun memiliki irama khusus. Pada manusia otak kanan memiliki peran, yaitu mendengarkan musik, memanfaatkan paduan warna

menarik, menciptakan aneka simbol baru, belajar kelompok, teka-teki, humor, lelucon, dan kreativitas. Otak kanan ini menunjukkan aktivitas kerja jika diperdengarkan musik. Otak kiri berperan dalam aktivitas membaca, berhitung, membuat rangkuman, mengerjakan PR, menganalisa, bernalar, dan menghafal.

Musik mempengaruhi manusia dalam beberapa elemennya. Ritme musik mempengaruhi gerakan manusia, dengan begitu ritme atau irama mempengaruhi fungsi motorik manusia. Melodi mempengaruhi perasaan manusia, mood, emosi. Harmoni dalam musik yaitu pengaruh chord musik berpengaruh pada jiwa manusia. Berikut ini adalah efek penggunaan musik pada manusia :

1. Musik menutupi bunyi dan perasaan yang tidak menyenangkan.

Penggunaan musik di ruang tunggu dan ruang praktek dokter gigi dapat menutupi suara bor dokter gigi dan mengurangi ketegangan pasien yang sedang menjalani perawatan.

2. Musik dapat memperlambat dan menyeimbangkan gelombang otak

Memainkan musik di rumah, di kantor atau di sekolah dapat membantu menciptakan keseimbangan dinamis antara belahan otak kiri yang lebih logis dengan belahan otak kanan yang lebih intuitif. Kerja sama di antara kedua belahan otak ini dianggap merupakan landasan suatu kreativitas.

3. Musik mempengaruhi pernapasan.

Pernapasan bersifat ritmis. Dalam keadaan normal manusia bernapas sebanyak dua puluh lima hingga tiga puluh lima kali dalam satu menit. Laju pernapasan yang lebih dalam atau lebih lambat menimbulkan ketenangan, kendali emosi, pemikiran yang lebih dalam, metabolisme yang lebih baik. Pernapasan yang dangkal dan cepat dapat membawa ke pemikiran yang superfisial dan terpecah-pecah, perilaku impulsif, dan kecenderungan untuk melakukan kesalahan. Tempo musik yang lambat atau musik yang bunyinya lebih panjang dan lebih lambat akan memperdalam dan memperlambat pernapasan sehingga memungkinkan pikiran menjadi tenang.

4. Musik mempengaruhi denyut jantung, denyut nadi dan tekanan darah.

Denyut jantung manusia menyesuaikan dengan bunyi dan musik yang didengar. Denyut jantung menanggapi variabel-variabel musik seperti frekuensi,

tempo dan volume. Denyut jantung cenderung menjadi lebih cepat atau lebih lambat menyamai ritme musik.

5. Musik mempengaruhi ketegangan otot dan memperbaiki gerak dan koordinasi tubuh

Saraf pendengaran menghubungkan telinga dalam dengan semua otot dalam tubuh melalui sistem syaraf otonom. Oleh karena itu kekuatan, kelenturan dan ketegangan otot dipengaruhi oleh bunyi dan getaran. Pada tempat-tempat pemulihan dan terapi musik digunakan secara luas untuk merestrukturisasi dan mempola ulang gerakan-gerakan repetitif.

6. Musik mempengaruhi suhu badan.

Semua bunyi dan musik mempunyai pengaruh terhadap suhu tubuh dan kemampuan manusia untuk menyesuaikan diri dengan perubahan panas dan dingin. Musik dapat melakukan hal ini dengan mempengaruhi peredaran darah, denyut nadi, pernapasan dan pengeluaran keringat.

2.3.2 Pencahayaan

Pencahayaan didefinisikan sebagai jumlah cahaya yang jatuh pada permukaan. Satuannya adalah lux (1 lm/m^2), dimana lm adalah lumens atau lux cahaya. Salah satu faktor penting dari lingkungan kerja yang dapat memberikan kepuasan dan produktivitas adalah adanya penerangan yang baik. Penerangan yang baik adalah penerangan yang memungkinkan pekerja dapat melihat obyek-obyek yang dikerjakan secara jelas, cepat dan tanpa upaya-upaya yang tidak perlu (Suma'mur, 1984).

Penerangan yang cukup dan diatur dengan baik juga akan membantu menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan menyenangkan sehingga dapat memelihara kegairahan kerja. Telah kita ketahui hampir semua pelaksanaan pekerjaan melibatkan fungsi mata, dimana sering kita temui jenis pekerjaan yang memerlukan tingkat penerangan tertentu agar tenaga kerja dapat dengan jelas mengamati obyek yang sedang dikerjakan. Intensitas penerangan yang sesuai dengan jenis pekerjaannya jelas akan dapat meningkatkan produktivitas kerja. Sanders dan McCormick (1987) menyimpulkan dari hasil penelitian pada 15 perusahaan, dimana seluruh perusahaan yang diteliti menunjukkan kenaikan

hasil kerja antara 4-35%. Selanjutnya Armstrong (1992) menyatakan bahwa intensitas penerangan yang kurang dapat menyebabkan gangguan *visibilitas* dan *eyestrain*. Sebaliknya intensitas penerangan yang berlebihan juga dapat menyebabkan *glare*, *reflections*, *excessive shadows*, *visibility* dan *eyestrain*. Semakin halus pekerjaan dan mnyangkut inspeksi serta pengendalian kualitas, atau halus detailnya dan kurang kontras, makin tinggi illuminasi yang diperlukan yaitu antara 500 lux sampai dengan 1000 lux (Suma'mur, 1996). Kaitan antara luminance dan illuminance dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$\text{Luminance} = = \frac{\text{illuminance} * \text{reflectance}}{\pi} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- a. *Illuminance* adalah cahaya yang direfleksikan dari obyek menuju mata, dengan kata lain cahaya yang diterima oleh mata, diukur dalam lux.
- b. *Reflectance* adalah rasio antara cahaya direfleksikan dengan cahaya diterima, dalam persen.
- c. *Luminance* adalah besar cahaya yang dikeluarkan oleh suatu sumber cahaya, satuannya candela/m² (cd/m²).

Tenaga kerja disamping harus dengan jelas dapat melihat obyek-obyek yang sedang dikerjakan juga harus dapat melihat dengan jelas pula benda atau alat dan tempat disekitarnya yang mungkin mengakibatkan kecelakaan. Maka penerangan umum harus memadai. Dalam suatu pabrik dimana terdapat banyak mesin dan proses pekerjaan yang berbahaya maka penerangan harus didesain sedemikian rupa sehingga dapat mengurangi kecelakaan kerja. Pekerjaan yang berbahaya harus dapat diamati dengan jelas dan cepat, karena banyak kecelakaan terjadi akibat penerangan kurang memadai.

Secara umum jenis penerangan atau pencahayaan dibedakan menjadi dua yaitu penerangan buatan (penerangan artifisial) dan penerangan alamiah (dan sinar matahari). Untuk mengurangi pemborosan energi disarankan untuk menggunakan penerangan alamiah, akan tetapi setiap tempat kerja harus pula disediakan penerangan buatan yang memadai. Hal mi untuk menanggulangi jika dalam keadaan mendung atau kerja di malam hari. Perlu diingat bahwa penggunaan

penerangan buatan harus selalu diadakan perawatan yang baik oleh karena lampu yang kotor akan menurunkan intensitas penerangan sampai dengan 30%. Tingkat penerangan pada-tiap tiap pekerjaan berbeda tergantung sifat dan jenis pekerjaannya. Sebagai contoh gudang memerlukan intensitas penerangan yang lebih rendah dari tempat kerja administrasi, dimana diperlukan ketelitian yang lebih tinggi.

Menurut Grandjean (1993) penerangan yang tidak didesain dengan baik akan menimbulkan gangguan atau kelelahan penglihatan selama kerja. Pengaruh dan penerangan yang kurang memenuhi syarat akan mengakibatkan dampak, yaitu:

1. Kelelahan mata sehingga berkurangnya daya dan efisiensi kerja.
2. Kelelahan mental.
3. Keluhan pegal di daerah mata dan sakit kepala di sekitar mata.
4. Kerusakan indra mata dan lain-lain.

Selanjutnya pengaruh kelelahan pada mata tersebut akan bermuara kepada penurunan performansi kerja, sebagai berikut:

1. Kehilangan produktivitas
2. Kualitas kerja rendah
3. Banyak terjadi kesalahan
4. Kecelakaan kerja meningkat

A. Standar Penerangan di Tempat Kerja

Intensitas penerangan yang dibutuhkan di masing-masing tempat kerja ditentukan dan jenis dan sifat pekerjaan yang dilakukan. Semakin tinggi tingkat ketelitian suatu pekerjaan, maka akan semakin besar kebutuhan intensitas penerangan yang diperlukan, demikian pula sebaliknya. Standar penerangan di Indonesia telah ditetapkan seperti tersebut dalam Peraturan Menteri Perburuhan (PMP) No. 7 Tahun 1964, Tentang syarat-syarat kesehatan, kebersihan dan penerangan di tempat kerja. Standar penerangan yang ditetapkan untuk di Indonesia tersebut secara garis besar hampir sama dengan standar internasional. Sebagai contoh di Australia menggunakan standar AS 1680 untuk '*Interior Lighting*' yang mengatur intensitas penerangan sesuai dengan jenis dan sifat

pekerjaannya. Secara ringkas intensitas penerangan yang dimaksud dapat dijelaskan, sebagai berikut:

1. Penerangan untuk halaman dan jalan-jalan di lingkungan perusahaan harus mempunyai intensitas penerangan paling sedikit 20 luks.
2. Penerangan untuk pekerjaan-pekerjaan yang hanya membedakan barang kasar dan besar paling sedikit mempunyai intensitas penerangan 50 luks.
3. Penerangan yang cukup untuk pekerjaan yang membedakan barang-barang kecil secara sepintas lalu paling sedikit mempunyai intensitas penerangan 100 lux.
4. Penerangan untuk pekerjaan yang membeda-bedakan barang kecil agak teliti paling sedikit mempunyai intensitas penerangan 200 luks.
5. Penerangan untuk pekerjaan yang membedakan dengan teliti dan barang-barang yang kecil dan halus, paling sedikit mempunyai intensitas penerangan 300 luks.
6. Penerangan yang cukup untuk pekerjaan membeda-bedakan barang halus dengan kontras yang sedang dalam waktu yang lama, harus mempunyai intensitas penerangan paling sedikit 500 - 1000 luks.
7. Penerangan yang cukup untuk pekerjaan membeda-bedakan barang yang sangat halus dengan kontras yang kurang dan dalam waktu yang lama, harus mempunyai intensitas penerangan paling sedikit 2000 luks.

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Nomor: 405/Menkes/SK/XI/2002), intensitas cahaya diruang kerja dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.3. Intensitas cahaya di ruang kerja

Jenis Kegiatan	Tingkat Pencahayaan Minimal (lux)	Keterangan
Pekerjaan kasar dan tidak terus-menerus	100	Ruang penyimpanan dan peralatan atau instalasi yang memerlukan pekerjaan kontinyu
Pekerjaan kasar dan terus-menerus	200	Pekerjaan dengan mesin dan perakitan kasar
Pekerjaan rutin	300	Ruang administrasi, ruang kontrol, pekerjaan mesin dan perakitan
Pekerjaan agak halus	500	Pembuatan gambar atau bekerja dengan mesin kantor, pemeriksaan atau pekerjaan dengan mesin
Pekerjaan halus	1000	Pemilihan warna, pemrosesan tekstil, pekerjaan mesin halus dan perakitan halus

Pekerjaan sangat halus	1500 tidak menimbulkan bayangan	Mengukir dengan tangan, pemeriksaan pekerjaan mesin, dan perakitan yang sangat halus
Pekerjaan terinci	3000 tidak menimbulkan bayangan	Pemeriksaan pekerjaan, perakitan sangat halus

Sumber: Keputusan Menteri Kesehatan Nomor: 405/Menkes/SK/XI/2002

Dalam buku *Offices Ergonomics* karangan Karl H. E. Kroemer dan Anne D. Kroemer diketahui bahwa pencahayaan yang optimal untuk pekerjaan dengan menggunakan komputer adalah antara 200 – 500 lux.

Uraian singkat tentang lingkungan kerja fisik tersebut dapat dipertegas bahwa dengan pengendalian faktor-faktor yang berbahaya di lingkungan kerja diharapkan akan tercipta lingkungan kerja yang sehat, aman, nyaman dan produktif bagi tenaga kerja. Hal tersebut dimaksudkan untuk menurunkan angka kecelakaan dan penyakit akibat kerja sehingga akan meningkatkan produktivitas tenaga kerja. Hal tersebut akan dapat terlaksana dengan adanya kebijaksanaan manajemen dan komitmen dan pihak pengurus untuk selalu memperhatikan penanganan lingkungan yang berkesinambungan dan kerja sama antara pihak pengusaha sebagai pemberi fasilitas dan tenaga kerja sebagai pengguna fasilitas, dimana masing-masing pihak menyadari tugasnya dalam rangka menciptakan tempat kerja yang aman dan nyaman.

B. Sistem Pendekatan Aplikasi Penerangan di Tempat Kerja.

Di dalam mempertimbangkan aplikasi penerangan di tempat kerja, secara umum dapat dilakukan melalui tiga pendekatan yaitu:

1. Desain tempat kerja untuk menghindari masalah penerangan

Kebutuhan intensitas penerangan bagi pekerja harus selalu dipertimbangkan pada waktu mendesain bangunan, pemasangan mesin-mesin, alat dan sarana kerja. Desain instalasi penerangan harus mampu mengontrol cahaya kesilauan, pantulan dan bayang-hayang serta untuk tujuan kesehatan dan keselamatan kerja

2. Identifikasi dan Penilaian problem dan kesulitan penerangan.

Agar masalah penerangan yang muncul dapat ditangani dengan baik, faktor-faktor yang harus diperhitungkan adalah: sumber penerangan, pekerja dalam

melakukan pekerjaannya, jenis pekerjaan yang dilakukan dan lingkungan kerja secara keseluruhan.

Selanjutnya teknik dan metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai masalah penerangan di tempat kerja meliputi:

- a. sultasi atau wawancara dengan pekerja dan supervisor di tempat kerja
 - b. Mempelajari laporan kecelakaan kerja sebagai bahan investigasi
 - c. Mengukur intensitas penerangan, kesilauan, pantulan dan bayang-bayang yang ada di tempat kerja
 - d. Mempertimbangkan faktor lain seperti: sikap kerja, lama kerja, warna, umur pekerja dan lain-lain.
3. Pengembangan dan Evaluasi pengendalian resiko akibat penerangan

Setelah penerangan dan pengaruhnya telah diidentifikasi dan dinilai, langkah selanjutnya adalah mengendalikan resiko yang potensial menyebabkan gangguan kerja. Pengendalian resiko sangat tergantung dan kondisi yang ada, tetapi secara umum dapat mengikuti hirarki pengendalian yang sudah lazim yaitu pengendalian yang dipilih dan yang paling efektif. Di bawah ini akan diberikan secara garis besar langkah-langkah pengendalian masalah penerangan di tempat kerja, yaitu:

- a. Modifikasi sistem penerangan yang sudah ada seperti
 - Menaikkan atau menurunkan letak lampu didasarkan pada objek kerja
 - Merubah posisi lampu
 - Menambah atau mengurangi jumlah lampu
 - Mengganti jenis lampu yang lebih sesuai, seperti mengganti lampu bola menjadi lampu neon, dan lain-lain.
 - Mengganti tudung lampu
 - Mengganti warna lampu yang digunakan dan lain-lain.
- b. Modifikasi pekerjaan seperti:
 - Membawa pekerjaan lebih dekat ke mata, sehingga objek dapat dilihat dengan jelas
 - Merubah posisi kerja untuk menghindari bayang-bayang, pantulan, sumber kesilauan dan kerusakan penglihatan

- Modifikasi objek kerja sehingga dapat dilihat dengan jelas. Sebagai contoh: memperbesar ukuran huruf dan angka pada tombol-tombol peralatan kerja mesin.

- c. Pemeliharaan dan pembersihan lampu.
- d. Penyediaan penerangan lokal
- e. Penggunaan korden dan perawatan jendela dan lain-lain.

Sebagai tambahan pertimbangan dalam upaya mengatasi masalah penerangan di tempat kerja, Sanders & McCormick (1987) dan Grandjean (1993) memberikan pedoman untuk desain sistem penerangan yang tepat di tempat kerja dengan cara sebagai berikut:

Tabel 2.4 Reflektan sebagai Persentase Cahaya

Bahan warna	Reflektan (%)
1. Putih	100
2. Alumunium, kertas putih	80-85
3. Warna gading, kuning lemon, kuning dalam, hijau muda, biru pastel, pink pale, krim	60-65
4. Hijau lime, abu-abu plae, pink, orange dalam, bluegrey	30-35
5. Biru langit, kayu pale	40-45
6. Pale oakwood, semen kering	30-35
7. Merah dalam, hijau rumput, kayu, hijau daun, coklat	20-25
8. Biru gelap, merah purple, coklat tua	10-15
9. Hitam	0

Sumber: Pulat, 1992. Fundamental of Industrial Ergonomics

2.4. Kelelahan

2.4.1. Definisi kelelahan menurut Granjean

Kelelahan adalah suatu keadaan yang menunjukkan penurunan efisiensi dalam melakukan suatu pekerjaan. Semua jenis pekerjaan akan menghasilkan kelelahan kerja. Kelelahan kerja akan menurunkan kinerja dan menambah tingkat kesalahan kerja. Kelelahan dibedakan menjadi 2 bagian (Grandjean, 1988), yaitu:

a. Kelelahan Otot (*Muscular fatigue*)

Kelelahan otot adalah suatu gejala kesakitan yang dirasakan pada otot yang muncul akibat otot terlalu tegang. Pada saat otot diberi stimulus, misalnya dengan mengangkat, hal tersebut akan menjadikan otot berkontraksi dan

terjadi ketegangan. Jika stimulus tersebut diberikan secara terus-menerus maka dalam jangka waktu lama performansinya akan menurun, yaitu pada kekuatan otot dan gerakan semakin lambat.

b. Kelelahan umum (*General fatigue*)

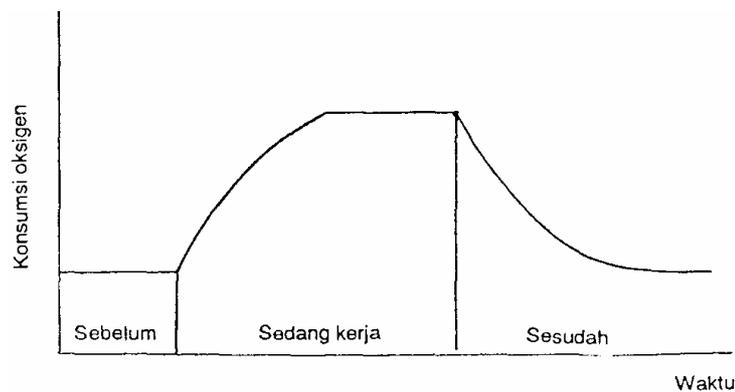
Salah satu gejala kelelahan umum adalah munculnya perasaan letih. Suatu perasaan kelelahan akan teratasi jika diadakan istirahat. Berdasarkan penyebabnya, gejala keletihan umum dapat dibedakan menjadi (Grandjean, 1988):

- 1) *Visual fatigue*, kelelahan yang timbul karena ketegangan yang berlebihan pada mata.
- 2) *General body fatigue*, kelelahan yang timbul karena beban fisik yang berlebihan pada seluruh organ tubuh.
- 3) *Mental fatigue*, kelelahan yang timbul karena kerja mental atau kerja otak yang berlebihan.
- 4) *Nervous fatigue*, kelelahan yang timbul karena tekanan yang berlebihan pada suatu bagian sistem psikomotor, pada pekerjaan yang membutuhkan keterampilan.
- 5) Kelelahan yang terjadi karena monotonitas pekerjaan dan kondisi lingkungan kerja yang menjemukan.
- 6) Kelelahan kronis, sebagai akumulasi sejumlah factor secara terus-menerus yang menyebabkan lelah.
- 7) *Circadian fatigue* adalah bagian dari ritme siklus siang malam dan awal periode tidur.

2.4.2. Definisi kelelahan menurut Satalaksana

Kelelahan menurut Satalaksana (1979) merupakan suatu pola yang timbul pada suatu keadaan yang secara umum terjadi pada setiap individu yang telah tidak sanggup lagi untuk melakukan aktivitasnya. Pada dasarnya pola ini ditimbulkan oleh dua hal, yaitu akibat kelelahan fisiologis (fisik dan kimia) dan akibat kelelahan psikologi (mental atau fungsional). Hal ini bisa bersifat subyektif (akibat perubahan performansi) dan bisa bersifat subyektif (akibat perubahan dalam perasaan dan kesadaran).

Kelelahan fisiologis adalah kelelahan yang timbul karena adanya perubahan-perubahan fisiologis dalam tubuh. Dalam tubuh manusia terdapat lima macam mekanisme, yaitu sistem peredaran, sistem pencernaan, sistem otot, sistem syaraf dan sistem pernapasan. Kerja fisik yang kontinu akan berpengaruh pada mekanisme di atas baik secara sendiri-sendiri maupun sekaligus. Kelelahan terjadi karena terkumpulnya produk-produk sisa dalam otot dan peredaran darah. Produk-produk sisa ini mempengaruhi aktivitas otot dan sistem syaraf pusat yang menyebabkan manusia bekerja dengan lambat saat lelah.

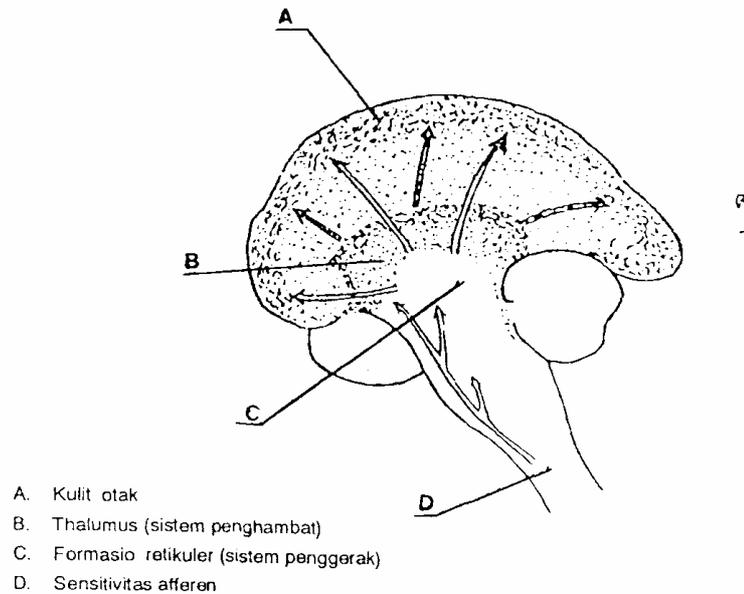


Gambar 2.7 Kecepatan Konsumsi Oksigen sebelum, selama dan sesudah Bekerja

Kelelahan psikologis dapat dikatakan sebagai kelelahan palsu. Kelelahan ini timbul dalam perasaan orang yang bersangkutan dan terlihat dengan tingkah lakunya atau pendapat-pendapatnya yang tidak konsekwen lagi serta jiwanya yang labil dengan adanya perubahan, walaupun sedikit, dalam kondisi lingkungan atau kondisi tubuhnya. Sebab-sebab kelelahan ini bisa diakibatkan oleh beberapa hal, diantaranya kurang minat dalam pekerjaan, pekerjaan yang monoton, keadaan lingkungan, hukum moral yang mengikat, sebab-sebab mental seperti tanggung jawab, kekuatiran, dan konflik-konflik. Pengaruh-pengaruh ini seakan-akan terkumpul dalam tubuh (benak) dan menimbulkan rasa lelah.

Keadaan dan perasaan kelelahan ini timbul karena adanya reaksi fungsional dari pusat kesadaran, yaitu cortex cerebri yang bekerja atas pengaruh dua sistem antagonistik, yaitu sistem penghambat (inhibisi) dan sistem penggerak (aktivasi). Sistem penghambat ini terdapat dalam thalamus dan bersifat menurunkan kemampuan manusia untuk bereaksi. Sistem penggerak terdapat dalam formatio retikularis, yang bersifat dapat merangsang pusat-pusat vegetatif

untuk konversi ergotropis dari peralatan-peralatan tubuh ke arah bereaksi. Kedua sistem ini sangat mempengaruhi keadaan seseorang pada suatu saat tertentu. Demikian juga kerja yang monoton bisa menimbulkan kelelahan walaupun mungkin beban kerjanya tidak seberapa. Hal ini disebabkan karena sistem penghambat lebih kuat dibandingkan sistem penggerak.



Gambar 2.8 Sistem Penghambat dan Penggerak Kelelahan

Perasaan kelelahan ditandai dengan:

1. Adanya perlemahan kegiatan, antara lain: perasaan berat di kepala, menjadi lelah seluruh badan, kaki terasa berat, menguap, pikiran merasa kacau, mengantuk, mata terasa berat, kaku dan canggung dalam gerakan, tidak seimbang dalam berdiri dan merasa ingin berbaring.
2. Adanya perlemahan motivasi, antara lain: merasa sulit berpikir, lelah berbicara, menjadi gugup, tidak dapat berkonsentrasi, tidak dapat mempunyai perhatian terhadap sesuatu, cenderung untuk lupa, kurang kepercayaan, cemas terhadap sesuatu, tidak mengontrol sikap dan tidak dapat tekun dalam pekerjaan.
3. Kelelahan fisik akibat psikologis, antara lain: sakit kepala, kekakuan bahu, merasa nyeri di punggung, pernapasan merasa tertekan, haus, suara serak, merasa pening, spasme dari kelopak mata, tremor pada anggota badan dan merasa kurang sehat.

Gejala-gejala kelelahan yang penting, yaitu:

1. perasaan letih, mengantuk, pusing, dan tidak enak badan.
2. semakin lamban dalam bekerja
3. Menurunnya kewaspadaan.
4. Persepsi yang lemah dan lambat.
5. Tidak semangat bekerja
6. Penurunan performansi tubuh dan mental.

Jika kelelahan tidak disembuhkan maka pada suatu saat akan terjadi kelelahan kronis yang menyebabkan:

1. Meningkatnya ketidakstabilan psikis
2. Depresi
3. Tidak semangat bekerja
4. Meningkatnya kecenderungan sakit.

Kelelahan dalam bekerja baik kelelahan fisik maupun kelelahan psikologis dapat dikurangi dengan beberapa cara dibawah ini, antara lain:

1. Sediakan kalori secukupnya sebagai input bagi tubuh.
2. Bekerja dengan menggunakan metode kerja yang baik.
3. Memperhatikan kemampuan tubuh.
4. Memperhatikan waktu kerja yang teratur antara lain dengan melakukan pengaturan terhadap jam kerja, waktu istirahat dan sarana-sarananya, masa libur, rekreasi dan lain-lain.
5. Mengatur lingkungan fisik sebaik-baiknya, seperti temperatur, kelembaban, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, getaran, bau/wangi-wangian dan lain-lain.
6. Berusaha untuk mengurangi monoton dan ketegangan-ketegangan akibat kerja, misalnya dengan menggunakan warna dan dekorasi ruangan kerja, menyediakan musik, menyediakan waktu-waktu olah raga dan sebagainya.

2.5. Produktivitas Tenaga Kerja

Ketika berbicara mengenai produktivitas, biasanya selalu dikaitkan dengan hubungan rasio antara keluaran (output) yang dihasilkan dengan masukan (input) dari sumber-sumber yang digunakan untuk mencapai hasil yang diharapkan.

Dengan kata lain, hasil yang di maksudkan disini berhubungan dengan efektivitas pencapaian suatu misi atau prestasi. Sementara itu, sumber-sumber yang digunakan berhubungan dengan efisiensi dalam memperoleh hasil dan menggunakan sumber yang minimal. Dengan demikian dapat dinyatakan, dalam produktivitas terdapat hubungan antara efisiensi dan efektivitas.

Berdasarkan uraian diatas, maka dalam produktivitas tenaga kerja terkandung pengertian tentang perbandingan antara hasil yang dicapai dengan peran serta tenaga kerja per satuan waktu. Seorang tenaga kerja dinilai produktif jika ia mampu menghasilkan keluaran (output) yang lebih banyak dari tenaga kerja lain, untuk satuan waktu yang sama. Dengan kata lain dapat dinyatakan, seorang tenaga kerja menunjukkan tingkat produktivitasnya yang tinggi bila ia mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan standar yang ditentukan, dalam satuan waktu yang singkat.

Bila ukuran produktivitas hanya dikaitkan dengan satuan waktu saja, maka jelaslah bahwa produktivitas tenaga kerja sangat tergantung pada keterampilan dan keahlian tenaga kerja secara fisik. Tetapi, dengan peralatan yang berbeda tingkat teknologinya, maka akanberbeda pula tingkat produktivitas tenaga kerja tersebut. Sekarang apakah teknologi kemudian menjadi penting? Jawabannya adalah tidak selalu demikian. Teknologi bukan satu-satunya pilihan untuk meningkatkan produktivitas tenaga kerja. Namun perlu diakui, teknologi dapat memberi andil besar terhadap produktivitas perusahaan.

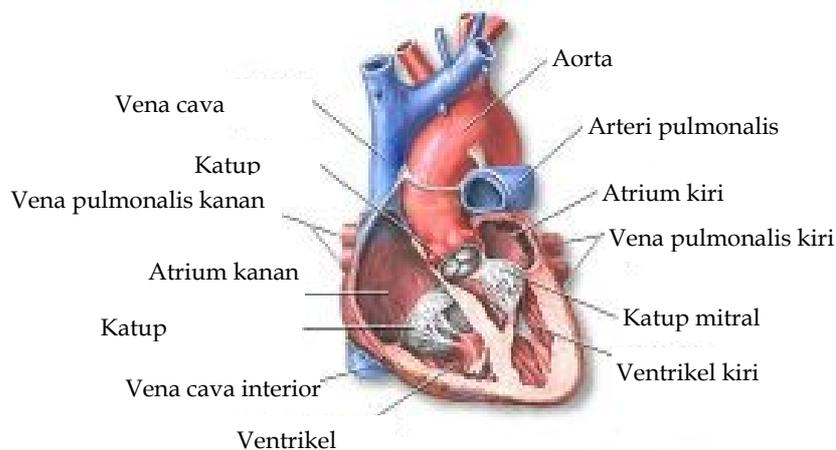
Meskipun demikian perlu juga diketahui, tingkat teknologi yang digunakan dapat mempengaruhi iklim kerja perusahaan dan manajemen. Makin maju teknologi yang digunakan, makin diperlukan manajemen dan tenaga kerja yang berkualitas tinggi. Sampai batas tertentu, makin tinggi kualifikasi tersebut makin berbeda pula motivasi, disiplin, etika, dan sikap kerja individu perusahaan.

2.6. Jantung

Jantung ([bahasa Latin](#), *cor*) adalah sebuah rongga atau [organ](#) berotot yang memompa [darah](#) lewat [pembuluh darah](#) oleh kontraksi berirama yang berulang. Jantung adalah salah satu organ yang berperan dalam [sistem peredaran](#) darah. Jantung manusia terletak di sebelah kiri bagian dada, diantara paru-paru, tersarung

oleh tulang rusuk. Bagian luarnya terdiri dari otot-otot. Otot-otot tersebut saling berkontraksi dan memompa darah melalui pembuluh arteri. Bagian dalam terdiri dari 4 buah bilik. Dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian kanan dan kiri yang dipisahkan oleh dinding otot yang disebut *septum*. Bagian kanan dan kiri dibagi lagi menjadi 2 bilik atas yang disebut dengan atria dan dua bilik bawah yang disebut dengan *ventricle*, yang memompa darah menuju arteri.

Atria dan *ventricle* bekerja secara bersamaan, menyebabkan kontraksi dan relaksasi untuk memompa darah keluar dari jantung. Darah yang keluar dari bilik akan melewati sebuah katup. Terdapat 4 buah katup di dalam jantung. Yaitu *mitral*, *tricuspid*, *aortic*, dan *pulmonic* (sering juga disebut dengan *pulmonary*). Katup-katup ini berfungsi untuk mengatur jalannya aliran darah menuju ke arah yang benar. Tiap katup mempunyai penutup yang disebut *leaflets* atau *cusps*. Katup mitral mempunyai 2 buah *leaflets*, yang lainnya memiliki 3 buah *leaflets*.



Gambar 2.9 Struktur Jantung

Jantung bekerja tanpa henti memompa oksigen dan nutrisi melalui darah ke seluruh tubuh. Jantung manusia berdetak 100 ribu kali per hari atau memompa sekitar 2000 galon per hari. Ketika berdetak, jantung memompa darah melalui pembuluh-pembuluh darah ke seluruh tubuh. Pembuluh-pembuluh ini sangat elastis dan bisa membawa darah ke setiap ujung organ tubuh manusia. Darah sangat penting karena berfungsi untuk mengangkut oksigen dari paru-paru dan

nutrisi ke setiap jaringan tubuh, juga membawa sisa-sisa seperti karbon dioksida keluar dari jaringan-jaringan tubuh. Terdapat tiga tipe pembuluh darah :

- Pembuluh arteri : fungsinya mengangkut oksigen melalui darah dari jantung ke seluruh jaringan tubuh, akan semakin mengecil ketika darah melewati pembuluh menuju organ lainnya.
- Pembuluh kapiler : bentuknya kecil dan tipis, menghubungkan pembuluh arteri dan pembuluh vena. Lapisan dindingnya yang tipis memudahkan untuk dilewati oleh oksigen, nutrisi, karbon dioksida serta bahan sisa lainnya dari dan ke organ sel lainnya.
- Pembuluh vena : fungsinya menyalurkan aliran darah yang berisi bahan sisa kembali ke jantung untuk dipecahkan dan dikeluarkan dari tubuh. Pembuluh vena semakin membesar ketika mendekati jantung. Bagian atas vena (*superior*) membawa darah dari tangan dan kepala menuju jantung, sedangkan bagian bawah vena (*inferior*) membawa darah dari bagian perut dan kaki menuju jantung.

Bagian kanan dan kiri jantung bekerja secara bersamaan membuat suatu pola yang bersambung secara terus menerus yang membuat darah akan terus mengalir menuju jantung paru-paru dan bagian tubuh lainnya.

Bagian kanan :

- Darah memasuki jantung melalui 2 bagian pembuluh vena *inferior* dan *superior* yang membawa oksigen kosong dari tubuh menuju ke bagian kanan *atrium*.
- Ketika *atrium* berkontraksi maka darah mengalir dari bagian kanan atrium menuju bagian kanan *ventricle* melalui katup *tricuspid*.
- Ketika *ventricle* penuh maka katup *triscupid* akan menutup untuk mencegah darah mengalir kembali ke bagian atria ketika *ventricle* berkontraksi.
- Ketika *ventricle* berkontraksi maka darah akan mengalir keluar melalui katup *pulmonic* menuju arteri dan paru-paru yang mana pada bagian ini darah akan mendapatkan oksigen.

Bagian kiri :

- Bagian *vena pulmonary* akan mengosongkan darah yang telah mengandung oksigen dari paru-paru menuju ke bagian kiri *atrium*
- Ketika *atrium* berkontraksi, darah akan mengalir menuju bagian *ventricle* sebelah kiri melalui katup *mitral*.
- Ketika *ventricle* penuh maka katup *mitral* akan tertutup untuk mencegah darah mengalir kembali ke *atrium* ketika *ventricle* berkontraksi.
- Ketika *ventricle* berkontraksi maka darah akan meninggalkan jantung melalui katup *aortic* menuju ke seluruh tubuh

Ukuran jantung manusia kurang lebih sebesar gumpalan tangan seorang laki-laki dewasa. Jantung adalah satu otot tunggal yang terdiri dari lapisan endothelium. Jantung terletak di dalam rongga thoracic, di balik tulang dada/sternum. Struktur jantung berbelok ke bawah dan sedikit ke arah kiri. Jantung hampir sepenuhnya diselubungi oleh paru-paru, namun tertutup oleh selaput ganda yang bernama [perikardium](#), yang tertempel pada [diafragma](#). Lapisan pertama menempel sangat erat kepada jantung, sedangkan lapisan luarnya lebih longgar dan berair, untuk menghindari gesekan antar organ dalam tubuh yang terjadi karena gerakan memompa konstan jantung.

Jantung dijaga di tempatnya oleh pembuluh-pembuluh darah yang meliputi daerah jantung yang merata/datar, seperti di dasar dan di samping. Dua garis pembelah (terbentuk dari otot) pada lapisan luar jantung menunjukkan di mana dinding pemisah di antara sebelah kiri dan kanan [serambi](#) (atrium) & [bilik](#) (ventrikel).

Secara internal, jantung dipisahkan oleh sebuah lapisan otot menjadi dua belah bagian, dari atas ke bawah, menjadi dua pompa. Kedua pompa ini sejak lahir tidak pernah tersambung. Belahan ini terdiri dari dua rongga yang dipisahkan oleh dinding jantung. Maka dapat disimpulkan bahwa jantung terdiri dari empat rongga, serambi kanan & kiri dan bilik kanan & kiri.

Dinding serambi jauh lebih tipis dibandingkan dinding bilik karena bilik harus melawan gaya gravitasi bumi untuk memompa dari bawah ke atas, khususnya di [aorta](#), untuk memompa ke seluruh bagian tubuh yang memiliki pembuluh darah. Dua pasang rongga (bilik dan serambi bersamaan) di masing-

masing belahan jantung disambungkan oleh sebuah katup. Katup di antara [serambi kanan](#) dan [bilik kanan](#) disebut [katup trikuspidalis](#) atau katup berdaun tiga. Sedangkan katup yang ada di antara [serambi kiri](#) dan [bilik kiri](#) disebut [katup bikuspidalis](#) atau katup berdaun dua.

Pada saat berdenyut, setiap ruang jantung mengendur dan terisi darah (disebut **diastol**). Selanjutnya jantung berkontraksi dan memompa darah keluar dari ruang jantung (disebut **sistol**). Kedua serambi mengendur dan berkontraksi secara bersamaan, dan kedua bilik juga mengendur dan berkontraksi secara bersamaan. Darah yang kehabisan oksigen dan mengandung banyak karbondioksida (darah kotor) dari seluruh tubuh mengalir melalui dua vena terbesar (vena kava) menuju ke dalam serambi kanan. Setelah atrium kanan terisi darah, dia akan mendorong darah ke dalam bilik kanan. Darah dari bilik kanan akan dipompa melalui *katup pulmoner* ke dalam *arteri pulmonalis*, menuju ke [paru-paru](#). Darah akan mengalir melalui pembuluh yang sangat kecil (kapiler) yang mengelilingi kantong udara di paru-paru, menyerap oksigen dan melepaskan karbondioksida yang selanjutnya dihembuskan. Darah yang kaya akan oksigen (darah bersih) mengalir di dalam vena pulmonalis menuju ke serambi kiri. Peredaran darah di antara bagian kanan jantung, paru-paru dan atrium kiri disebut sirkulasi pulmoner. Darah dalam serambi kiri akan didorong menuju bilik kiri, yang selanjutnya akan memompa darah bersih ini melewati katup aorta masuk ke dalam aorta (arteri terbesar dalam tubuh).

Berat ringannya kerja yang dilakukan oleh seseorang dapat ditentukan berdasarkan gejala-gejala perubahan yang tampak dan dapat diukur melalui perubahan fisik manusia (Wignjosoebroto, 1995). Pengukuran denyut jantung merupakan aktivitas pengukuran yang paling sering diaplikasikan, walaupun metode ini tidak secara langsung terkait dengan pengukuran energi fisik yang dikonsumsi seseorang untuk kerja. Adapun hubungan antara beban kerja dan frekuensi denyut jantung ditunjukkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Hubungan antara Konsumsi Oksigen dan Denyut Jantung terhadap Beban Kerja

Work load	Oxygen consumption in liters per minute	Energy expenditure in calories per minute	Heart rate during work in beats per minute
Very light	< 0.5	< 2.5	< 60
Light	0.5-1.0	2.5-5.0	60-100
Moderate	1.0-1.5	5.0-7.5	100-125
Heavy	1.5-2.0	7.5-10.0	125-150
Very Heavy	2.0-2.5	10.0-12.5	150-175
Undually heavy	> 2.5	> 12.5	> 175

Sumber : Christensen, 1964

Denyut jantung dapat diukur dengan menggunakan beberapa metode (Adiputra, 2002), yaitu :

- *Metode Palpasi*
Metode ini dapat digunakan jika subyek yang diukur berada dalam kondisi diam atau istirahat. Pemeriksa menggunakan ujung tiga jari (telunjuk, jari tengah dan jari manis) untuk mengukur denyut jantung dengan cara meraba denyutan pembuluh darah di daerah pergelangan tangan atau di daerah leher. Arah ketiga ujung jari membentuk garis lurus sesuai dengan panjang sumbu tubuh. Lama perabaan sekitar 5 detik, 10 detik atau 15 detik, dan dihitung banyaknya denyutan yang dirasakan. Untuk mendapatkan denyut jantung per menit, hasil pengukuran tersebut dikalikan 12, 6, 4, sesuai dengan lama perabaan.
- *Metode Auskultasi*
Metode ini menggunakan stetoskop untuk mendengarkan denyutan jantung. Pemeriksa menghitung banyaknya deytutan dalam waktu 5 detik atau 10 detik atau 15 detik. Hasilnya dikalikan 12, 6, atau 4 sesuai dengan lamanya pengukuran. Cara ini baik digunakan jika subjek yang diukur dalam keadaan diam (Andersen, 1978). Kekurangan penghitungan dengan cara ini yaitu hasil pengukuran denyut selalu bernilai genap.
- *Metode Pulse Meter*
Pulse meter terdiri dari 2 jenis, yaitu pulse meter pegas dan digital. Cara kerja pulse meter pegas yaitu saat digunakan untuk pengukuran maka jarum

akan membentuk simpangan ke kiri dan ke kanan. Angka yang ditunjukkan oleh jarum merupakan denyut per menit. Sedangkan pulse meter digital akan menghasilkan nilai setelah pengukuran. Pulse meter digital terdiri dari 2 jenis, yaitu pulse meter dengan sensor yang dilekatkan di telinga dan pulse meter yang digabungkan dengan blood pressure meter.

- Metode *Electrocardiograph*
Dengan menggunakan *electrocardiograph* (EKG) grafik aktivitas listrik jantung dapat direkam. Dari rekaman aktivitas tersebut dihitung besarnya denyut per menit.
- Metode *Electrocardiograph non Cable*
Cara kerja alat ini yaitu dengan menggunakan sensor yang dipasang di dada. Secara telemetri rekaman dapat diterima oleh penerima dan langsung menggambarkan aktivitas listrik jantung. Keunggulan alat ini yaitu pengukuran dapat dilakukan pada saat subjek bergerak aktif dan dapat terus dimonitor tanpa mengganggu gerakan yang sedang dilakukan (Andersen, 1978)
- Metode *Sport Tester*
Cara kerja sport tester sama dengan *electrocardiograph non cable*. Aktivitas jantung ditampilkan di monitor komputer sehingga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik atau perhitungan statistik.

2.7. Teknik Sampling

Dalam suatu penelitian, jumlah keseluruhan unit analisis, yaitu objek yang akan diteliti, disebut populasi. Secara ideal, sebaiknya manusia meneliti seluruh anggota populasi. Akan tetapi, seringkali populasi penelitian sangat besar sehingga tidak mungkin untuk diteliti seluruhnya dengan waktu, biaya dan tenaga yang tersedia (Soehartono, I.,1995). Dalam keadaan demikian, maka penelitian dilakukan terhadap sampel, yaitu sebagian dari populasi yang telah memenuhi kriteria untuk diteliti. Dengan meneliti sampel, diharapkan bahwa hasil yang diperoleh akan dapat menggambarkan sifat populasi yang bersangkutan. Pemilihan sampel untuk memperoleh data mengenai populasi merupakan prosedur yang mendasar dalam suatu penelitian. Keuntungan dari teknik sampling antara

lain mengurangi biaya, mempercepat waktu penelitian dan dapat memperbesar ruang lingkup penelitian (Singarimbun, M., 1989). Akan tetapi, pemilihan sampel selalu mengakibatkan adanya perbedaan antara nilai yang sebenarnya (dalam populasi) dari variabel yang diteliti dengan nilai hasil observasi (dalam sampling), yang disebut eror sampling (Aaker, 1995).

Suatu metode pengambilan sampel yang ideal memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Singarimbun, M., 1989):

1. Dapat menghasilkan gambaran yang dapat dipercaya dari seluruh populasi yang diteliti.
2. Dapat menentukan ketepatan hasil penelitian dengan menentukan penyimpangan baku dari tafsiran yang diperoleh.
3. Sederhana dan mudah dilakukan.
4. Dapat memberikan keterangan sebanyak mungkin dengan biaya serendah mungkin.

Terdapat banyak cara untuk memperoleh sampel yang diperlukan dalam penelitian. Pada banyak kasus, beragam pertanyaan diberikan dan banyak variabel yang perlu diteliti, sehingga sangat penting untuk memperoleh sampel yang representatif. Sangatlah dimungkinkan, atau bahkan diperlukan, untuk memperoleh sampel yang representatif hanya dari penilaian dan pengertian umum. Ada 2 macam metode pengambilan sampel (Aaker, 1995) yaitu pengambilan sampel secara acak (*probability sampling*) dan pengambilan sampel secara tidak acak (*nonprobability sampling*).

A. Pengambilan sampel secara acak

Pengambilan sampel secara acak (*probability sampling*) adalah metode sampling yang setiap anggota populasinya memiliki peluang yang spesifik dan bukan nol untuk terpilih sebagai sampel. Peluang setiap anggota populasi tersebut dapat sama, dapat juga tidak. Pengambilan sampel secara acak, terdiri dari:

1. Pengambilan sampel acak sederhana (*simple random sampling*), adalah suatu teknik pengambilan sampel dimana setiap anggota populasi memiliki probabilitas terpilih yang sama. Apabila jumlah sampel yang diinginkan berbeda-beda, maka besarnya peluang tiap anggota populasi untuk terpilihpun berbeda-beda pula, dengan mengikuti perbandingan jumlah sampel terhadap

jumlah populasi. Dua metode yang dapat digunakan dalam pengambilan sampel ini adalah metode undian dan metode menggunakan Tabel Bilangan Random.

2. Pengambilan sampel acak sistematis (*systematic sampling*), adalah suatu teknik pengambilan sampel dimana titik mula pengambilan sampel dipilih secara random dan kemudian setiap nomor dengan interval tertentu dari daftar populasi dipilih sebagai sampel. Pengambilan sampel acak sistematis tidak dapat diterapkan pada populasi yang tersusun dengan urutan pola tertentu dimana interval sampling mengikuti urutan pola tersebut.
3. Pengambilan sampel acak terstratifikasi (*stratified sampling*), adalah suatu teknik pengambilan sampel dimana terlebih dahulu dilakukan pembagian anggota populasi ke dalam kelompok-kelompok kemudian sampel diambil dari setiap kelompok tersebut secara acak. Stratifikasi atau pembagian ini dapat dilakukan berdasarkan ciri/karakteristik tertentu dari populasi yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pengambilan sampel terstratifikasi dapat dibagi menjadi dua, yaitu proporsional dimana jumlah sampel yang diambil adalah sebanding dengan jumlah anggota populasi dalam setiap kelompok dan non proporsional dimana jumlah sampel yang diambil adalah tidak sebanding dengan jumlah anggota populasi dalam setiap kelompok karena pertimbangan analitis.
4. Pengambilan sampel kelompok (*cluster sampling*), adalah suatu teknik pengambilan sampel dimana sampling unitnya bukan individual melainkan kelompok individual (*cluster*) berdasar ciri/karakteristik tertentu. Selanjutnya dari cluster-cluster yang ada, dipilih satu cluster secara acak., kemudian diambil sampel secara acak dari cluster terpilih ini. Hal ini dimungkinkan karena masing-masing cluster dianggap homogen sehingga tidak diperlukan dilakukan pengambilan sampel pada semua cluster.
5. Pengambilan sampel secara bertahap (*double sampling*), adalah suatu teknik pengambilan sampel yang dilakukan secara bertahap. Tahap pertama dilakukan untuk mendapatkan informasi awal. Tahap selanjutnya dilakukan wawancara ulang dengan tambahan untuk mendapatkan informasi yang lebih detail.

B. Pengambilan sampel secara tidak acak

Pengambilan sampel secara tidak acak (*non probability sampling*) adalah metode sampling yang setiap anggota populasinya tidak memiliki peluang yang sama untuk dipilih sebagai sampel, bahkan probabilitas anggota populasi tertentu untuk terpilih tidak diketahui. Dalam pengambilan sampel secara tidak acak, pemilihan unit sampling didasarkan pada pertimbangan atau penilaian subjektif dan tidak pada penggunaan teori probabilitas. Pengambilan sampel secara tidak acak terdiri dari:

1. *Accidental Sampling (Convenience Sampling)*, adalah suatu teknik pengambilan sampel dimana sampel yang diambil merupakan sampel yang paling mudah diperoleh atau dijumpai. Dalam hal ini, unit sampel sangat mudah diakses, diukur, dan sangat bekerja sama sehingga teknik sampling ini sangat mudah, murah dan cepat dilaksanakan.
2. *Purposive Sampling (Judgmental Sampling)*, adalah suatu teknik pengambilan sampel dimana pemilihan sampel dilakukan dengan pertimbangan subjektif tertentu berdasar beberapa ciri/karakteristik yang dimiliki sampel tersebut, yang dipandang berhubungan erat dengan ciri/karakteristik populasi yang sudah diketahui sebelumnya. Sampel yang purposif adalah sampel yang dipilih dengan cermat sehingga relevan dengan penelitian.
3. *Quota Sampling*, adalah suatu teknik pengambilan sampel dimana sampel diambil dari suatu sub populasi yang mempunyai karakteristik-karakteristik tertentu dalam batasan jumlah atau kuota tertentu yang diinginkan.
4. *Snowball Sampling*, adalah suatu teknik pengambilan sampel yang sangat sesuai digunakan untuk mengetahui populasi dengan ciri-ciri khusus yang sulit dijangkau. Pemilihan pertama dilakukan secara acak, kemudian setiap responden yang ditemui diminta untuk memberikan informasi mengenai rekan-rekan lain yang mempunyai kesamaan karakteristik yang dibutuhkan, sehingga diperoleh responden tambahan.

2.8. Konsep Desain Eksperimen (*Experimental Design*)

2.8.1 Definisi

Desain eksperimen merupakan langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan supaya data yang diperoleh membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas (Sudjana, 1985).

Beberapa istilah yang perlu diketahui dalam desain eksperimen (Sudjana, 1985 ; Montgomery, 1984) sebagai berikut :

a. Unit eksperimen (*experimental unit*)

Objek eksperimen dimana nilai-nilai variabel respon diukur.

b. Perlakuan (*treatment*)

Sekumpulan kondisi eksperimen yang akan digunakan terhadap unit eksperimen dalam ruang lingkup desain yang dipilih. Perlakuan merupakan kombinasi level-level dari seluruh faktor yang ingin diuji dalam eksperimen.

c. Kekeliruan eksperimen

Merupakan kegagalan dari dua unit eksperimen identik yang dikenai perlakuan untuk memberi hasil yang sama.

d. Sampel dan Replikasi

Jumlah sampel dalam penelitian diperlukan untuk memperkecil adanya kemungkinan terjadinya bias yang diakibatkan oleh faktor tak terkendali. Pengulangan eksperimen dasar yang bertujuan untuk menghasilkan taksiran yang lebih akurat terhadap efek rata-rata suatu faktor ataupun terhadap kekeliruan eksperimen.

e. Pengacakan (*randomisasi*)

Merupakan sebuah upaya untuk memenuhi beberapa asumsi yang diambil dalam suatu percobaan. Pengacakan berupaya untuk memenuhi syarat adanya independensi yang sebenarnya hanya memperkecil adanya korelasi antar pengamatan, menghilangkan “bias” , dan memenuhi sifat probabilitas dalam pengukuran.

f. Variabel respon (*effect*)

Disebut juga *dependent variabel*, yaitu keluaran yang ingin diukur dalam eksperimen.

g. Faktor

Disebut juga variabel bebas, variabel masukan atau faktor penyebab yang nilainya akan diubah-ubah dalam eksperimen.

h. *Level* (taraf)

Merupakan nilai-nilai atau klasifikasi-klasifikasi dari sebuah faktor. Taraf (*levels*) faktor dinyatakan dengan bilangan 1, 2, 3 dan seterusnya.

i. *Randomization*

Cara mengacak unit-unit eksperimen untuk dialokasikan pada eksperimen.

Istilah yang berkaitan dengan variabel penelitian terdiri dari 3 variabel, yaitu variabel dependen dan variabel independen, dan variabel konstan (Karana, 2004)

a. Variabel Dependen

Variabel dependen adalah variabel yang menjadi perhatian utama pada suatu penelitian, yaitu keluaran yang ingin diukur dalam eksperimen.

b. Variabel Independen

Variabel independen adalah variabel yang mempengaruhi variabel dependen. Variabel ini selalu ada bersama-sama dengan variabel independen.

c. Variabel Konstan

Variabel yang konstan adalah variabel yang dipertahankan agar tidak mempengaruhi hasil eksperimen ketika eksperimen dilakukan.

2.8.2 Eksperimen Faktorial (*Factorial Experiment*)

Eksperimen faktorial digunakan bilamana jumlah faktor yang akan diuji lebih dari satu. Eksperimen faktorial adalah eksperimen dimana semua (hampir semua) taraf (*level*) sebuah faktor tertentu dikombinasikan dengan semua (hampir semua) taraf (*level*) faktor lainnya yang terdapat dalam eksperimen. (Sudjana, 1985).

Di dalam eksperimen faktorial, bisa terjadi hasilnya dipengaruhi oleh lebih dari satu faktor, atau dikatakan terjadi interaksi antar faktor. Secara umum interaksi didefinisikan sebagai ‘perubahan dalam sebuah faktor mengakibatkan perubahan nilai respon, yang berbeda pada tiap taraf untuk faktor lainnya, maka antara kedua faktor itu terdapat interaksi (Sudjana, 1985).

Skema umum data sampel untuk desain eksperimen dapat dilihat pada Tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2.6. Skema Umum Data Sampel Eksperimen Faktorial menggunakan Dua Faktor dan n Observasi tiap Sel

		Faktor B				Jumlah	Rata-Rata
		1	2	...	b		
Faktor A	1	Y_{111}	Y_{121}	...	Y_{1b1}		
		Y_{112}	Y_{122}	...	Y_{1b2}		
			
		Y_{11n}	Y_{12n}	...	Y_{1bn}		
	Jumlah	J_{110}	J_{120}	...	J_{1b0}	J_{100}	
	Rata-rata	\bar{Y}_{110}	\bar{Y}_{120}		\bar{Y}_{1b0}		\bar{Y}_{100}

	A	Y_{a11}	Y_{a21}	...	Y_{ab1}		
		Y_{a12}	Y_{a22}	...	Y_{ab2}		
...				
Y_{a1n}		Y_{a2n}	...	Y_{abn}			
Jumlah	J_{a10}	J_{a20}	...	J_{ab0}	J_{a00}		
Rata-rata	\bar{Y}_{a10}	\bar{Y}_{a20}		\bar{Y}_{ab0}		\bar{Y}_{a00}	
Jumlah besar	J_{010}	J_{020}	...	J_{0b0}	J_{000}		
Rata-rata Besar	\bar{Y}_{010}	\bar{Y}_{020}		\bar{Y}_{0b0}		\bar{Y}_{000}	

Adapun model anova yang digunakan untuk pengujian data eksperimen yang menggunakan dua faktor adalah :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{k(ij)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b, \text{ dan}$$

$$k = 1, 2, \dots, n \text{ (replikasi)}$$

Y_{ijk} = variabel respon karena pengaruh bersama taraf ke-i faktor A dan taraf ke-j faktor B yang terdapat pada observasi ke-k

μ = efek rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)

A_i = efek sebenarnya dari taraf ke-i faktor A

B_j = efek sebenarnya dari taraf ke-j faktor B

AB_{ij} = efek sebenarnya dari interaksi taraf ke-i faktor A dengan taraf ke-j faktor B

$\epsilon_{k(ij)}$ = efek sebenarnya dari unit eksperimen ke-k dalam kombinasi perlakuan (ij)

Berdasarkan model persamaan (2.2), maka untuk keperluan anova perlu dihitung harga-harga sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= \text{Jumlah kuadrat seluruh pengamatan} \\ &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 \dots\dots\dots (2.3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{i00} &= \text{Jumlah nilai pengamatan yang terdapat dalam taraf ke-i faktor A} \\ &= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \dots\dots\dots (2.4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{0j0} &= \text{Jumlah nilai pengamatan yang terdapat dalam taraf ke-j faktor B} \\ &= \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \dots\dots\dots (2.5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{ij0} &= \text{Jumlah nilai pengamatan yang terdapat dalam level ke-i faktor A dan} \\ &\quad \text{taraf ke-j faktor B} \\ &= \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \dots\dots\dots (2.6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{000} &= \text{Jumlah nilai semua pengamatan} \\ &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \dots\dots\dots (2.7) \end{aligned}$$

$$R_y = \text{Faktor Koreksi} \\ = J_{000}^2 / abn \dots \dots \dots (2.8)$$

$$A_y = \text{jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk semua taraf faktor A} \\ = bn \sum_{i=1}^a (\bar{Y}_{i00} - \bar{Y}_{000})^2 = \sum_{i=1}^a (J_{i00}^2 / bn) - R_y \dots \dots \dots (2.9)$$

$$B_y = \text{jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk semua taraf faktor B} \\ = an \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{j00} - \bar{Y}_{000})^2 = \sum_{j=1}^b (J_{j00}^2 / an) - R_y \dots \dots \dots (2.10)$$

$$J_{ab} = \text{jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antarsel untuk daftar a x b} \\ = n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{ij0} - \bar{Y}_{000})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (J_{ij0}^2 / n) - R_y \dots \dots \dots (2.11)$$

$$AB_y = \text{jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk interaksi antara faktor A dan faktor B} \\ = n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{ij0} - \bar{Y}_{i00} - \bar{Y}_{0j0} + \bar{Y}_{000})^2 = J_{ab} - A_y - B_y \dots \dots \dots (2.12)$$

$$E_y = \text{Error} \\ = \sum Y^2 - R_y - A_y - B_y - AB_y \dots \dots \dots (2.13)$$

Tabel anova untuk eksperimen faktorial yang menggunakan dua faktor (a dan b), dengan nilai-nilai perhitungan dalam bentuk di atas adalah sebagaimana Tabel 2.7. Pada kolom terakhir Tabel 2.7, untuk menghitung harga F yang digunakan sebagai alat pengujian statistik maka perlu diketahui model mana yang diambil. Model yang dimaksud ditentukan oleh sifat tiap faktor, apakah tetap atau acak. Model tetap menunjukkan di dalam eksperimen terdapat hanya *k* buah perlakuan, sedangkan model acak menunjukkan bahwa dilakukan pengambilan *k* buah perlakuan secara acak dari populasi yang ada.

Tabel 2.7 Anova Eksperimen 2 Faktor Desain Acak Sempurna

Sumber variansi	Dk	JK	RJK	F
Rata-rata	1	R_y	R	Bergantung pada sifat faktor
Rata-rata dari Faktor :				
A	$a - 1$	A_y	A	
B	$b - 1$	B_y	B	
AB	$(a-1)(b-1)$	AB_y	AB	
Error	$ab(n - 1)$	E_y	E	
Jumlah	abn	$\sum Y^2$	-	-

Di dalam eksperimen faktorial ada yang disebut sebagai *completely randomized design* (CRD) dan *completely randomized block design* (CRBD). Perbedaan kedua model desain eksperimen faktorial tersebut terletak pada tujuan eksperimen dan sifat unit-unit eksperimen yang digunakan apakah bersifat homogen atau tidak homogen.

Penjelasan terhadap kedua model desain faktorial tersebut akan lebih jelas melalui sebuah contoh berikut. Sebuah perusahaan melakukan eksperimen yang tujuannya adalah menguji keawetan empat merk ban yang sejenis (spesifikasi sama). Merk ban yang diuji adalah A, B, C dan D. Cara mengujinya adalah dengan memasang ke-empat merk tersebut pada empat buah mobil yang berbeda. Kriteria untuk mengukur keawetan ban adalah pengurangan ketebalan ban setelah pemakaian 20000 Km. Dari masing-masing merk diambil 4 unit ban sebagai sampel dalam eksperimen.

Pada contoh kasus di atas, *independent variable* atau faktor yang ingin diuji adalah merk ban (satu faktor), levelnya adalah A, B, C dan D (kualitatif) dan unit eksperimennya adalah mobil dan ban. Oleh karena keempat mobil yang digunakan berbeda, maka seharusnya setiap merk harus dipasang pada sebuah mobil, tujuannya adalah untuk menghindari keraguan hasil eksperimen yang kemungkinan hanya dipengaruhi oleh perbedaan mobil. Dengan demikian, pada kasus ini, melihat efek yang ditimbulkan oleh jenis mobil bukanlah tujuan eksperimen, namun karena mobil adalah bagian dari unit eksperimen, maka hal tersebut tidak dapat dihindari. Pada kasus ini pula terlihat bahwa unit eksperimen

yang digunakan tidaklah homogen. Oleh karena itu, jenis mobil disebut sebagai blok dan model desain seperti ini disebut sebagai *completely randomized block design* (CRBD).

Pada contoh kasus di atas, seandainya keempat merk ban tersebut diuji dengan menggunakan media yang benar-benar sama, misalkan jenis mobilnya sama, jalan yang dilalui sama, kecepatan mobil pada saat berjalan sama dan banyak hal lainnya yang diatur agar seluruh unit-unit eksperimen benar-benar bersifat homogen, maka model desain faktorial tersebut bisa menggunakan *completely randomized design* (CRD).

2.8.3 Pengujian Asumsi-Asumsi Anova

Apabila menggunakan analisis variansi sebagai alat analisa data eksperimen, maka seharusnya sebelum data diolah, terlebih dahulu dilakukan uji asumsi-asumsi anova berupa uji normalitas, homogenitas variansi, dan independensi, terhadap data hasil eksperimen.

A. Uji normalitas

Pengujian normalitas dapat dilakukan dengan cara membuat gambar normal plot probability dan gambar histogram dari data *residual*. Cara ini merupakan cara yang paling sederhana dan mudah. Data dinyatakan normal apabila hasil dari gambar normal plot probability menunjukkan data *residual* membentuk garis lurus atau mendekati lurus. Sedangkan dengan hasil histogram ditunjukkan dengan adanya gambar *residual* yang membentuk lonceng. Uji normalitas dapat dilakukan dengan uji *lilliefors* jika data tiap perlakuannya minimal sebanyak 4 sampel ($n = 4$) (Sudjana, 1985).

Untuk memeriksa apakah populasi berdistribusi normal atau tidak, dapat ditempuh uji normalitas dengan menggunakan metode *lilliefors* (*kolmogorov-smirnov* yang dimodifikasi), atau dengan *normal probability -plot*.

Pemilihan uji *lilliefors* sebagai alat uji normalitas didasarkan oleh :

- a. Uji *lilliefors* adalah uji *kolmogorov-smirnov* yang telah dimodifikasi dan secara khusus berguna untuk melakukan uji normalitas bilamana *mean* dan

variansi tidak diketahui, tetapi merupakan estimasi dari data (sampel). Uji *kolmogorov-smirnov* masih bersifat umum karena berguna untuk membandingkan fungsi distribusi kumulatif data observasi dari sebuah variabel dengan sebuah distribusi teoritis, yang mungkin bersifat normal, seragam, *poisson*, atau *exponential*.

- b. Uji *lilliefors* sangat tepat digunakan untuk data kontinu, jumlahnya kurang dari 50 data, dan data tidak disusun dalam bentuk interval (bentuk frekuensi). Apabila data tidak bersifat seperti di atas maka uji yang tepat untuk digunakan adalah khi-kuadrat. (JC Miller, 1991).
- c. Uji *lilliefors* terdapat di *software* SPSS yang akan membantu mempermudah proses pengujian data sekaligus bisa mengecek hasil perhitungan secara manual (tanpa SPSS).

Langkah-langkah perhitungan uji *lilliefors* (Wijaya, 2000) adalah sebagai berikut :

- a. Urutkan data dari yang terkecil sampai terbesar.
- b. Hitung rata-rata (\bar{x}) dan standar deviasi (s) data tersebut.

$$\bar{x} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)}{n} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}} \dots\dots\dots (2.15)$$

- c. Transformasikan data tersebut menjadi nilai baku (z).

$$z_i = (x_i - \bar{x}) / s \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana x_i = nilai pengamatan ke- i

\bar{x} = rata-rata

s = standar deviasi

- d. Dari nilai baku (z), tentukan nilai probabilitasnya $F(z)$ berdasarkan sebaran normal baku, sebagai probabilitas pengamatan. Gunakan tabel standar luas wilayah di bawah kurva normal, atau dengan bantuan Ms. Excel dengan *function NORMSDIST*.

- e. Tentukan nilai probabilitas harapan kumulatif $P(x)$ dengan rumus sebagai berikut :

$$P(x_i) = i / n \dots\dots\dots (2.17)$$

- f. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(z)$ dan $P(x)$ yaitu $\text{maks } |P(z) - P(x)|$, sebagai nilai L hitung.

- g. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(x_{i-1})$ dan $P(z)$ yaitu $\text{maks } |P(x_{i-1}) - P(z)|$

Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah data observasi dalam beberapa kali replikasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :

H_0 : data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0.05$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L_{\alpha(k-1)}$. Apabila nilai $L_{hitung} < L_{tabel}$, maka terima H_0 dan simpulkan bahwa data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Nilai $L_{\alpha(k-1)}$ dapat dilihat di **Lampiran L-1**.

B. Uji Homogenitas

Pengujian homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah data tiap faktor yang dieksperimenkan bersifat homogen atau tidak. Prosedur pengukuran uji homogenitas dapat dilakukan dengan cara membuat plot data *residual* tiap faktor yang dieksperimenkan. Dari plot data *residual* tersebut dapat dilihat apakah data *residual* antara satu dengan yang lain dalam suatu faktor tiap levelnya memiliki jarak yang jauh atau tidak. Data dinyatakan homogen apabila data *residual* antara satu dengan yang lain dalam suatu faktor tiap levelnya memiliki jarak yang tidak jauh. Selain itu juga dapat dilakukan dengan uji *lavene*, uji ini dilakukan dengan menggunakan analisis ragam terhadap selisih absolut dari setiap nilai pengamatan dalam sampel dengan rata-rata sampel yang bersangkutan.

Uji homogenitas bertujuan menguji apakah variansi error dari tiap level atau perlakuan bernilai sama. Alat uji yang sering dipakai adalah uji *bartlett*. Namun uji *bartlett* dapat dilakukan setelah uji normalitas terlampaui. Untuk menghindari adanya kesulitan dalam urutan proses pengolahan, maka alat uji yang

dipilih adalah uji *levene test*. Uji *levene* dilakukan dengan menggunakan analisis ragam terhadap selisih absolut dari setiap nilai pengamatan dalam sampel dengan rata-rata sampel yang bersangkutan.

Prosedur uji homogenitas *levene* (Wijaya, 2000) sebagai berikut :

- a. Kelompokkan data berdasarkan faktor yang akan diuji.
- b. Hitung selisih absolut nilai pengamatan terhadap rata-ratanya pada tiap level.
- c. Hitung nilai-nilai berikut ini :

$$a. \text{ Faktor Koreksi (FK)} = \left(\sum x_i \right)^2 / n \quad \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana x_i = data hasil pengamatan

$i = 1, 2, \dots, n$ (n banyaknya data)

$$b. \text{ JK-Faktor} = \left(\left(\sum x_i^2 \right) / k \right) - FK \quad \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana k = banyaknya data pada tiap level

$$c. \text{ JK-Total (JKT)} = \left(\sum y_i^2 \right) - FK \quad \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana y_i = selisih absolut data hasil pengamatan dengan rata-ratanya untuk tiap level

$$d. \text{ JK-Error (JKE)} = \text{JKT} - \text{JK(Faktor)} \quad \dots \dots \dots (2.21)$$

Nilai-nilai hasil perhitungan di atas dapat dirangkum dalam sebuah daftar analisis ragam sebagaimana Tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.8 Skema umum daftar analisis ragam uji homogenitas

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F
Faktor	f	JK(Faktor)	JK(Faktor) / db	$\frac{KT(faktor)}{KT(error)}$
Error	n-1-f	JKE	JKE / db	
Total	n-1	JKT		

- d. Hipotesis yang diajukan adalah :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 = \sigma_6^2$$

H_1 : Ragam seluruh level faktor tidak semuanya sama

- e. Taraf nyata yang dipilih adalah $\alpha = 0.05$
- f. Wilayah kritik : $F > F_{\alpha(v_1; v_2)}$

Nilai $F_{\alpha(v_1; v_2)}$ dapat dilihat di **Lampiran L-2**.

C. Uji Independensi

Salah satu upaya mencapai sifat independen adalah dengan melakukan pengacakan terhadap observasi. Namun demikian, jika masalah acak ini diragukan maka dapat dilakukan pengujian dengan cara memplot *residual versus* urutan pengambilan observasinya. Hasil plot tersebut akan memperlihatkan ada tidaknya pola tertentu. Jika ada pola tertentu, berarti ada korelasi antar *residual* atau *error* tidak independen. Apabila hal tersebut terjadi, berarti pengacakan urutan eksperimen tidak benar (eksperimen tidak terurut secara acak). Selain itu, juga bisa dilakukan uji *Durbin-Watson* untuk mengetahui apakah data bersifat acak atau tidak.

Langkah-langkah uji *Durbin-Watson* yaitu :

1. Tentukan nilai residual (e_i).
2. Hitung nilai *Durbin-Watson* dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2} \dots \dots \dots (2.22)$$

3. Analisa apakah data bersifat acak atau tidak dengan menggunakan hipotesis.

Jika hipotesis nol (H_0) adalah data tidak ada serial korelasi positif, maka jika :

- $d < d_L$: menolak H_0
- $d > d_U$: tidak menolak H_0
- $d_L \leq d \leq d_U$: pengujian tidak meyakinkan

Jika hipotesis nol (H_0) adalah data tidak ada serial korelasi negatif, maka jika :

- $d < 4 - d_L$: menolak H_0
- $d > 4 - d_U$: tidak menolak H_0
- $4 - d_L \leq d \leq 4 - d_U$: pengujian tidak meyakinkan

Jika hipotesis nol (H_0) adalah data tidak ada serial autokorelasi, baik positif maupun negatif, maka jika :

$d < d_L$: menolak H_0

$d > 4 - d_L$: menolak H_0

$d_U \leq d \leq 4 - d_U$: tidak menolak H_0

$4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$ atau $d_L \leq d \leq d_U$: pengujian tidak meyakinkan

Nilai d_L dan d_U dapat dilihat di **Lampiran L-3**.

2.8.4 Uji Rata-Rata Sesudah Anova

Uji setelah anova dilakukan apabila ada hipotesis nol (H_0) yang ditolak atau terdapat perbedaan yang berarti antar level faktor atau antar interaksi faktor-faktor. Uji setelah anova bertujuan untuk menjawab manakah dari rata-rata taraf perlakuan yang berbeda.

Alat uji yang biasa digunakan adalah *contras orthogonal*, uji rentang *newman keuls*, uji *dunnett* dan uji *scheffe*. Apabila ingin menggunakan uji *contras orthogonal*, maka pemakaian alat uji ini sudah harus ditentukan sejak awal (sebelum eksperimen dilakukan), termasuk model perbandingan rata-rata perlakuan. Adapun tiga alat uji lainnya dapat digunakan apabila perlu setelah hasil pengolahan data menunjukkan adanya perbedaan yang berarti antar perlakuan.

Uji *student newman keuls* lebih tepat (sesuai) digunakan dibandingkan uji *dunnett* ataupun uji *scheffe*, untuk melihat pada level mana terdapat perbedaan dari suatu faktor yang dinyatakan berpengaruh signifikan oleh uji anova. Pemilihan uji *dunnett* ataupun uji *scheffe* tidak tepat untuk melihat pada level mana terdapat perbedaan terhadap suatu faktor, karena uji *dunnett* hanya digunakan untuk membandingkan suatu kontrol dengan perlakuan lainnya, sedangkan uji *scheffe* lebih ditujukan untuk membandingkan antara dua kelompok perlakuan (bukan level tunggal).

Prosedur uji *student newman keuls* (Hicks, 1993) terhadap suatu level yang pengaruhnya dinyatakan cukup signifikan adalah sebagai berikut :

1. Susun rata-rata tiap level yang diuji dari kecil ke besar
2. Ambil nilai *mean square error* dan df_{error} dari tabel anova

- Hitung nilai error standar untuk mean level dengan rumus sebagai berikut :

$$S_{\bar{y}.j} = \sqrt{\frac{MS_{error}}{k}} \dots\dots\dots (2.23)$$

dimana k = jumlah data

- Tetapkan nilai α dan ambil nilai-nilai *significant ranges* dari Tabel *Studentized range* dengan $n_2 = df_{error}$ dan $p = 2, 3, \dots, k$ sehingga diperoleh *significant ranges* (SR). Nilai SR dapat dilihat di **Lampiran L-4**.
- Kalikan tiap nilai *significant range* (SR) yang diperoleh dengan *error* standar sehingga diperoleh *least significant range* (LSR).

$$LSR = SR \times S_{\bar{y}.j} \dots\dots\dots (2.24)$$

- Hitung beda (selisih) *mean* antar dua level (akan terbentuk ${}^kK_2 = k(k-1)/2$ pasang), dimulai dari *mean* terbesar dengan *mean* terkecil. Bandingkan beda *mean* terbesar dan *mean* terkecil dengan nilai LSR untuk $p=k$. Jika nilai selisih $> LSR$ menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata interaksi tersebut. Bandingkan kembali beda *second largest* dan *next smallest* dengan LSR untuk $p = k-1$, begitu seterusnya sampai diperoleh kK_2 perbandingan.

2.8.5 Perhitungan Persentase Kontribusi

Setelah perhitungan analisis variansi selesai dilakukan maka dilakukan perhitungan persentase kontribusi. Persentase kontribusi merupakan perbandingan antara nilai *pure sum of square* suatu faktor yang dieksperimenkan dengan *total sum of square*-nya. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan persentase kontribusi sebagai berikut:

Perhitungan *pure sum of square* (SS_A')

$$SS_A' = SS_A - vAxVe \dots\dots\dots (2.25)$$

$$PA = \frac{SA'}{SS_t} \times 100\% \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana:

- PA = persentase kontribusi faktor A
- SS_A' = *pure sum of square* faktor A
- SS_A = *sum of square* faktor A

ν_A = derajat bebas faktor A

Ve = mean square error

2.8.6 Uji T Dua Sampel Berpasangan (Paired Sample Test)

Uji t paired berfungsi untuk menguji dua sampel yang berpasangan, apakah memiliki rata-rata yang berbeda ataukah tidak. Sampel berpasangan (paired sample) adalah sebuah sampel dengan subyek yang sama namun mengalami dua perlakuan atau pengukuran yang berbeda. Seperti seorang salesman yang bekerja yang sebelum tanpa mendapat training, dengan sesudah mendapat training, bagaimana efektivitas training tersebut terhadap kemampuan menjualnya, apakah ada peningkatan atau tidak. Di sini sampelnya tetap, salesman yang sama, tetapi mendapat dua perlakuan yang berbeda, yaitu kondisi sebelum dan sesudah training. 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):

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ atau } \mu_D = \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \text{ atau } \mu_D \neq \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$t = \frac{\bar{d} - d_0}{S_d \sqrt{n}} \dots \dots \dots (2.26)$$

$$S_d = \frac{n \sum_{i=1}^n d_i^2 - \left[\sum_{i=1}^n d_i \right]^2}{n(n-1)} \dots \dots \dots (2.27)$$

Daerah kritis : $t < -t_{\alpha/2}$ dan $t > t_{\alpha/2}$, derajat kebebasan = n-1

Keterangan :

μ_1, μ_2 = rata-rata sampel berpasangan yang diamati

d = selisih sampel yang berpasangan

\bar{d} = rata-rata selisih sampel yang berpasangan

S_d = simpangan baku dari selisih pengamatan dalam satuan percobaan

n = jumlah pengamatan

Nilai $t_{\alpha/2}$ (t tabel) dapat dilihat di **Lampiran L-5**.

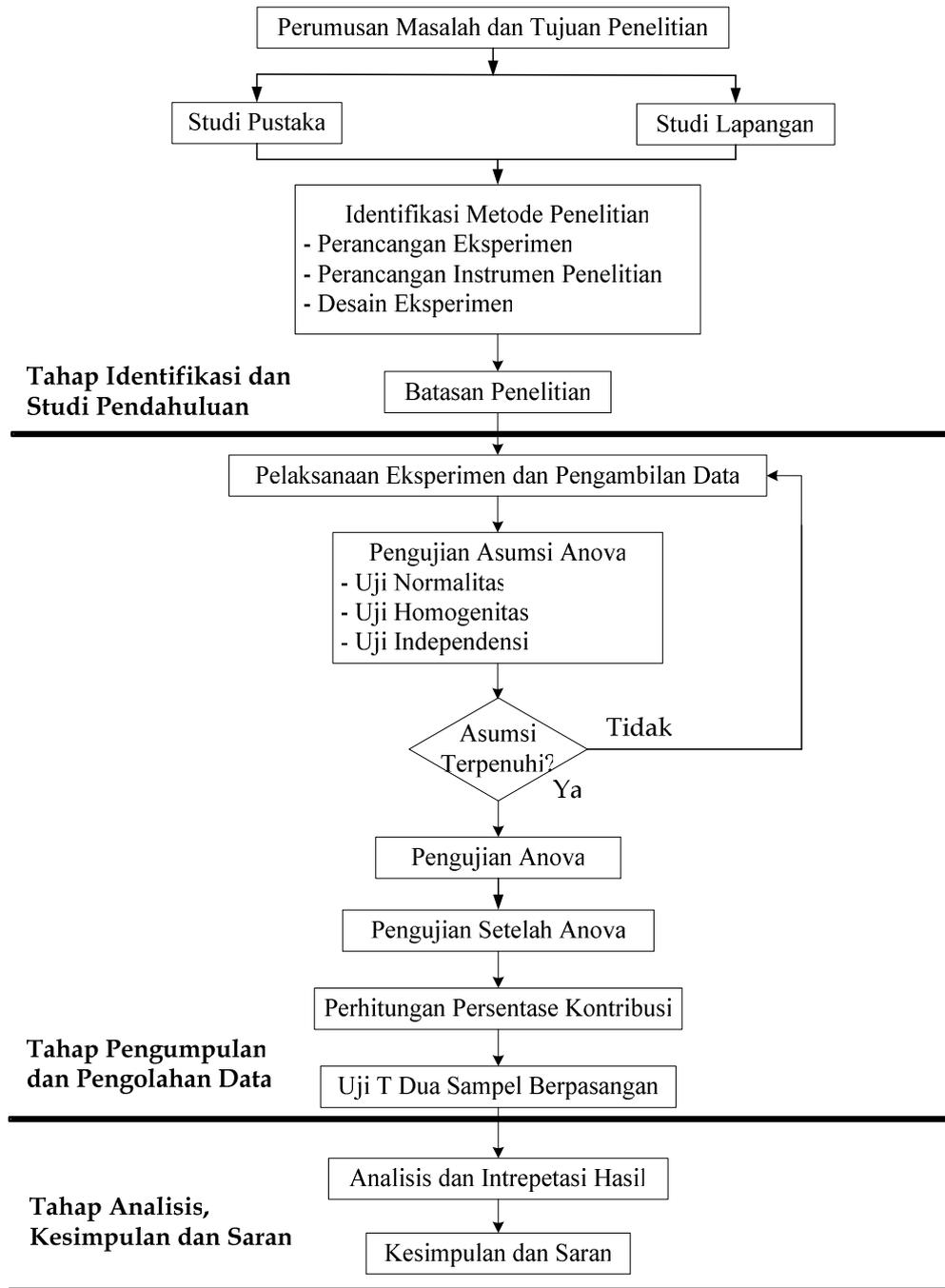
2.9. Penelitian-Penelitian Sebelumnya

- a. Hasil penelitian Jwalitasari K. S. (2006) menunjukkan adanya pengaruh positif pada penggunaan musik latar pada pekerjaan input data.
- b. Hasil penelitian Brury Jatmiko (2005) menunjukkan bahwa faktor temperatur dan kebisingan berpengaruh signifikan pada produktivitas pekerja pengeleman amplop.
- c. Hasil penelitian M. Iqbal Karana (2004) menunjukkan bahwa tempo musik klasik yang lambat dapat meningkatkan ketelitian kerja, kecerdasan dan kenyamanan pekerja.
- d. Hasil penelitian Nayla Adesty (2004) menunjukkan bahwa temperatur, cahaya, dan kebisingan, serta interaksi antara cahaya dengan kebisingan mampu memberikan pengaruh yang berarti terhadap produktivitas operator dalam perakitan jumlah *mouse*.
- e. Hasil penelitian Tjok Rai Partadjaja (2004) diperoleh bahwa perbedaan tingkat kebisingan dan penerangan diikuti oleh perbedaan disiplin dalam belajar siswa. Makin tinggi tingkat kebisingannya makin rendah tingkat kedisiplinan siswa.
- f. Hasil penelitian Aulia Ishak (2004) diperoleh hasil bahwa lingkungan kerja fisik (temperatur, kebisingan, dan pencahayaan) merupakan bagian yang harus diperhatikan dalam sistem kerja produktif, karena secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi kinerja sistem, khususnya bagi manusia yang bekerja dalam sistem tersebut.
- g. Hasil penelitian Dedik S. Santoso (2002), penggunaan musik memiliki pengaruh yang positif secara fisiologis, yaitu dalam hal menurunkan detak jantung. Jenis musik yang berbeda memberikan tingkat pengaruh yang berbeda pula. Pengaruh yang terbesar diberikan oleh musik favorit.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.2 Penjelasan Metodologi Penelitian

3.2.1. Tahap Identifikasi dan Studi Pendahuluan

Tahap pertama pelaksanaan studi diawali dengan kegiatan identifikasi dan studi pendahuluan. Tahapan ini berisi kerangka dasar pemikiran pelaksanaan penelitian.

Pada tahap awal ini diketahui bahwa penggunaan komputer saat ini sudah umum dan wajar. Komputer sebagai alat bantu memudahkan manusia dalam melakukan pekerjaan tertentu, seperti perhitungan statistik. Kerja manusia dapat menyebabkan kelelahan. Cara mengatasi kelelahan dapat dilakukan dengan cara pengendalian lingkungan kerja. Lingkungan kerja yang dimaksud adalah suara dan pencahayaan. Lingkungan kerja yang bising dan kurang terang dapat berpengaruh pada produktivitas dan kenyamanan pekerja.

Adapun proses identifikasi akan dijelaskan pada pembahasan tentang perumusan masalah dan tujuan penelitian, studi pustaka, identifikasi metode penelitian, perancangan eksperimen, perancangan instrumen penelitian, dan batasan penelitian. Tahapan dalam proses identifikasi tersebut, akan dijelaskan pada pembahasan di bawah ini.

A. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

1) Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan, kemudian disusun sebuah rumusan masalah. Perumusan masalah dilakukan dengan menetapkan sasaran-sasaran yang akan dibahas untuk kemudian dicari solusi pemecahan masalahnya. Perumusan masalah juga dilakukan agar dapat berfokus dalam membahas permasalahan yang dihadapi. Masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini berdasar pada studi pustaka dan studi lapangan yang telah dilakukan, yaitu : apakah suara dan pencahayaan berpengaruh terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer. Selanjutnya menentukan besar pengaruh suara dan pencahayaan terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer.

2) Menentukan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dijadikan acuan dalam pembahasan sehingga hasil dari pembahasan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Tujuan yang ingin dicapai dengan penelitian ini adalah mengetahui apakah suara dan pencahayaan berpengaruh terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer, dan menganalisa pengaruh suara dan pencahayaan terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer.

B. Studi Pustaka dan Studi Pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan pendalaman materi mengenai obyek penelitian dan penyelesaian masalah yang dirumuskan. Materi yang dipelajari, yaitu tentang ergonomi lingkungan kerja, produktivitas kerja, dan jantung manusia. Untuk mendukung pelaksanaan penelitian agar tercapai tujuan penelitian, dilakukan juga studi pustaka mengenai konsep-konsep desain eksperimen. Selain itu, juga dilakukan telaah literatur dan jurnal yang mendukung penelitian serta hasil-hasil penelitian sebelumnya. Pembahasan secara luas telah diterangkan dalam Bab II Tinjauan Pustaka.

Studi Pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan kerja (suara dan pencahayaan) di beberapa kantor, yaitu kantor pos, kantor telkom, bank BNI, Rs. Moewardi, dan perpustakaan UNS. Hasil studi pendahuluan ini digunakan untuk menentukan level dalam faktor yang akan digunakan dalam percobaan.

C. Identifikasi Metode Penelitian

Tahapan ini bertujuan untuk memilih metode yang relevan dalam mencapai tujuan penelitian sesuai dengan obyek yang diteliti. Identifikasi metode penelitian memberikan arahan terhadap bentuk eksperimen yang akan dilakukan. Dalam penelitian ini terdapat tujuan untuk melihat pengaruh suara dan pencahayaan terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer.

Bentuk eksperimen yang akan dilakukan akan dijelaskan secara mendetail dalam bentuk tahapan-tahapan penelitian. Unit eksperimen yang diamati adalah karyawan kantor yang melakukan input data ke dalam komputer sedangkan *universe*-nya adalah pengguna komputer. Masalah yang akan diuji dalam penelitian ini adalah apakah ada perbedaan produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer pada perlakuan yang diberikan. Dalam perlakuan diduga dipengaruhi oleh suara dan pencahayaan. Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil eksperimen diabaikan.

Kondisi tersebut yang dijadikan pertimbangan untuk memutuskan penggunaan metode eksperimen faktorial. Oleh karena itu, pengolahan data menggunakan desain faktorial dengan dua faktor, yaitu: suara dan pencahayaan.

Analisis menggunakan analisis variansi (Anova) sebagai bentuk metode yang relevan dalam mencapai tujuan penelitian. Eksperimen faktorial jenis desain eksperimen *completely randomized design factorial* (CRD) dengan dua faktor digunakan dalam penelitian ini karena faktor-faktor yang diteliti lebih dari satu. Selain itu semua kombinasi level-level dari semua faktor yang ada dilakukan di dalam eksperimen nantinya.

1). Perancangan Eksperimen

• Penentuan *Problem Statement*

Pembuatan *problem statement* ini dilakukan supaya eksperimen yang dilakukan lebih terarah. *Problem Statement* yang dibuat yaitu apakah faktor-faktor berupa suara dan pencahayaan berpengaruh signifikan terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer.

• Penentuan Variabel Respon

Variabel respon yaitu output yang ingin diukur dalam eksperimen. Beberapa hal yang berkaitan dengan variabel respon akan dijelaskan oleh pembahasan berikut ini.

- a. Variabel respon yang diukur adalah produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer.
 - Ukuran produktivitas dalam penelitian ini adalah jumlah data benar. Ukuran produktivitas dapat ditunjukkan dengan banyaknya pekerjaan yang dapat diselesaikan atau ditunjukkan dengan kecepatan dalam penyelesaian suatu pekerjaan.
 - Ukuran kenyamanan adalah denyut jantung per menit. Rasa nyaman bersifat subyektif pada masing-masing pekerja, dan hal ini dapat diketahui dengan menanyakan secara rinci pada masing-masing pekerja, misal dengan kuisioner. Menurut Anne Savan, untuk mengetahui besar kenyamanan dapat diukur dari besar denyut jantung pekerja.

- b. Sifat variabel respon adalah data kuantitatif.
- c. Alat ukur untuk produktivitas adalah data *printout* yang diminta untuk dimasukkan ke dalam komputer. Alat ukur untuk kenyamanan adalah pengukur denyut jantung digital.
- d. Prosedur pengukuran yaitu responden mengerjakan rangkaian tes setelah selesai kemudian diukur denyut jantungnya.

- **Penentuan Unit Eksperimen**

Unit eksperimen adalah obyek dari mana nilai-nilai variabel respon diukur. Dalam penelitian ini unit eksperimennya adalah karyawan kantor sebanyak 10 orang responden. Responden dipilih dengan metode *purposive sampling* dengan persyaratan, yaitu:

- Dalam keadaan sehat.
 Dalam penelitian ini, responden yang akan melakukan penelitian tidak berada dalam keadaan sakit, baik fisik maupun mental karena hal tersebut akan sangat mempengaruhi performansinya. Secara fisik, yang terpenting dalam penelitian ini adalah responden tidak sedang sakit.
- Usia antara 20-30 tahun.
 Pertimbangan usia adalah karena pada usia 20-30 tahun, orang dapat dikatakan telah mencapai tingkat kematangan dalam emosi dan pertumbuhan badan sudah berhenti (dewasa).
- Interaksi dengan komputer minimal 3 hari sekali.
 Responden yang dipilih sebisa mungkin yang sering menggunakan komputer. Dengan membatasi interaksi dengan komputer minimal 3 hari sekali maka diharapkan responden yang dipilih benar-benar biasa bekerja dengan komputer.
- Lama bekerja dengan komputer minimal 1 jam.
 Responden yang dipilih sebisa mungkin yang bisa dan biasa menggunakan komputer. Dengan membatasi lama bekerja dengan komputer minimal 1 jam maka diharapkan responden yang dipilih benar-benar bisa menggunakan komputer sehingga dapat melaksanakan percobaan dengan baik.

Pemilihan responden (subyek penelitian) dilakukan untuk mengurangi variabilitas hasil percobaan.

- **Penentuan Faktor-Faktor yang Diamati dan Sifat Faktor**

Ada 2 faktor yang diuji dalam eksperimen ini dengan masing-masing memiliki jumlah level yang berbeda-beda. Faktor yang diamati dalam penelitian ini adalah faktor suara dan faktor pencahayaan. Faktor suara terdiri dari 6 level, yaitu suara tenang (45-55 dB), suara bising (70-75 dB), suara musik *loudspeaker* (65-70 dB), suara musik *headphone*, suara bising (65-70 dB) dikombinasikan dengan suara musik *loudspeaker* (60-65 dB), suara bising (65-70 dB) dikombinasikan dengan suara musik *headphone*. Faktor ini merupakan *fixed factor* dan bersifat kualitatif. Faktor pencahayaan terdiri dari dua level yaitu 300-350 lux dan 150-200 lux. Faktor ini merupakan *fixed factor* dan bersifat kuantitatif.

Faktor yang diamati dikatakan bersifat *fixed* karena level dalam faktor ini telah ditentukan sebelumnya. Faktor yang diamati dikatakan bersifat kualitatif karena tidak bisa dinyatakan dalam satuan jumlah (angka). Faktor yang diamati dikatakan bersifat kuantitatif karena bisa dinyatakan dalam satuan jumlah (angka). Tabel 3.1 adalah keterangan tentang faktor-faktor dan level yang terlibat dalam eksperimen.

Tabel 3.1 Faktor-faktor dan level yang terlibat dalam eksperimen

Faktor	Simbol	Level	Simbol Level
Suara	A	Suara tenang (45-55 dB)	A1
		suara bising (70-75 dB)	A2
		suara musik <i>loudspeaker</i> (65-70 dB)	A3
		suara musik <i>headphone</i>	A4

		suara bising (65-70 dB) dikombinasikan suara musik <i>loudspeaker</i> (60-65 dB)	A5
		suara bising (65-70 dB) dikombinasikan suara musik <i>headphone</i>	A6
Pencahayaan	B	300-350 lux 150-200 lux	B1 B2

Penentuan level suara dan pencahayaan dilakukan beberapa pertimbangan. Pertimbangan yang digunakan berasal dari pengukuran kondisi lingkungan kerja di beberapa kantor kemudian dibandingkan dengan kondisi lingkungan kerja yang dianjurkan (ideal) dari referensi yang ada. Hasil studi lapangan yaitu pengukuran kondisi lingkungan kantor dapat dilihat di **Lampiran L-6**. Dalam buku *Offices Ergonomics* karangan Karl H. E. Kroemer dan Anne D. Kroemer diketahui bahwa pencahayaan yang optimal untuk pekerjaan dengan menggunakan komputer adalah antara 200 – 500 lux. Sedangkan kisaran level suara sebaiknya adalah antara 50 – 75 dB, paling baik mendekati 65 dB.

a. Penentuan Level Pencahayaan.

Pencahayaan ruangan dapat berasal dari lampu yang dipasang dalam ruangan maupun sinar matahari yang masuk dalam ruangan.

Level pencahayaan terdiri dari dua, yaitu :

1. pencahayaan 300-350 lux, dimana pencahayaan ini berada dalam *range* 200 - 500 lux. Pencahayaan ini optimal untuk pekerjaan dengan menggunakan komputer. Level pencahayaan ini diperoleh dengan menghidupkan lampu TL (*fluorescence*) merk Philips 40 watt, dengan arah pencahayaan lampu dari atas (langit-langit) dan warna lampu putih susu.
2. pencahayaan 150-200 lux, dimana pencahayaan ini adalah pencahayaan ruangan terukur di tempat penelitian. Pencahayaan ini hanya dengan menggunakan sinar matahari.

Pencahayaan diukur dengan lux (lm/m^2) yang mana menunjukkan *illuminance* (cahaya yang dipantulkan dari obyek ke mata), dan diukur dengan menggunakan alat ukur lightmeter/luxmeter.

b. Penentuan Level Suara

Level suara yang digunakan adalah tidak ada suara musik/suara bising (dimana ruangan sepi/tenang) dan ada suara (suara bising atau suara musik atau kombinasi suara bising dan musik). Manusia mengukur bunyi (kekerasan/intensitas suara) dengan menggunakan skala desibel (dB), yaitu besarnya arus energi per satuan luas. Kekerasan (intensitas) suara berkaitan dengan amplitudo gelombang suara. Nada berkaitan dengan frekuensi (jumlah gelombang per satuan waktu). Gelombang suara yang memiliki pola berulang, walaupun masing-masing gelombang bersifat kompleks, didengar sebagai suara musik. Sedangkan getaran aperiodik yang tidak berulang menyebabkan sensasi bising. Suara musik yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis musik pop. Hal ini dikarenakan jenis musik ini yang paling diminati oleh responden. Suara bising diperoleh dengan melakukan rekaman suara bising di kantor pos, dan dilakukan juga perekaman untuk suara percakapan, suara mesin ketik, suara *printer*, dan suara dering telepon.

Level suara terdiri dari 6 level, yaitu :

1. Suara tenang, dimana ruangan sepi. Berkisar antara 45 - 55 dB.
Pada level suara ini, ruangan dikondisikan sepi dan setenang mungkin.
2. Suara bising. Berkisar antara 70 - 75 dB
Level suara ini diperoleh dengan memutar kaset kebisingan kantor yang direkam dari suara percakapan, suara dering telepon, suara mesin ketik, dan suara *printer*. Pemilihan *range* suara bising berkisar antara 70-75 dB berdasarkan pada kebisingan suara yang biasa ada di kantor (sumber buku *office ergonomics*).
3. Suara musik *loudspeaker*. Berkisar antara 65-70 dB.
Level suara ini diatur seperti mendengar radio pada umumnya. Selain itu, penelitian tentang penggunaan musik sebelumnya (Jwalita K.R, 2006) memutar musik pada kisaran ± 70 dB.
4. Suara musik *headphone*, dimana besar suara diatur sesuai keinginan pengguna.
Pada level suara ini, responden dapat memilih besar suara musik yang ingin didengarkan.

5. Suara bising dikombinasikan dengan suara musik *loudspeaker*. Berkisar antara 70 - 75 dB.

Pada level suara ini, suara bising diatur pada level 65-70 dB dan suara musik pada level 60-65 dB. Dari perpaduan ini didapat kisaran suara antara 70-75 dB.

6. Suara bising dikombinasikan dengan suara musik *headphone*

Sepintas level suara ini tidak begitu berbeda dengan level suara 4 (suara musik *headphone*). Oleh karena itu, dalam penelitian ini dikaji lebih jauh apakah ada beda antara level suara 4 dan level suara 6 ini. Dalam level suara 4, responden memilih besar volume suara sesuai keinginan tanpa adanya gangguan kebisingan dari luar. Sedangkan dalam level suara 6, responden yang mendengarkan musik lewat *headphone* mendapat gangguan suara bising yang diatur dalam kisaran 65-70 dB. Walaupun penggunaan *headphone* dapat mengurangi kebisingan namun adanya suara bising masih tetap terdengar sehingga bila suara bising ingin tidak terdengar maka responden harus mendengar suara musik melalui *headphone* dengan lebih keras.

2). Desain Eksperimen

• Penentuan Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian terdiri dari 3 variabel, yaitu variabel dependen, variabel independen, dan variabel konstan (Karana, 2004).

d. Variabel Dependen

Variabel dependen adalah variabel yang menjadi perhatian utama pada suatu penelitian. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah:

- 1) Produktivitas (Jumlah Data Benar), yaitu jumlah data yang dapat dimasukkan dengan benar dalam tugas yang diberikan. Variabel ini menunjukkan produktivitas.
- 2) Kenyamanan (Denyut Jantung), yaitu pengukuran besar denyut jantung setelah melakukan eksperimen. Variabel ini menunjukkan kenyamanan.

e. Variabel Independen

Variabel independen adalah variabel yang mempengaruhi variabel dependen. Variabel ini selalu ada bersama-sama dengan variabel independen. Variabel independen dalam penelitian ini adalah:

- 1) Pencahayaan, yaitu 300-350 lux dan 150-200 lux
- 2) Suara, yaitu suara tenang (45-55 dB), suara bising (70-75 dB), suara musik *loudspeaker* (65-70 dB), suara musik *headphone*, suara bising (65-70 dB) dikombinasikan dengan suara musik *loudspeaker* (60-65 dB), dan suara bising (65-70 dB) dikombinasikan dengan suara musik *headphone*.

f. Variabel Konstan

Variabel yang konstan adalah variabel yang dipertahankan agar tidak mempengaruhi hasil eksperimen ketika eksperimen dilakukan. Variabel yang dijaga konstan dalam penelitian ini berkaitan dengan kondisi lingkungan fisik kerja yang meliputi: suhu dan kelembaban.

▪ **Penentuan Jenis Desain Eksperimen**

Jenis desain eksperimen yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah desain faktorial dua faktor. Bentuk tabel pengambilan data untuk jenis desain eksperimen *completely randomized design factorial* (CRD) dengan dua faktor adalah seperti ditunjukkan Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rancangan Eksperimen Faktorial

	Faktor Suara (A)
--	-------------------------

Faktor Pencahayaan (B)	suara tenang [A1]	suara bisings [A2]	suara musik <i>loudspeaker</i> [A3]	suara musik <i>headphone</i> [A4]	suara bisings + suara musik <i>loudspeaker</i> [A5]	suara bisings + suara musik <i>headphone</i> [A6]
300-350 lux [B1]						
150-200 lux [B2]						

Pertimbangan yang diambil dalam pemilihan model *completely randomized design factorial* (CRD) dengan dua faktor adalah :

- a. Model tersebut dengan analisis variansinya dapat digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh faktor-faktor (lebih dari satu) terhadap produktivitas dan kenyamanan, termasuk pengaruh interaksi antar faktor-faktor tersebut.
- b. Unit-unit eksperimen yang ada yakni karyawan kantor pengguna komputer diasumsikan homogen. Asumsi ini didasarkan bahwa responden yang dipilih adalah karyawan kantor yang mana telah terbiasa menggunakan komputer.
- c. Penggunaan desain faktorial memberikan efisiensi pada sisi biaya dan waktu ketika proses eksperimen dilakukan.

▪ **Penentuan Jumlah Sampel dan Replikasi**

Dalam penelitian ini jumlah sampel yang diambil adalah sebanyak 10 sampel responden untuk setiap perlakuan. Setiap kali perlakuan dilakukan replikasi 3 kali. Jumlah sampel dan replikasi (30 data) dianggap cukup mewakili informasi mengenai faktor-faktor yang diteliti.

▪ **Penentuan Urutan Eksperimen**

Secara teoritis, urutan eksperimen harus dilakukan secara acak namun eksperimen secara acak murni sulit untuk dilaksanakan. Untuk itu, urutan eksperimen diacak dengan berpola pada urutan perlakuan suara sebagaimana ditunjukkan dalam tabel yang dapat dilihat dalam **Lampiran L-7**. Dengan cara ini dapat mengurangi kendala teknis, juga memberikan efisiensi waktu.

▪ **Penentuan Model Anova**

Adapun model anava yang digunakan untuk pengujian data eksperimen yang menggunakan dua faktor adalah :

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

Dimana :

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, n \text{ (sampel x replikasi)}$$

Y_{ijk} = variabel respon hasil observasi ke- k yang terjadi karena pengaruh bersama level ke-i faktor A dan level ke-j faktor B

μ = efek rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)

A_i = efek sebenarnya dari level ke-i faktor A

B_j = efek sebenarnya dari level ke-j faktor B

AB_{ij} = efek sebenarnya dari interaksi level ke-i faktor A dengan level ke-j faktor B

$\varepsilon_{k(ij)}$ = efek sebenarnya dari unit eksperimen ke- k dalam kombinasi perlakuan (ij)

▪ **Penentuan Hipotesis Eksperimen**

Hipotesis umum yang diajukan dalam eksperimen ini adalah ada faktor yang mempengaruhi produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer, yang mungkin faktor tersebut berdiri sendiri ataupun faktor tersebut berinteraksi dengan faktor-faktor lainnya. Hipotesis umum ini disebut sebagai hipotesis satu (H_1).

Adapun hipotesis nol yang secara spesifik diberikan terhadap masing-masing faktor dan interaksi antar faktor yang diteliti dalam penelitian adalah:

1. Untuk variabel respon jumlah data benar (produktivitas)

H_{01} : Pengaruh suara tidak signifikan terhadap produktivitas.

H_{02} : Pengaruh pencahayaan tidak signifikan terhadap produktivitas.

H_{03} : Pengaruh interaksi suara dan pencahayaan tidak signifikan terhadap produktivitas

2. Untuk variabel respon denyut jantung (kenyamanan)

H_{01} : Pengaruh suara tidak signifikan terhadap kenyamanan.

H_{02} : Pengaruh pencahayaan tidak signifikan terhadap kenyamanan.

H_{03} : Pengaruh interaksi suara dan pencahayaan tidak signifikan terhadap kenyamanan.

3). Perancangan Instrumen Penelitian

Alat yang digunakan untuk memperoleh data untuk pengukuran produktivitas adalah data *print out* yang terdiri dari dua data, yaitu berupa angka dan tulisan. Responden diminta untuk memasukkan data tersebut ke dalam komputer dengan menggunakan *microsoft excel*. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan pekerjaan input data adalah pekerjaan yang umum dilakukan oleh pengguna komputer. Sedangkan untuk mengukur kenyamanan adalah dengan melakukan pengukuran denyut jantung menggunakan metode pulsemeter.

D. Penentuan Batasan Penelitian

Batasan penelitian digunakan untuk membatasi penelitian agar tidak terlalu luas dan menentukan secara spesifik area penelitian. Batasan masalah secara rinci telah dijelaskan pada Bab I Pendahuluan.

3.2.2. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap ini bertujuan untuk melaksanakan eksperimen pengukuran produktivitas dan kenyamanan yang telah dijelaskan dalam sub-bab desain eksperimen sebelumnya. Setelah tahap pengumpulan data ini selesai dilanjutkan dengan tahap pengolahan data.

1. Pengumpulan Data

Perlengkapan eksperimen yang digunakan adalah: lembar kuisioner, komputer dan perlengkapannya, *software winamp* yang mendukung dalam memainkan musik mp3, kaset kebisingan, *tape recorder*, *loudspeaker*, *headphone*, termometer untuk mengukur suhu ruangan, *soundlevel* meter untuk mengukur intensitas suara, *lightmeter* untuk mengukur intensitas cahaya, dan *pulsemeter* untuk mengukur frekuensi denyut jantung.

Prosedur Pelaksanaan Eksperimen adalah sebagai berikut :

1) Pengkondisian

Sebelum pelaksanaan eksperimen yang sebenarnya, responden diminta untuk melakukan latihan untuk pengkondisian. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan pengaruh efek belajar pada hasil eksperimen.

2) Pelaksanaan Eksperimen

Responden melakukan eksperimen selama 5 menit untuk satu kali percobaan. Setiap kali selesai memasukkan data kemudian dilakukan pengukuran denyut jantung.

2. Pengolahan Data

Proses pengolahan data dimulai dengan melakukan pengujian asumsi terhadap data jumlah data benar dan denyut jantung akhir yang diperoleh. Setelah pengujian asumsi anova kemudian dilakukan pengujian anova, penentuan besar kontribusi faktor, dan pengujian setelah anova. Uji asumsi anova yang dilakukan adalah uji kenormalan, uji homogenitas, dan uji independensi. Setelah uji asumsi

anova terpenuhi kemudian dilakukan uji analisis variansi (anova) dan perhitungan besar kontribusi tiap faktor. Hasil uji anova akan dilanjutkan dengan uji setelah anova jika terdapat faktor yang pengaruhnya signifikan terhadap produktivitas dan kenyamanan, yaitu dengan uji SNK dan dengan grafik perbandingan. Tahapan-tahapan dalam pengolahan data di atas akan diperjelas oleh pembahasan di bawah ini.

A. Pengujian asumsi anova

Uji asumsi anova yang dilakukan adalah uji kenormalan, uji homogenitas, dan uji independensi. Jika uji ini tidak terlewati atau dalam hal ini seluruh hasil pengujian terhadap asumsi-asumsi anova tidak terpenuhi maka akan ditinjau kembali metode eksperimen dan selanjutnya akan dilakukan proses pengambilan data kembali.

1) Uji kenormalan

Uji normalitas dilakukan terhadap residual data. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah data observasi pada pengambilan data berdistribusi secara normal. Prosedur pengujian ini dengan menggunakan normalitas *plot probability*, Histogram, dan uji Liliefors.

2) Uji homogenitas

Pengujian homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah data tiap faktor yang dieksperimenkan bersifat homogen atau tidak. Prosedur pengukuran uji homogenitas dapat dilakukan dengan cara membuat plot data residual tiap faktor yang dieksperimenkan. Selain itu, juga dapat dilakukan dengan uji *lavene test*.

3) Uji independensi

Metode yang biasa digunakan adalah dengan metode durbin-watson dan dengan plot residual data terhadap urutan eksperimen (urutan pengambilan data). Cara ini merupakan cara yang termudah dan banyak dipakai untuk melihat adanya independensi dalam proses pengambilan data eksperimen.

B. Pengujian anova

Uji anova digunakan untuk mengolah data hasil eksperimen faktorial. Prosedur pengolahan mengacu pada prosedur yang telah dijelaskan pada tinjauan pustaka.

C. Uji setelah anova

Uji setelah anova akan dilakukan jika terdapat faktor yang pengaruhnya signifikan terhadap jumlah data benar dan denyut jantung akhir. Uji setelah anova berupa uji *sudent newman keuls* (uji SNK) akan digunakan untuk melihat pada level mana dari jenis suara yang memberikan perbedaan, jika saja hasil anova menunjukkan bahwa jenis suara berpengaruh signifikan terhadap produktivitas dan kenyamanan.

D. Perhitungan Persentase Kontribusi

Tujuan perhitungan ini untuk memastikan apakah faktor yang berpengaruh signifikan telah masuk dalam model. Selain itu persentase kontribusi digunakan untuk melihat seberapa besar faktor tersebut memberikan kontribusi pada variabel respon.

E. Uji T Dua Sampel Berpasangan

Uji *t* paired berfungsi untuk menguji dua sampel yang berpasangan, apakah memiliki rata-rata yang berbeda ataukah tidak. Sampel berpasangan (*paired sample*) adalah sebuah sampel dengan subyek yang sama namun mengalami dua perlakuan atau pengukuran yang berbeda.

3.2.3. Tahap Analisis Data, Kesimpulan, dan Saran

A. Analisis Data

Analisis yang dilakukan mencakup semua hal yang dilalui dalam tahapan eksperimen yang telah dilakukan, baik mengenai responden, metode, maupun data-data eksperimen. Data-data yang sudah diolah secara statistik dan diinterpretasikan kemudian dianalisis dengan membandingkan hasil pengujian terhadap teori-teori yang ada.

B. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berisi uraian target pencapaian tujuan penelitian dan kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan bab-bab sebelumnya. Kesimpulan merupakan hasil interpretasi dari analisis. Saran adalah hal-hal yang masih perlu diperbaiki dalam penelitian dengan topik serupa dan untuk kelanjutan penelitian agar hasilnya bisa lebih baik lagi.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini membahas mengenai proses pengambilan data dan proses pengolahan data sesuai dengan metodologi penelitian yang telah ditentukan pada bab sebelumnya. Pada awal bab ini akan dibahas proses pengambilan data dengan pelaksanaan eksperimen kemudian dilanjutkan dengan pembahasan mengenai proses pengolahan data. Pengolahan data dibagi menjadi dua bagian. Bagian yang pertama membahas mengenai data produktivitas (jumlah data benar) dan bagian kedua membahas data kenyamanan (denyut jantung).

Pengolahan data diawali dengan proses pengujian asumsi-asumsi yang harus dipenuhi sebelum melakukan pengujian analisis variansi (Anova). Pada tahap selanjutnya setelah diperoleh hasil bahwa asumsi-asumsi anova terpenuhi, kemudian dilakukan pengujian analisis variansi untuk mengetahui apakah faktor-faktor yang diteliti berpengaruh signifikan. Setelah melakukan uji anova, jika hasil uji anova menunjukkan bahwa terdapat faktor suara berpengaruh signifikan maka dilakukan uji *Student Newman-Keuls* (SNK). Perhitungan persentase kontribusi digunakan untuk mengetahui besar pengaruh faktor suara dan pencahayaan pada produktivitas dan kenyamanan. Untuk data kenyamanan (denyut jantung) dilakukan Uji T Dua Sampel Berpasangan antara data denyut jantung awal dan denyut jantung akhir.

4.1 Persiapan Eksperimen

Eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini merupakan eksperimen murni. Hal ini dikarenakan faktor yang akan diteliti ditentukan terlebih dahulu dan diatur

untuk kemudian diukur efek dari faktor tersebut. Pada tahap persiapan, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan karakteristik eksperimen seperti yang telah dijelaskan pada bab III. Adapun ringkasan karakteristik eksperimen ditampilkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Eksperimen

Karakteristik	Keterangan
Unit eksperimen	Karyawan kantor
Faktor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suara (A) ▪ Pencahayaan (B)
Level	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A1 (suara tenang [45-55 dB]) ▪ A2 (suara bising [70-75 dB]) ▪ A3 (suara musik <i>loudspeaker</i> [65-70 dB]) ▪ A4 (suara musik <i>headphone</i>) ▪ A5 (suara bising [65-70 dB] dikombinasikan suara musik <i>loudspeaker</i> [60-65 dB]) ▪ A6 (suara bising [65-70 dB] dikombinasikan suara musik <i>headphone</i>) ▪ B1 (300-350 lux) ▪ B2 (150-200 lux)
Variabel Respon	Produktivitas (Jumlah Data Benar) Kenyamanan (Denyut Jantung per Menit)
Alat Ukur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Data <i>printout</i> yang akan diinput dalam komputer ▪ <i>Blood Pressure Meter (Tensimeter)</i> untuk mengukur denyut jantung
Randomisasi	Randomisasi suara
Perlakuan	<ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 50%;">▪ A1B1 <li style="width: 50%;">▪ A4B1 <li style="width: 50%;">▪ A1B2 <li style="width: 50%;">▪ A4B2 <li style="width: 50%;">▪ A2B1 <li style="width: 50%;">▪ A5B1 <li style="width: 50%;">▪ A2B2 <li style="width: 50%;">▪ A5B2 <li style="width: 50%;">▪ A3B1 <li style="width: 50%;">▪ A6B1 <li style="width: 50%;">▪ A3B2 <li style="width: 50%;">▪ A6B2

Responden	10 orang
Replikasi	3 kali tiap perlakuan
Jumlah Data	= $10 \times 3 = 30$ data tiap perlakuan
Metode eksperimen	Eksperimen faktorial

4.1.1 Prosedur Pengukuran

Prosedur pengukuran merupakan langkah-langkah sistematis yang dilakukan selama penelitian. Prosedur penelitian meliputi peralatan yang digunakan dan pelaksanaan penelitian. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran suara, pencahayaan, produktivitas, dan denyut jantung pengguna komputer.

1. Pengukuran Suara

Suara diukur dengan menggunakan *sound level* meter. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pada titik pengukuran yang berbeda. Bila besar suara terukur berada pada *range* suara yang digunakan dalam penelitian maka penelitian siap untuk dilakukan. Nilai yang tertera pada monitor merupakan besarnya suara pada titik tersebut.

2. Pengukuran Pencahayaan

Pengukuran pencahayaan lingkungan kerja pada penelitian ini menggunakan lightmeter digital dengan merk LUTRON. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pada titik terdekat dengan posisi responden. Bila pencahayaan terukur berada pada *range* pencahayaan yang digunakan penelitian maka penelitian siap untuk dilakukan.

3. Pengukuran Produktivitas

Pengukuran produktivitas pengguna komputer pada penelitian ini menggunakan data *printout* yang diminta untuk dimasukkan ke dalam komputer. Data yang digunakan berupa data angka dan data tulisan. Produktivitas yang diukur berupa jumlah data benar yang berhasil dimasukkan ke dalam komputer.

4. Pengukuran Kenyamanan

Pengukuran kenyamanan pada penelitian ini adalah dengan mengukur denyut jantung setelah diberi perlakuan. *Blood pressure meter* atau tensimeter merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur denyut jantung dan tekanan darah. Pengukuran denyut jantung dilakukan setelah bekerja memasukkan data selama 5 menit.

4.2 Pelaksanaan Eksperimen

Eksperimen ini dilakukan untuk meneliti seberapa besar pengaruh suara dan pencahayaan terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer. Faktor suara terdiri dari enam level dan faktor pencahayaan terdiri dari 2 level. Variabel respon yang diukur adalah jumlah data benar dan denyut jantung akhir. Unit eksperimen dalam penelitian ini adalah 10 orang karyawan kantor yang bekerja memasukkan data ke dalam komputer. Data karakteristik responden dapat dilihat pada **Lampiran L-8**.

4.2.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Eksperimen

Eksperimen dilaksanakan pada tanggal 26-30 Desember 2006. Eksperimen dilakukan di kantor Asosiasi Gapeksindo Wonogiri. Jadwal pelaksanaan praktikum dapat dilihat di **Lampiran L-9**. Eksperimen dilakukan untuk setiap sel dimana data diambil sesuai dengan tabel urutan pelaksanaan praktikum dengan pengacakan pada urutan suara.

4.2.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi alat, bahan, dan langkah-langkah pelaksanaan penelitian. Sebelum dilakukan pengambilan data terlebih dahulu dipersiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian. Bahan ada di **Lampiran L-10** dan **L-11**. Persiapan alat dilakukan dengan pengecekan komputer, pengecekan alat dan bahan yang akan dipakai. Persiapan berikutnya adalah pengkondisian ruangan.

4.2.3. Perlengkapan Eksperimen

Perlengkapan eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Komputer
2. Loudspeaker
3. Headphone
4. Stopwatch
5. Software Winamp
6. Kumpulan Lagu dalam bentuk mp3
7. Termometer
8. Soundmeter
9. Higrometer
10. Lightmeter
11. Pulsemeter

4.2.4. Langkah-Langkah Eksperimen

Dalam pelaksanaan percobaan, untuk setiap perlakuan responden diminta memasukkan data, berupa data angka dan data tulisan ke dalam komputer. Data yang dikumpulkan dari tiap responden berupa produktivitas dan kenyamanan. Produktivitas adalah total jumlah data yang dikerjakan berhasil dimasukkan ke dalam komputer dengan benar. Kenyamanan adalah besar denyut jantung/menit setelah diberi perlakuan.

4.2.5. Data Hasil Eksperimen

Data hasil pengukuran ada tiga, yaitu :

1. Denyut Jantung Awal (kenyamanan sebelum perlakuan)
2. Jumlah Data Benar (produktivitas)
3. Denyut Jantung Akhir (kenyamanan sebelum perlakuan)

Adapun data denyut jantung awal dapat dilihat pada tabel 4.2, data jumlah data benar dapat dilihat pada tabel 4.3 dan data denyut jantung akhir dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.2 Data Denyut Jantung Awal

No.	Denyut Jantung Awal
1	69

2	76
3	79
4	75
5	74
6	71
7	73
8	79
9	69
10	76

Tabel 4.3 Data Jumlah Jawaban Benar

Faktor Pencahaya an (B)	Faktor Suara (A)																	
	suara tenang [A1]			suara bising [A2]			suara musik <i>loudspeaker</i> [A3]			suara musik <i>headphone</i> [A4]			suara bising dikombinasikan suara musik <i>loudspeaker</i> [A5]			suara bising dikombinasikan suara musik <i>headphone</i> [A6]		
300-350 lux [B1]	112	115	113	105	107	111	127	124	129	128	131	127	115	118	121	125	127	124
	120	122	125	97	94	101	121	125	123	126	132	133	121	123	117	128	131	124
	117	121	119	101	98	102	128	131	130	134	132	129	126	114	119	124	121	123
	107	113	114	111	107	108	119	121	124	126	130	130	122	124	120	129	132	133
	114	115	112	98	99	103	126	130	132	124	128	125	121	122	117	131	128	130
	125	132	133	97	95	100	117	123	122	129	127	131	117	120	114	125	122	126
	109	108	112	95	97	98	127	124	128	131	135	129	123	122	125	123	128	124
	114	121	116	94	102	97	125	131	129	127	133	130	119	117	122	127	126	127
	122	118	121	91	94	95	127	123	124	132	134	131	117	118	120	126	129	132
	114	118	115	104	102	106	120	118	122	127	129	132	115	112	119	124	122	126
150-200 lux [B2]	111	109	108	101	104	105	122	123	119	127	124	130	113	121	117	119	121	118
	115	117	123	98	95	94	124	122	126	125	124	126	119	118	118	123	124	125
	114	118	117	102	97	99	118	117	119	128	131	127	123	122	120	122	121	120
	106	112	115	105	103	107	113	114	118	126	127	124	123	124	119	117	120	124
	112	110	108	97	99	102	119	123	121	129	124	121	112	114	110	122	119	118
	119	121	116	96	94	93	112	115	113	123	127	124	107	108	106	127	124	126
	113	117	111	105	103	104	117	114	118	130	129	131	113	117	114	122	120	122
	107	109	108	95	97	101	121	119	120	126	128	128	105	107	109	124	118	121
	116	120	115	92	95	94	123	124	121	131	129	128	112	116	115	124	123	123
	113	117	116	97	99	102	121	117	119	126	127	124	107	108	106	120	121	125

Tabel 4.4 Data Denyut Jantung Akhir

Faktor Pencahayaan (B)	Faktor Suara (A)																		
	tanpa suara (tenang) [A1]			suara bising [A2]			suara musik <i>loudspeaker</i> [A3]			suara musik <i>headphone</i> [A4]			suara bising dikombinasikan suara musik <i>loudspeaker</i> A5]			suara bising dikombinasikan suara musik <i>headphone</i> [A6]			
300-350 lux [B1]	76	80	72	76	82	79	74	76	76	78	75	77	78	74	75	76	76	75	76
	77	74	76	81	83	78	71	75	73	74	75	72	74	73	76	78	76	73	73
	72	74	75	78	81	87	75	79	77	76	71	78	72	74	78	72	81	79	79
	80	78	74	85	84	88	73	78	76	74	79	80	75	81	78	80	79	80	80
	71	79	73	78	82	83	74	78	78	72	73	78	74	76	75	74	78	73	73
	85	83	78	74	78	78	76	74	80	72	74	76	75	79	74	75	76	79	79
	76	85	80	73	75	76	72	78	75	75	73	76	71	75	73	73	75	76	76
	77	74	83	72	75	77	78	82	74	78	75	78	78	76	79	74	79	78	78
	76	72	79	80	79	80	75	79	80	76	74	73	74	77	78	72	78	76	76
	74	83	80	74	78	73	74	81	78	75	72	73	76	72	72	76	79	75	75
150-200 lux [B2]	73	79	77	75	76	79	75	76	72	74	78	78	75	78	81	73	78	72	72
	75	76	78	80	78	76	74	79	73	73	75	76	77	72	80	74	75	78	78
	76	78	82	77	74	72	72	78	74	72	75	77	74	70	76	74	78	76	76
	75	81	78	81	78	76	73	75	73	74	80	79	75	73	71	78	80	76	76
	72	78	76	82	74	78	78	74	76	76	75	78	76	74	76	76	75	77	77
	73	75	79	79	80	76	74	79	83	76	72	80	78	76	80	80	79	78	78
	70	76	74	81	78	75	75	79	78	75	78	77	74	72	76	78	74	72	72
	77	72	75	79	83	76	80	75	78	71	76	81	78	76	81	75	79	82	82
	74	78	82	79	78	75	77	76	74	78	75	73	72	79	75	78	73	80	80
	80	76	79	75	78	71	78	75	77	74	73	78	74	80	73	76	75	83	83

Pengolahan data dilakukan secara terpisah untuk data produktivitas dan kenyamanan pada setiap pengujian.

4.3 Pengujian Data Produktivitas

4.3.1 Pengujian Asumsi Anova

Uji asumsi anova yang dilakukan adalah uji kenormalan, uji homogenitas dan uji independensi. Pembahasan uji asumsi dimulai dari pembahasan uji normalitas data dengan metode *kolmogorov-smirnov*, kemudian pembahasan uji homogenitas dengan metode *levene test*, dan terakhir adalah uji independensi dengan metode *plot* residual data terhadap urutan pengambilan data. Apabila seluruh hasil pengujian terhadap asumsi anova tidak terpenuhi, maka akan ditinjau kembali metode eksperimen dan selanjutnya akan dilakukan kembali proses pengambilan data. Cara perhitungan pengujian asumsi anova secara manual hanya dilakukan terhadap data perlakuan A4B1 (suara musik *headphone* - 300-350 lux) sehingga untuk perlakuan lainnya hanya akan ditampilkan hasil pengujian asumsi anova yang diolah dengan *software* microsoft excel atau SPSS.

A. Pengujian Normalitas

Uji normalitas dilakukan terhadap data observasi di tiap perlakuan. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah 30 data observasi di tiap perlakuan berdistribusi secara normal. Sebagai misal dilakukan uji normalitas data observasi dari perlakuan yang menggunakan suara musik *headphone* -- 300-350 lux (A4B1).

Jumlah perlakuan yang diberikan adalah 12 perlakuan. Cara perhitungan uji normalitas sampel data observasi dapat dilihat pada pembahasan di bawah ini.

Tabel 4.5. Perhitungan Uji Normalitas Data Produktivitas Perlakuan A4B1

A4B1	x	Z	P(z)	P(x)	P(z)-P(x)	P(z)-P(x-1)
128	124	-2.01893	0.021747	0.033333	0.011586	0.021747063
126	125	-1.66679	0.047778	0.066667	0.018889	0.014444355
134	126	-1.31465	0.094313	0.1	0.005687	0.02764637
126	126	-1.31465	0.094313	0.133333	0.03902	0.005686963
124	127	-0.96251	0.167896	0.166667	0.001229	0.034562193
129	127	-0.96251	0.167896	0.2	0.032104	0.00122886
131	127	-0.96251	0.167896	0.233333	0.065438	0.032104474
127	127	-0.96251	0.167896	0.266667	0.098771	0.065437807

132	128	-0.61038	0.270807	0.3	0.029193	0.004139958
127	128	-0.61038	0.270807	0.333333	0.062527	0.029193375
131	129	-0.25824	0.398113	0.366667	0.031446	0.064779175
132	129	-0.25824	0.398113	0.4	0.001887	0.031445841
132	129	-0.25824	0.398113	0.433333	0.035221	0.001887492
130	129	-0.25824	0.398113	0.466667	0.068554	0.035220825
128	130	0.093904	0.537407	0.5	0.037407	0.07074058
127	130	0.093904	0.537407	0.533333	0.004074	0.037407247
135	130	0.093904	0.537407	0.566667	0.029259	0.004073914
133	131	0.446043	0.672217	0.6	0.072217	0.105550408
134	131	0.446043	0.672217	0.633333	0.038884	0.072217074
129	131	0.446043	0.672217	0.666667	0.00555	0.038883741
127	131	0.446043	0.672217	0.7	0.027783	0.005550408
133	132	0.798183	0.787618	0.733333	0.054285	0.08761786
129	132	0.798183	0.787618	0.766667	0.020951	0.054284527
130	132	0.798183	0.787618	0.8	0.012382	0.020951194
125	132	0.798183	0.787618	0.833333	0.045715	0.01238214
131	133	1.150323	0.874994	0.866667	0.008328	0.041661156
129	133	1.150323	0.874994	0.9	0.025006	0.008327823
130	134	1.502462	0.933511	0.933333	0.000178	0.033511107
131	134	1.502462	0.933511	0.966667	0.033156	0.000177774
132	135	1.854602	0.968173	1	0.031827	0.001506775
xbar	129.7333			Lhitung	0.098771	0.105550408
stdev	2.839783			Ltabel	0.161761	

Keempat data observasi [lihat kolom x] pada Tabel 4.5 adalah hasil eksperimen perlakuan A4B1 berupa jumlah data benar. Perlakuan A4B1 berarti pengambilan data dilakukan pada unit eksperimen yang menggunakan suara musik *headphone* -- 300-350 lux.

Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

- h. Urutkan data observasi dari yang terkecil sampai terbesar sebagaimana pada kolom x Tabel di atas.
- i. Hitung rata-rata (\bar{x}) dan standar deviasi (s) data tersebut.

$$\bar{x} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{124 + 125 + 126 + \dots + 135}{30} = 129,73$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(124^2 + 125^2 + 126^2 + \dots + 135^2) - \frac{(3892)^2}{30}}{30-1}} = 2,84$$

- j. Transformasikan data (x) tersebut menjadi nilai baku (z).

$$z_i = (x_i - \bar{x}) / s$$

dimana x_i = nilai pengamatan ke- i

\bar{x} = rata-rata

s = standar deviasi

misal :

$$z_1 = (124 - 129.73) / 2.84 = -2,02$$

$$z_2 = (125 - 129.73) / 2.84 = -1,67$$

Dengan cara yang sama diperoleh seluruh nilai baku sebagaimana pada kolom z Tabel di atas.

- k. Dari nilai baku (z), tentukan nilai probabilitasnya $P(z)$ berdasarkan sebaran normal baku, sebagai probabilitas pengamatan. Gunakan tabel standar luas wilayah di bawah kurva normal, atau dengan bantuan Ms. Excel dengan *function NORMSDIST*.
- l. Tentukan nilai probabilitas harapan kumulatif $P(x)$ dengan cara sebagai berikut :

$$P(x) = i / n$$

Misal :

$$P(x_1) = 1 / 30 = 0,033$$

$$P(x_2) = 2 / 30 = 0,067$$

Dengan cara yang sama akan diperoleh seluruh nilai $P(x)$ sebagaimana pada kolom $P(x)$ tabel di atas.

- m. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(z)$ dan $P(x)$ yaitu

maks $|P(z_i) - P(x_i)|$, sebagai nilai L hitung.

$$\text{maks } |P(z_i) - P(x_i)| = 0,0988$$

- n. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $S(x_{i-1})$ dan $F(z)$ yaitu

$$\text{maks } |P(z_i) - P(x_{i-1})| = 0,1056$$

Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah keempat sampel data observasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :

H_0 : Ketiga puluh data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Ketiga puluh data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0,05$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L_{\alpha(n)}$.

Nilai L_{tabel} dari distribusi L yaitu $L_{\alpha(n)} = L_{0,05(30)} = 0,1618$

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa nilai $L_{hitung} (0,0988) < L_{tabel} (0,1618)$, maka terima H_0 dan simpulkan bahwa keempat sampel data observasi jumlah jawaban benar dari perlakuan A1B1 berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Hasil perhitungan secara manual sama dengan hasil perhitungan yang diolah melalui SPSS. Tabel 4.6 merupakan hasil perhitungan uji normalitas dengan menggunakan *software* SPSS.

Tabel 4.6 Hasil Uji Normalitas Data Produktivitas Perlakuan A4B1 menggunakan *Software* SPSS

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

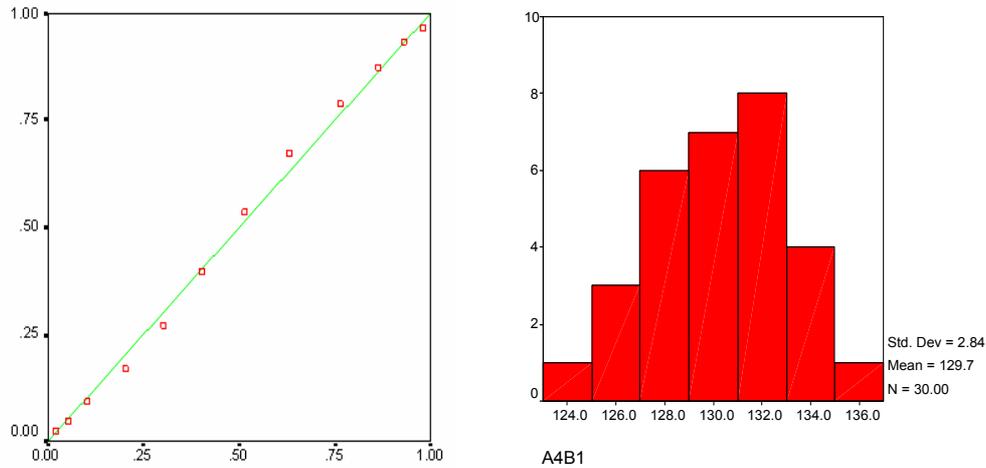
		A4B1
N		30
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	129.73
	Std. Deviation	2.840
Most Extreme Differences	Absolute	.106
	Positive	.099
	Negative	-.106
Kolmogorov-Smirnov Z		.578
Asymp. Sig. (2-tailed)		.892

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Berdasarkan Tabel 4.6 [kolom *kolmogorov-smirnov^a* bagian *sig.*], terlihat bahwa nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Selain itu nilai statistik hitungnya sebesar 0,0988, lebih kecil dari nilai L_{tabel} (0,1618). Kedua kriteria yakni signifikansi dan nilai statistik hitung menunjukkan penerimaan terhadap H_0 dan dapat disimpulkan bahwa ketiga puluh data observasi dari perlakuan A4B1 berasal dari populasi berdistribusi normal.

Bentuk sebaran data yang normal pada perlakuan A4B1 diperkuat oleh normal *probability-plot* (PP) dan histogram pada Gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Normal Probability Plot dan Histogram Data Produktivitas Perlakuan A4B1

Contoh perhitungan uji normalitas yang dilakukan terhadap perlakuan A4B1, cukup memberikan gambaran cara melakukan uji normalitas. Selanjutnya, Tabel 4.7 merupakan hasil uji normalitas dengan terhadap seluruh perlakuan.

Tabel 4.7 Hasil Uji Normalitas Data Produktivitas

No.	Perlakuan	Nilai L hitung	Nilai L tabel	Kesimpulan
1	A1B1	0.140259444	0.161	NORMAL
2	A1B2	0.091895419	0.161	NORMAL
3	A2B1	0.134538734	0.161	NORMAL
4	A2B2	0.097680857	0.161	NORMAL
5	A3B1	0.097680857	0.161	NORMAL
6	A3B2	0.084798575	0.161	NORMAL
7	A4B1	0.09877114	0.161	NORMAL
8	A4B2	0.126672426	0.161	NORMAL
9	A5B1	0.084700056	0.161	NORMAL
10	A5B2	0.117857961	0.161	NORMAL
11	A6B1	0.118098482	0.161	NORMAL
12	A6B2	0.087523167	0.161	NORMAL

Berdasarkan Tabel 4.6, diperoleh informasi bahwa seluruh nilai L hitung berada di bawah nilai L_{tabel} ($L_{0.05;30} = 0,161$). Hasil pengujian normalitas data kelompok I dengan software SPSS ditampilkan pada tabel 4.8 berikut ini:

Tabel 4.8 Hasil Uji Normalitas Data Produktivitas Dengan *Software* SPSS

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2	A3B1	A3B2
N	30	30	30	30	30	30
Normal Parameter						
Mean	117.23	113.77	100.30	99.17	125.00	119.07
Std. Deviation	6.218	4.439	5.299	4.243	4.043	3.638
Most Extreme Differences						
Absolute	.140	.109	.135	.129	.098	.102
Positive	.140	.092	.135	.129	.098	.085
Negative	-.100	-.109	-.084	-.115	-.090	-.102
Kolmogorov-Smirnov Z	.768	.599	.737	.704	.535	.561
Asymp. Sig. (2-tailed)	.597	.865	.649	.705	.937	.911

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	A4B1	A4B2	A5B1	A5B2	A6B1	A6B2
N	30	30	30	30	30	30
Normal Parameter						
Mean	129.73	126.80	119.33	114.10	126.57	121.77
Std. Deviation	2.840	2.592	3.437	5.857	3.256	2.569
Most Extreme Differences						
Absolute	.106	.127	.086	.118	.118	.108
Positive	.099	.127	.085	.118	.118	.088
Negative	-.106	-.097	-.086	-.090	-.080	-.108
Kolmogorov-Smirnov Z	.578	.694	.472	.646	.647	.590
Asymp. Sig. (2-tailed)	.892	.722	.979	.799	.797	.877

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

B. Pengujian Homogenitas

Pengujian homogenitas dilakukan dengan metode *levene test*, yakni menguji kesamaan ragam data observasi antar level faktornya. Uji homogenitas dilakukan terhadap data yang dikelompokkan berdasarkan jenis suara dan jenis pencahayaan.

2. Uji homogenitas data antar level suara

Hipotesis yang diajukan adalah :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 = \sigma_6^2$$

H_1 : Data antar level pencahayaan memiliki ragam yang tidak sama

Taraf nyata $\alpha = 0,05$ dan wilayah kritik $F > F_{0,05} (5 ; 60)$

Prosedur pengujian sebagai berikut. Data produktivitas dikelompokkan berdasarkan jenis suara sebagaimana Tabel 4.9, kemudian dicari rata-rata tiap

level jenis suara dan dihitung selisih absolut nilai pengamatan terhadap rata-ratanya sebagaimana diperoleh pada Tabel 4.10.

Tabel 4.9. Data Produktivitas Dikelompokkan berdasarkan Jenis Suara

No.	Suara					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	112	105	127	128	115	125
2	120	97	121	126	121	128
3	117	101	128	134	126	124
4	107	111	119	126	122	129
5	114	98	126	124	121	131
6	125	97	117	129	117	125
7	109	95	127	131	123	123
8	114	94	125	127	119	127
9	122	91	127	132	117	126
10	114	104	120	127	115	124
11	111	101	122	127	113	119
12	115	98	124	125	119	123
13	114	102	118	128	123	122
14	106	105	113	126	123	117
15	112	97	119	129	112	122
16	119	96	112	123	107	127
17	113	105	117	130	113	122
18	107	95	121	126	105	124
19	116	92	123	131	112	124
20	113	97	121	126	107	120
21	115	107	124	131	118	127
22	122	94	125	132	123	131
23	121	98	131	132	114	121
24	113	107	121	130	124	132
25	115	99	130	128	122	128
26	132	95	123	127	120	122
27	108	97	124	135	122	128
28	121	102	131	133	117	126
29	118	94	123	134	118	129
30	118	102	118	129	112	122
31	109	104	123	124	121	121
32	117	95	122	124	118	124
33	118	97	117	131	122	121
34	112	103	114	127	124	120
35	110	99	123	124	114	119
36	121	94	115	127	108	124
37	117	103	114	129	117	120
38	109	97	119	128	107	118
39	120	95	124	129	116	123
40	117	99	117	127	108	121
41	113	111	129	127	121	124
42	125	101	123	133	117	124
43	119	102	130	129	119	123
44	114	108	124	130	120	133

45	112	103	132	125	117	130
46	133	100	122	131	114	126
47	112	98	128	129	125	124
48	116	97	129	130	122	127
49	121	95	124	131	120	132
50	115	106	122	132	119	126
51	108	105	119	130	117	118
52	123	94	126	126	118	125
53	117	99	119	127	120	120
54	115	107	118	124	119	124
55	108	102	121	121	110	118
56	116	93	113	124	106	126
57	111	104	118	131	114	122
58	108	101	120	128	109	121
59	115	94	121	128	115	123
60	116	102	119	124	106	125
rata-rata	115.5	99.7333	122.0333	128.2667	116.7167	124.1667

Tabel 4.10 Selisih Absolut Data Produktivitas dengan Rata-Ratanya Dikelompokkan berdasarkan Jenis Suara

No.	Suara					
	A	B	C	D	E	F
1	3.5	5.266667	4.966667	0.266667	1.716667	0.833333
2	4.5	2.733333	1.033333	2.266667	4.283333	3.833333
3	1.5	1.266667	5.966667	5.733333	9.283333	0.166667
4	8.5	11.26667	3.033333	2.266667	5.283333	4.833333
5	1.5	1.733333	3.966667	4.266667	4.283333	6.833333
6	9.5	2.733333	5.033333	0.733333	0.283333	0.833333
7	6.5	4.733333	4.966667	2.733333	6.283333	1.166667
8	1.5	5.733333	2.966667	1.266667	2.283333	2.833333
9	6.5	8.733333	4.966667	3.733333	0.283333	1.833333
10	1.5	4.266667	2.033333	1.266667	1.716667	0.166667
11	4.5	1.266667	0.033333	1.266667	3.716667	5.166667
12	0.5	1.733333	1.966667	3.266667	2.283333	1.166667
13	1.5	2.266667	4.033333	0.266667	6.283333	2.166667
14	9.5	5.266667	9.033333	2.266667	6.283333	7.166667
15	3.5	2.733333	3.033333	0.733333	4.716667	2.166667
16	3.5	3.733333	10.03333	5.266667	9.716667	2.833333
17	2.5	5.266667	5.033333	1.733333	3.716667	2.166667
18	8.5	4.733333	1.033333	2.266667	11.71667	0.166667
19	0.5	7.733333	0.966667	2.733333	4.716667	0.166667
20	2.5	2.733333	1.033333	2.266667	9.716667	4.166667
21	0.5	7.266667	1.966667	2.733333	1.283333	2.833333
22	6.5	5.733333	2.966667	3.733333	6.283333	6.833333
23	5.5	1.733333	8.966667	3.733333	2.716667	3.166667
24	2.5	7.266667	1.033333	1.733333	7.283333	7.833333
25	0.5	0.733333	7.966667	0.266667	5.283333	3.833333
26	16.5	4.733333	0.966667	1.266667	3.283333	2.166667
27	7.5	2.733333	1.966667	6.733333	5.283333	3.833333
28	5.5	2.266667	8.966667	4.733333	0.283333	1.833333

29	2.5	5.733333	0.966667	5.733333	1.283333	4.833333
30	2.5	2.266667	4.033333	0.733333	4.716667	2.166667
31	6.5	4.266667	0.966667	4.266667	4.283333	3.166667
32	1.5	4.733333	0.033333	4.266667	1.283333	0.166667
33	2.5	2.733333	5.033333	2.733333	5.283333	3.166667
34	3.5	3.266667	8.033333	1.266667	7.283333	4.166667
35	5.5	0.733333	0.966667	4.266667	2.716667	5.166667
36	5.5	5.733333	7.033333	1.266667	8.716667	0.166667
37	1.5	3.266667	8.033333	0.733333	0.283333	4.166667
38	6.5	2.733333	3.033333	0.266667	9.716667	6.166667
39	4.5	4.733333	1.966667	0.733333	0.716667	1.166667
40	1.5	0.733333	5.033333	1.266667	8.716667	3.166667
41	2.5	11.26667	6.966667	1.266667	4.283333	0.166667
42	9.5	1.266667	0.966667	4.733333	0.283333	0.166667
43	3.5	2.266667	7.966667	0.733333	2.283333	1.166667
44	1.5	8.266667	1.966667	1.733333	3.283333	8.833333
45	3.5	3.266667	9.966667	3.266667	0.283333	5.833333
46	17.5	0.266667	0.033333	2.733333	2.716667	1.833333
47	3.5	1.733333	5.966667	0.733333	8.283333	0.166667
48	0.5	2.733333	6.966667	1.733333	5.283333	2.833333
49	5.5	4.733333	1.966667	2.733333	3.283333	7.833333
50	0.5	6.266667	0.033333	3.733333	2.283333	1.833333
51	7.5	5.266667	3.033333	1.733333	0.283333	6.166667
52	7.5	5.733333	3.966667	2.266667	1.283333	0.833333
53	1.5	0.733333	3.033333	1.266667	3.283333	4.166667
54	0.5	7.266667	4.033333	4.266667	2.283333	0.166667
55	7.5	2.266667	1.033333	7.266667	6.716667	6.166667
56	0.5	6.733333	9.033333	4.266667	10.71667	1.833333
57	4.5	4.266667	4.033333	2.733333	2.716667	2.166667
58	7.5	1.266667	2.033333	0.266667	7.716667	3.166667
59	0.5	5.733333	1.033333	0.266667	1.716667	1.166667
60	0.5	2.266667	3.033333	4.266667	10.71667	0.833333
JUMLAH	257	242.9333	232.1333	151.0667	264.9667	178

Selanjutnya dihitung nilai-nilai berikut :

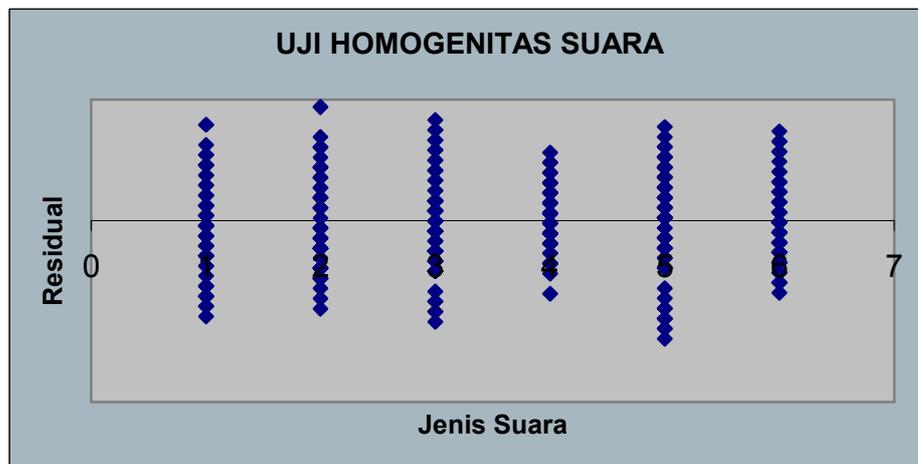
- Faktor Koreksi (FK) = $(257+242,93+232,13+151,07+264,97+178)^2 / 60$
= 4884,84
- SS-Suara = $(257^2+242,93^2+232,13^2+151,07^2+264,97^2+178^2)/60 - FK$
= 17.623
- SS-Total (JKT) = $(3,5^2 + 5,27^2 + \dots + 0,833^2) - FK$
= 2880,08
- SS-Error (JKE) = SSTotal – SS-Suara
= 2703,85

Nilai-nilai hasil perhitungan dirangkum pada Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.11 Hasil Uji Homogenitas Data Produktivitas, Dikelompokkan berdasarkan Jenis Suara

Sumber Keragaman	Df	SS	MS	F	F _{0.05}
Suara	5	17,623	3,525	0,461	2,21
Error	354	2703,85	7,64		
Total	359	2880,08			

Berdasarkan Tabel 4.11, nilai F_{hitung} sebesar 0,461 lebih kecil dari F_{tabel} (2,21), sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa data antar level suara memiliki ragam yang sama (homogen). Grafik data produktivitas dikelompokkan berdasar level suara dapat dilihat di gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Data Produktivitas berdasarkan Jenis Suara

3. Uji homogenitas data antar level jenis pencahayaan

Hipotesis yang diajukan adalah :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Taraf nyata $\alpha = 0,05$ dan wilayah kritis $F > F_{0.05}$

Data produktivitas dikelompokkan berdasarkan jenis suara sebagaimana Tabel 4.12, kemudian dicari rata-rata tiap level jenis suara dan dihitung selisih absolut nilai pengamatan terhadap rata-ratanya sebagaimana diperoleh pada Tabel 4.13.

Tabel 4.12. Data Produktivitas Dikelompokkan berdasarkan Jenis Pencahayaan

Pencahayaan			Pencahayaan			Pencahayaan		
No.	B1	B2	No.	B1	B2	No.	B1	B2
1	112	111	61	127	122	121	115	113
2	120	115	62	121	124	122	121	119
3	117	114	63	128	118	123	126	123
4	107	106	64	119	113	124	122	123
5	114	112	65	126	119	125	121	112
6	125	119	66	117	112	126	117	107
7	109	113	67	127	117	127	123	113
8	114	107	68	125	121	128	119	105
9	122	116	69	127	123	129	117	112
10	114	113	70	120	121	130	115	107
11	115	109	71	124	123	131	118	121
12	122	117	72	125	122	132	123	118
13	121	118	73	131	117	133	114	122
14	113	112	74	121	114	134	124	124
15	115	110	75	130	123	135	122	114
16	132	121	76	123	115	136	120	108
17	108	117	77	124	114	137	122	117
18	121	109	78	131	119	138	117	107
19	118	120	79	123	124	139	118	116
20	118	117	80	118	117	140	112	108
21	113	108	81	129	119	141	121	117
22	125	123	82	123	126	142	117	118
23	119	117	83	130	119	143	119	120
24	114	115	84	124	118	144	120	119
25	112	108	85	132	121	145	117	110
26	133	116	86	122	113	146	114	106
27	112	111	87	128	118	147	125	114
28	116	108	88	129	120	148	122	109
29	121	115	89	124	121	149	120	115
30	115	116	90	122	119	150	119	106
31	105	101	91	128	127	151	125	119
32	97	98	92	126	125	152	128	123
33	101	102	93	134	128	153	124	122
34	111	105	94	126	126	154	129	117
35	98	97	95	124	129	155	131	122
36	97	96	96	129	123	156	125	127
37	95	105	97	131	130	157	123	122
38	94	95	98	127	126	158	127	124
39	91	92	99	132	131	159	126	124
40	104	97	100	127	126	160	124	120
41	107	104	101	131	124	161	127	121
42	94	95	102	132	124	162	131	124
43	98	97	103	132	131	163	121	121
44	107	103	104	130	127	164	132	120
45	99	99	105	128	124	165	128	119
46	95	94	106	127	127	166	122	124
47	97	103	107	135	129	167	128	120

48	102	97	108	133	128	168	126	118
49	94	95	109	134	129	169	129	123
50	102	99	110	129	127	170	122	121
51	111	105	111	127	130	171	124	118
52	101	94	112	133	126	172	124	125
53	102	99	113	129	127	173	123	120
54	108	107	114	130	124	174	133	124
55	103	102	115	125	121	175	130	118
56	100	93	116	131	124	176	126	126
57	98	104	117	129	131	177	124	122
58	97	101	118	130	128	178	127	121
59	95	94	119	131	128	179	132	123
60	106	102	120	132	124	180	126	125

Tabel 4.13 Selisih Absolut Data Produktivitas dengan Rata-Ratanya Dikelompokkan berdasarkan Jenis Pencahayaan

Pencahayaan			Pencahayaan			Pencahayaan		
No.	B1	B2	No.	B1	B2	No.	B1	B2
1	7.694444	4.777778	61	7.305556	6.222222	121	4.694444	2.777778
2	0.305556	0.777778	62	1.305556	8.222222	122	1.305556	3.222222
3	2.694444	1.777778	63	8.305556	2.222222	123	6.305556	7.222222
4	12.69444	9.777778	64	0.694444	2.777778	124	2.305556	7.222222
5	5.694444	3.777778	65	6.305556	3.222222	125	1.305556	3.777778
6	5.305556	3.222222	66	2.694444	3.777778	126	2.694444	8.777778
7	10.69444	2.777778	67	7.305556	1.222222	127	3.305556	2.777778
8	5.694444	8.777778	68	5.305556	5.222222	128	0.694444	10.77778
9	2.305556	0.222222	69	7.305556	7.222222	129	2.694444	3.777778
10	5.694444	2.777778	70	0.305556	5.222222	130	4.694444	8.777778
11	4.694444	6.777778	71	4.305556	7.222222	131	1.694444	5.222222
12	2.305556	1.222222	72	5.305556	6.222222	132	3.305556	2.222222
13	1.305556	2.222222	73	11.30556	1.222222	133	5.694444	6.222222
14	6.694444	3.777778	74	1.305556	1.777778	134	4.305556	8.222222
15	4.694444	5.777778	75	10.30556	7.222222	135	2.305556	1.777778
16	12.30556	5.222222	76	3.305556	0.777778	136	0.305556	7.777778
17	11.69444	1.222222	77	4.305556	1.777778	137	2.305556	1.222222
18	1.305556	6.777778	78	11.30556	3.222222	138	2.694444	8.777778
19	1.694444	4.222222	79	3.305556	8.222222	139	1.694444	0.222222
20	1.694444	1.222222	80	1.694444	1.222222	140	7.694444	7.777778
21	6.694444	7.777778	81	9.305556	3.222222	141	1.305556	1.222222
22	5.305556	7.222222	82	3.305556	10.22222	142	2.694444	2.222222
23	0.694444	1.222222	83	10.30556	3.222222	143	0.694444	4.222222
24	5.694444	0.777778	84	4.305556	2.222222	144	0.305556	3.222222
25	7.694444	7.777778	85	12.30556	5.222222	145	2.694444	5.777778
26	13.30556	0.222222	86	2.305556	2.777778	146	5.694444	9.777778
27	7.694444	4.777778	87	8.305556	2.222222	147	5.305556	1.777778
28	3.694444	7.777778	88	9.305556	4.222222	148	2.305556	6.777778
29	1.305556	0.777778	89	4.305556	5.222222	149	0.305556	0.777778
30	4.694444	0.222222	90	2.305556	3.222222	150	0.694444	9.777778
31	14.69444	14.77778	91	8.305556	11.22222	151	5.305556	3.222222
32	22.69444	17.77778	92	6.305556	9.222222	152	8.305556	7.222222

33	18.69444	13.77778	93	14.30556	12.22222	153	4.305556	6.222222
34	8.694444	10.77778	94	6.305556	10.22222	154	9.305556	1.222222
35	21.69444	18.77778	95	4.305556	13.22222	155	11.30556	6.222222
36	22.69444	19.77778	96	9.305556	7.222222	156	5.305556	11.22222
37	24.69444	10.77778	97	11.30556	14.22222	157	3.305556	6.222222
38	25.69444	20.77778	98	7.305556	10.22222	158	7.305556	8.222222
39	28.69444	23.77778	99	12.30556	15.22222	159	6.305556	8.222222
40	15.69444	18.77778	100	7.305556	10.22222	160	4.305556	4.222222
41	12.69444	11.77778	101	11.30556	8.222222	161	7.305556	5.222222
42	25.69444	20.77778	102	12.30556	8.222222	162	11.30556	8.222222
43	21.69444	18.77778	103	12.30556	15.22222	163	1.305556	5.222222
44	12.69444	12.77778	104	10.30556	11.22222	164	12.30556	4.222222
45	20.69444	16.77778	105	8.305556	8.222222	165	8.305556	3.222222
46	24.69444	21.77778	106	7.305556	11.22222	166	2.305556	8.222222
47	22.69444	12.77778	107	15.30556	13.22222	167	8.305556	4.222222
48	17.69444	18.77778	108	13.30556	12.22222	168	6.305556	2.222222
49	25.69444	20.77778	109	14.30556	13.22222	169	9.305556	7.222222
50	17.69444	16.77778	110	9.305556	11.22222	170	2.305556	5.222222
51	8.694444	10.77778	111	7.305556	14.22222	171	4.305556	2.222222
52	18.69444	21.77778	112	13.30556	10.22222	172	4.305556	9.222222
53	17.69444	16.77778	113	9.305556	11.22222	173	3.305556	4.222222
54	11.69444	8.777778	114	10.30556	8.222222	174	13.30556	8.222222
55	16.69444	13.77778	115	5.305556	5.222222	175	10.30556	2.222222
56	19.69444	22.77778	116	11.30556	8.222222	176	6.305556	10.22222
57	21.69444	11.77778	117	9.305556	15.22222	177	4.305556	6.222222
58	22.69444	14.77778	118	10.30556	12.22222	178	7.305556	5.222222
59	24.69444	21.77778	119	11.30556	12.22222	179	12.30556	7.222222
60	13.69444	13.77778	120	12.30556	8.222222	180	6.305556	9.222222

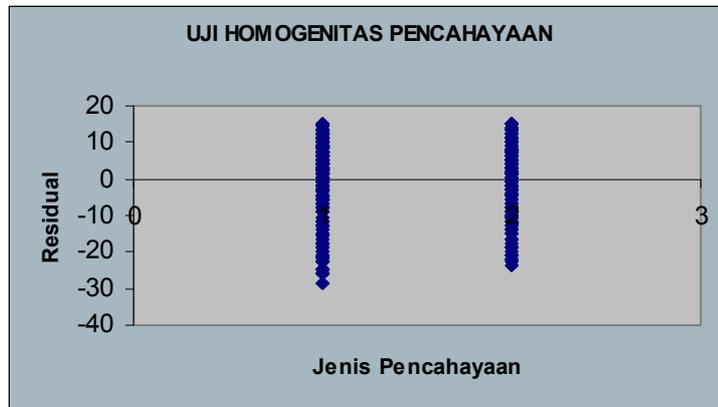
Prosedur perhitungan uji homogenitas data antar level jenis pencahayaan sama dengan pembahasan pada perhitungan uji homogenitas data antar level jenis suara. Nilai-nilai hasil perhitungan dirangkum pada Tabel 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.14 Hasil Uji Homogenitas Data Produktivitas, Dikelompokkan berdasarkan Jenis Pencahayaan

Sumber Keragaman	Df	SS	MS	F	F _{0.05}
Pencahayaan	1	28,9	28,9	0,804	2,21
Error	354	12869,533	35,95		
Total	359	12898,433			

Berdasarkan Tabel 4.14, nilai F_{hitung} sebesar 0,804 lebih kecil dari F_{tabel} (2,21), sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa data antar level pencahayaan

memiliki ragam yang sama (homogen). Grafik data produktivitas dikelompokkan berdasar level pencahayaan dapat dilihat di gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Data Produktivitas berdasarkan Jenis Pencahayaan

C. Pengujian Independensi

Pengujian independensi eksperimen dilakukan dengan memplot residual data pada tiap perlakuan berdasarkan urutan eksperimen (pengambilan data). Nilai residual diperoleh dari selisih data observasi dengan rata-rata pada tiap perlakuannya. Hasil perhitungan nilai residual data untuk tiap perlakuan sebagaimana Tabel 4.15 berikut ini.

Tabel 4.15 Residual Data Produktivitas

	DATA	RESIDUAL		DATA	RESIDUAL		DATA	RESIDUAL
1	111	-2.77	61	127	0.20	121	111	-2.77
2	101	1.83	62	124	9.90	122	104	4.83
3	122	2.93	63	120	-1.77	123	118	-1.07
4	127	0.20	64	112	-1.77	124	131	4.20
5	113	-1.10	65	103	3.83	125	114	-0.10
6	119	-2.77	66	114	-5.07	126	122	0.23
7	109	-4.77	67	124	-2.80	127	95	-4.17
8	104	4.83	68	119	4.90	128	121	1.93
9	123	3.93	69	124	2.23	129	126	-0.80
10	124	-2.80	70	115	1.23	130	105	-9.10
11	121	6.90	71	107	7.83	131	124	2.23
12	121	-0.77	72	118	-1.07	132	107	-6.77
13	108	-5.77	73	112	-2.10	133	119	-0.07
14	105	5.83	74	122	0.23	134	128	1.20
15	119	-0.07	75	112	-1.77	135	107	-7.10
16	130	3.20	76	97	-2.17	136	118	-3.77
17	117	2.90	77	119	-0.07	137	109	-4.77
18	118	-3.77	78	129	2.20	138	97	-2.17
19	98	-1.17	79	119	-2.77	139	101	1.83

20	124	4.93	80	110	-3.77	140	120	0.93
21	125	-1.80	81	99	-0.17	141	128	1.20
22	119	4.90	82	123	3.93	142	109	-5.10
23	123	1.23	83	124	-2.80	143	121	-0.77
24	115	1.23	84	114	-0.10	144	108	-5.77
25	95	-4.17	85	110	-4.10	145	123	3.93
26	122	2.93	86	118	-3.77	146	131	4.20
27	124	-2.80	87	108	-5.77	147	112	-2.10
28	118	3.90	88	102	2.83	148	124	2.23
29	124	2.23	89	121	1.93	149	116	2.23
30	117	3.23	90	121	-5.80	150	92	-7.17
31	94	-5.17	91	127	5.23	151	124	4.93
32	126	6.93	92	119	5.23	152	129	2.20
33	126	-0.80	93	96	-3.17	153	116	1.90
34	118	3.90	94	112	-7.07	154	123	1.23
35	125	3.23	95	123	-3.80	155	120	6.23
36	123	9.23	96	107	-7.10	156	95	-4.17
37	118	-1.07	97	124	2.23	157	121	1.93
38	128	1.20	98	121	7.23	158	128	1.20
39	123	8.90	99	94	-5.17	159	115	0.90
40	122	0.23	100	115	-4.07	160	123	1.23
41	114	0.23	101	127	0.20	161	115	1.23
42	102	2.83	102	108	-6.10	162	94	-5.17
43	117	-2.07	103	126	4.23	163	126	-0.80
44	131	4.20	104	116	2.23	164	107	-7.10
45	122	7.90	105	93	-6.17	165	120	-1.77
46	121	-0.77	106	113	-6.07	166	113	-0.77
47	118	4.23	107	124	-2.80	167	97	-2.17
48	97	-2.17	108	106	-8.10	168	121	1.93
49	119	-0.07	109	113	-0.77	169	127	0.20
50	127	0.20	110	105	5.83	170	108	-6.10
51	120	5.90	111	117	-2.07	171	121	-0.77
52	120	-1.77	112	130	3.20	172	117	3.23
53	117	3.23	113	113	-1.10	173	99	-0.17
54	99	-0.17	114	122	0.23	174	117	-2.07
55	126	-0.80	115	117	3.23	175	124	-2.80
56	123	8.90	116	103	3.83	176	106	-8.10
57	117	-4.77	117	114	-5.07	177	125	3.23
58	106	-7.77	118	129	2.20	178	116	2.23
59	105	5.83	119	117	2.90	179	102	2.83
60	113	-6.07	120	120	-1.77	180	119	-0.07

	DATA	RESIDUAL
181	112	-5.23
182	105	4.70
183	127	2.00
184	128	-1.73
185	115	-4.33
186	125	-1.57

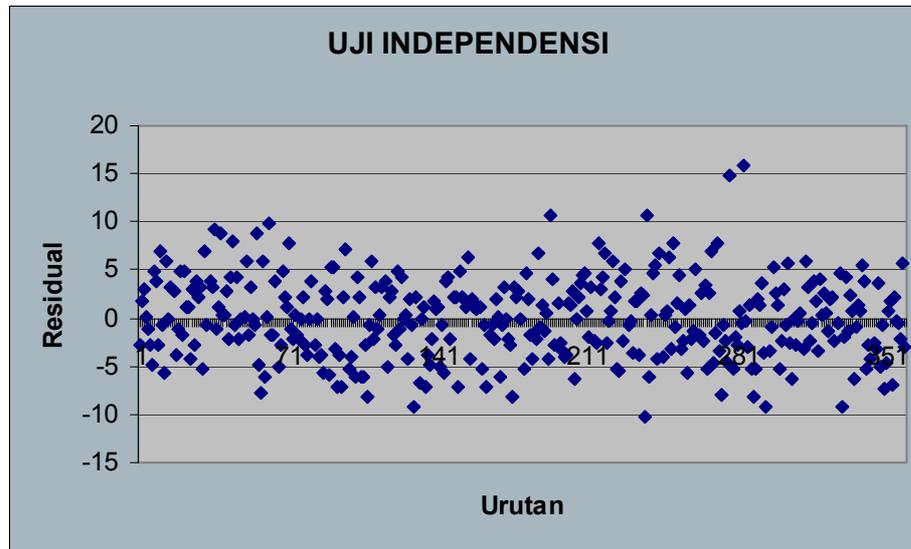
	DATA	RESIDUAL
241	130	0.27
242	124	4.67
243	132	5.43
244	113	-4.23
245	107	6.70
246	121	-4.00

	DATA	RESIDUAL
301	112	-5.23
302	98	-2.30
303	128	3.00
304	129	-0.73
305	125	5.67
306	124	-2.57

187	115	-2.23	247	130	0.27	307	94	-6.30
188	107	6.70	248	120	0.67	308	125	0.00
189	124	-1.00	249	133	6.43	309	127	-2.73
190	131	1.27	250	114	-3.23	310	119	-0.33
191	118	-1.33	251	108	7.70	311	127	0.43
192	127	0.43	252	124	-1.00	312	114	-3.23
193	113	-4.23	253	121	1.67	313	131	6.00
194	111	10.70	254	131	4.43	314	133	3.27
195	129	4.00	255	114	-3.23	315	117	-2.33
196	127	-2.73	256	98	-2.30	316	126	-0.57
197	121	1.67	257	126	1.00	317	121	3.77
198	124	-2.57	258	124	-5.73	318	102	1.70
199	97	-3.30	259	128	1.43	319	97	-3.30
200	121	-4.00	260	115	-2.23	320	129	4.00
201	126	-3.73	261	99	-1.30	321	130	0.27
202	121	1.67	262	130	5.00	322	122	2.67
203	128	1.43	263	128	-1.73	323	127	0.43
204	120	2.77	264	122	2.67	324	116	-1.23
205	94	-6.30	265	117	-2.33	325	127	2.00
206	125	0.00	266	130	3.43	326	132	2.27
207	132	2.27	267	112	-5.23	327	117	-2.33
208	123	3.67	268	103	2.70	328	126	-0.57
209	131	4.43	269	132	7.00	329	122	4.77
210	122	4.77	270	125	-4.73	330	91	-9.30
211	101	0.70	271	125	-1.57	331	123	-2.00
212	123	-2.00	272	125	7.77	332	134	4.27
213	133	3.27	273	97	-3.30	333	118	-1.33
214	117	-2.33	274	117	-8.00	334	129	2.43
215	124	-2.57	275	129	-0.73	335	118	0.77
216	125	7.77	276	117	-2.33	336	94	-6.30
217	128	3.00	277	122	-4.57	337	124	-1.00
218	134	4.27	278	132	14.77	338	131	1.27
219	126	6.67	279	95	-5.30	339	120	0.67
220	124	-2.57	280	123	-2.00	340	132	5.43
221	117	-0.23	281	127	-2.73	341	121	3.77
222	101	0.70	282	120	0.67	342	95	-5.30
223	131	6.00	283	126	-0.57	343	127	-2.73
224	132	2.27	284	133	15.77	344	115	-4.33
225	114	-5.33	285	100	-0.30	345	124	-2.57
226	121	-5.57	286	122	-3.00	346	114	-3.23
227	121	3.77	287	131	1.27	347	104	3.70
228	98	-2.30	288	114	-5.33	348	120	-5.00
229	130	5.00	289	109	-8.23	349	129	-0.73
230	129	-0.73	290	95	-5.30	350	112	-7.33
231	119	-0.33	291	127	2.00	351	122	-4.57
232	123	-3.57	292	131	1.27	352	118	0.77
233	119	1.77	293	123	3.67	353	102	1.70
234	102	1.70	294	123	-3.57	354	118	-7.00
235	126	-3.73	295	108	-9.23	355	132	2.27
236	122	2.67	296	97	-3.30	356	119	-0.33

237	129	2.43	297	124	-1.00	357	126	-0.57
238	107	-10.23	298	135	5.27	358	115	-2.23
239	111	10.70	299	122	2.67	359	106	5.70
240	119	-6.00	300	128	1.43	360	122	-3.00

Data residual kemudian diplotkan berdasarkan urutan eksperimennya (urutan pengambilan data) sebagaimana Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Plot Residual Data Peoduktivitas terhadap Urutan Eksperimen

Berdasarkan Gambar 4.4 terlihat bahwa nilai-nilai residual tersebar hampir merata di sekitar nol dan tidak terdapat pola khusus, sehingga dapat disimpulkan bahwa data hasil eksperimen memenuhi syarat independensi.

Pengujian independensi secara grafik kurang objektif jika digunakan dalam penarikan kesimpulan independensi data, oleh karena itu juga dilakukan pengujian independensi secara matematis dengan menggunakan uji *durbin-watson*. Langkah-langkah uji *durbin-watson*, yaitu :

4. Tentukan nilai residual variabel respon.
5. Hitung nilai *Durbin-Watson* dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$d = \frac{\sum_i^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_i^n e_i^2}$$

$$d = \frac{(1,83 - (-2,77))^2 + (2,93 - 1,83)^2 + \dots + (-3 - 5,7)^2}{(-2,77)^2 + 1,83^2 + \dots + (-3)^2} = 2,212$$

6. Untuk ukuran sample tertentu dan banyaknya variable yang menjelaskan tertentu, dapatkan nilai kritis d_L dan d_U (lihat tabel statistik d dari durbin-watson). Dengan nilai $\alpha=0,05$. diperoleh nilai d_L dan d_U sebagai berikut :

$$d_L = 1,758$$

$$d_U = 1,778$$

7. Analisa apakah data bersifat acak atau tidak dengan menggunakan hipotesis.

H_0 : data tidak ada serial autokorelasi, baik positif maupun negatif

H_1 : data ada serial autokorelasi, baik positif maupun negatif

Penarikan kesimpulan berdasarkan :

$$d_U \leq d \leq 4 - d_U : \text{tidak menolak } H_0$$

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai durbin-watson (d) sebesar 2,212. Nilai tersebut berada pada rentang $1,778 \leq d \leq 2,222$. Oleh karena kesimpulan yang dapat ditarik adalah terima H_0 , yang berarti data tidak mempunyai serial autokorelasi, baik positif maupun negatif. Tabel 4.16 menampilkan rekapitulasi pengujian asumsi sebelum anova untuk data perproduktivitas pada penelitian kali ini.

Tabel 4.16 Rekapitulasi Pengujian Asumsi Anova Data Produktivitas

Asumsi	Alat Uji	Keterangan	Hasil Pengujian
Normalitas	Uji Liliefors	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perlakuan A1_B1 ▪ Perlakuan A1_B2 ▪ Perlakuan A2_B1 ▪ Perlakuan A2_B2 ▪ Perlakuan A3_B1 ▪ Perlakuan A3_B2 ▪ Perlakuan A4_B1 ▪ Perlakuan A4_B2 ▪ Perlakuan A5_B1 ▪ Perlakuan A5_B2 ▪ Perlakuan A6_B1 ▪ Perlakuan A6_B2 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Normal
Homogenitas	Uji Levene	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Faktor Suara(A) ▪ Faktor Pencahayaan (B) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Homogen ▪ Homogen
Independensi	Uji Durbin-Watson	Seluruh data	Independen

Berdasarkan hasil uji normalitas, uji homogenitas, dan uji independensi maka data produktivitas hasil eksperimen memenuhi asumsi anova. Oleh karena asumsi anova telah terpenuhi, maka data produktivitas hasil eksperimen dapat dilanjutkan untuk pengolahan analisis variansi.

4.3.2 Pengujian Anova

Pengujian analisis variansi dilakukan untuk mengetahui apakah faktor-faktor yang diteliti berpengaruh signifikan terhadap produktivitas. Hipotesis umum yang diajukan dalam eksperimen ini adalah ada faktor yang mempengaruhi produktivitas, yang mungkin faktor tersebut berdiri sendiri ataupun faktor tersebut berinteraksi dengan faktor-faktor lainnya. Hipotesis umum ini disebut sebagai hipotesis satu (H_1).

Prosedur pengujian anava diperlihatkan sebagaimana pembahasan di bawah ini. Adapun hipotesis nol yang diajukan dalam analisis variansi adalah :

H_{01} : Pengaruh suara tidak signifikan terhadap produktivitas.

H_{02} : Pengaruh pencahayaan tidak signifikan terhadap produktivitas.

H_{03} : Pengaruh interaksi suara dan pencahayaan tidak signifikan terhadap produktivitas

Adapun model anava yang digunakan untuk pengujian data eksperimen adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

Dimana :

$i = 1, 2, \dots, a$

$j = 1, 2, \dots, b$

$k = 1, 2, \dots, n$ (sampel x replikasi)

Y_{ijk} = variabel respon hasil observasi ke- k yang terjadi karena pengaruh bersama level ke-i faktor A dan level ke-j faktor B

μ = efek rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)

A_i = efek sebenarnya dari level ke-i faktor A

B_j = efek sebenarnya dari level ke-j faktor B

AB_{ij} = efek sebenarnya dari interaksi level ke-i faktor A dengan level ke-j faktor B

$\varepsilon_{k(ijk)}$ = efek sebenarnya dari unit eksperimen ke-k dalam kombinasi perlakuan (ij)

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai-nilai yang dibutuhkan untuk perhitungan anova. Prosedur perhitungan nilai-nilai tersebut dijelaskan oleh pembahasan di bawah ini. Adapun data yang digunakan seperti pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Data Produktivitas untuk Uji Anova

Faktor B	Faktor A						Tij	Tij ²
	[A1]	[A2]	[A3]	[A4]	[A5]	[A6]		
[B1]	112	105	127	128	115	125	21545	4.6E+08
	120	97	121	126	121	128		
	117	101	128	134	126	124		
	107	111	119	126	122	129		
	114	98	126	124	121	131		
	125	97	117	129	117	125		
	109	95	127	131	123	123		
	114	94	125	127	119	127		
	122	91	127	132	117	126		
	114	104	120	127	115	124		
	115	107	124	131	118	127		
	122	94	125	132	123	131		
	121	98	131	132	114	121		
	113	107	121	130	124	132		
	115	99	130	128	122	128		
	132	95	123	127	120	122		
	108	97	124	135	122	128		
	121	102	131	133	117	126		
	118	94	123	134	118	129		
	118	102	118	129	112	122		
	113	111	129	127	121	124		
	125	101	123	133	117	124		
	119	102	130	129	119	123		
	114	108	124	130	120	133		
112	103	132	125	117	130			
133	100	122	131	114	126			
112	98	128	129	125	124			
116	97	129	130	122	127			
121	95	124	131	120	132			
115	106	122	132	119	126			
jumlah	3517	3009	3750	3892	3580	3797		
jumlah²	1.2E+07	9E+06	1.4E+07	2E+07	1E+07	1.4E+07		

	111	101	122	127	113	119		
	115	98	124	125	119	123		
	114	102	118	128	123	122		
	106	105	113	126	123	117		
	112	97	119	129	112	122		
	119	96	112	123	107	127		
	113	105	117	130	113	122		
	107	95	121	126	105	124		
	116	92	123	131	112	124		
	113	97	121	126	107	120		
	109	104	123	124	121	121		
	117	95	122	124	118	124		
	118	97	117	131	122	121		
	112	103	114	127	124	120		
[B2]	110	99	123	124	114	119		
	121	94	115	127	108	124		
	117	103	114	129	117	120		
	109	97	119	128	107	118		
	120	95	124	129	116	123		
	117	99	117	127	108	121		
	108	105	119	130	117	118		
	123	94	126	126	118	125		
	117	99	119	127	120	120		
	115	107	118	124	119	124		
	108	102	121	121	110	118		
	116	93	113	124	106	126		
	111	104	118	131	114	122		
	108	101	120	128	109	121		
	115	94	121	128	115	123		
	116	102	119	124	106	125	20840	4.3E+08
jumlah	3413	2975	3572	3804	3423	3653		
jumlah^2	1.2E+07	9E+06	1.3E+07	1E+07	1E+07	1.3E+07		
Tij	6930	5984	7322	7696	7003	7450	42385	1.8E+09
Tij^2	4.8E+07	4E+07	5.4E+07	6E+07	5E+07	5.6E+07	2E+09	

- Jumlah nilai pengamatan setiap *level* (J_i .)

- Level A1

$$A_1 = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{1,jk}$$

$$= 112 + 120 + 117 + \dots + 116$$

$$= 6930$$

- Level A2

$$\begin{aligned} A_2 &= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{2,jk} \\ &= 105 + 97 + 101 + \dots + 102 \\ &= 5984 \end{aligned}$$

- Level A3

$$\begin{aligned} A_3 &= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{3,jk} \\ &= 127 + 121 + 128 + \dots + 119 \\ &= 7322 \end{aligned}$$

- Level A4

$$\begin{aligned} A_4 &= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{4,jk} \\ &= 128 + 126 + 134 + \dots + 124 \\ &= 7696 \end{aligned}$$

- Level A5

$$\begin{aligned} A_5 &= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{5,jk} \\ &= 115 + 121 + 126 + 122 + \dots + 106 \\ &= 7003 \end{aligned}$$

- Level A6

$$\begin{aligned} A_6 &= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{6,jk} \\ &= 125 + 128 + 124 + \dots + 125 \\ &= 7450 \end{aligned}$$

- Level B1

$$\begin{aligned} B_1 &= \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^n Y_{1,jk} \\ &= 112 + 105 + 127 + \dots + 126 \\ &= 21545 \end{aligned}$$

- Level B2

$$\begin{aligned}
 B_2 &= \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^n Y_{i2k} \\
 &= 111 + 101 + 122 + \dots + 125 \\
 &= 208040
 \end{aligned}$$

- Jumlah nilai pengamatan setiap perlakuan

- Perlakuan A1_B1

$$\begin{aligned}
 A_1B_1 &= \sum_{k=1}^n Y_{11k} \\
 &= 3517
 \end{aligned}$$

- Perlakuan A1_B2

$$\begin{aligned}
 A_1B_2 &= \sum_{k=1}^n Y_{12k} \\
 &= 3413
 \end{aligned}$$

- Perlakuan A2_B1

$$\begin{aligned}
 A_2B_1 &= \sum_{k=1}^n Y_{21k} \\
 &= 3009
 \end{aligned}$$

- Perlakuan A2_B2

$$\begin{aligned}
 A_2B_2 &= \sum_{k=1}^n Y_{22k} \\
 &= 2975
 \end{aligned}$$

- Perlakuan A3_B1

$$\begin{aligned}
 A_3B_1 &= \sum_{k=1}^n Y_{31k} \\
 &= 3750
 \end{aligned}$$

- Perlakuan A3_B2

$$\begin{aligned}
 A_3B_2 &= \sum_{k=1}^n Y_{32k} \\
 &= 3572
 \end{aligned}$$

- Perlakuan A4_B1

$$A_4B_1 = \sum_{k=1}^n Y_{41k}$$
$$= 3892$$

- Perlakuan A4_B2

$$A_4B_2 = \sum_{k=1}^n Y_{42k}$$
$$= 3804$$

- Perlakuan A5_B1

$$A_5B_1 = \sum_{k=1}^n Y_{51k}$$
$$= 3580$$

- Perlakuan A5_B2

$$A_5B_2 = \sum_{k=1}^n Y_{52k}$$
$$= 3423$$

- Perlakuan A6_B1

$$A_6B_1 = \sum_{k=1}^n Y_{61k}$$
$$= 3797$$

- Perlakuan A6_B2

$$A_6B_2 = \sum_{k=1}^n Y_{62k}$$
$$= 3653$$

Ringkasan hasil perhitungan untuk tiap level seperti di atas dapat dilihat pada tabel 4.18 berikut ini.

Tabel 4.18 Jumlah Data Produktivitas tiap Level Perlakuan

	LEVEL	JUMLAH
A	A1	6930
	A2	5984
	A3	7322
	A4	7696
	A5	7003
	A6	7450
B	B1	21545
	B2	20840
A x B	A1B1	3517
	A1B2	3413
	A2B1	3009
	A2B2	2975
	A3B1	3750
	A3B2	3572
	A4B1	3892
	A4B2	3804
	A5B1	3580
	A5B2	3423
	A6B1	3797
	A6B2	3653

- Jumlah nilai semua pengamatan (JP)

$$\begin{aligned}
 JP &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \\
 &= 112 + 120 + 117 + \dots + 125 \\
 &= 42385
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat semua pengamatan (JK)

$$\begin{aligned}
 JK &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 \\
 &= 112^2 + 120^2 + 117^2 + \dots + 125^2 \\
 &= 5028061
 \end{aligned}$$

- Faktor koreksi (FK)

$$\begin{aligned}
 FK &= \frac{JP^2}{abn} \\
 &= \frac{5028061^2}{6 \times 2 \times 30} \\
 &= 13966,84
 \end{aligned}$$

- *Sum square* total (SS_{total})

$$\begin{aligned} SS_{\text{total}} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - FK \\ &= (112^2 + 120^2 + 117^2 + \dots + 125^2) - 13966,84 \\ &= 37815,931 \end{aligned}$$

- *Sum square* faktor suara (SS_A)

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a A_i^2 - FK \\ &= \frac{1}{2 \times 30} \sum_{i=1}^a A_i^2 - 13966,84 \\ &= 30051,014 \end{aligned}$$

- *Sum square* faktor pencahayaan (SS_B)

$$\begin{aligned} SS_B &= \frac{1}{an} \sum_{i=1}^b B_i^2 - FK \\ &= \frac{1}{6 \times 30} \sum_{i=1}^b B_i^2 - 13966,84 \\ &= 1380,625 \end{aligned}$$

- *Sum square* interaksi faktor suara dan pencahayaan ($SS_{A \times B}$)

$$\begin{aligned} SS_{A \times B} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (A_i B_j)^2 - FK - SS_A - SS_B \\ &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (A_i B_j)^2 - 13966,84 - 30051,014 - 1380,625 \\ &= 232,458 \end{aligned}$$

- *Sum square* error (SS_{error})

$$\begin{aligned} SS_{\text{error}} &= SS_{\text{total}} - FK - SS_A - SS_B - SS_{AB} \\ &= 37815,931 - 13966,84 - 30051,014 - 1380,625 - 232,458 \\ &= 6151,833 \end{aligned}$$

- Mean Square faktor suara (MS_A)

$$\begin{aligned} MS_A &= \frac{SS_A}{df_A} \\ &= \frac{30051,014}{5} \\ &= 6010,203 \end{aligned}$$

- Mean Square faktor pencahayaan (MS_B)

$$\begin{aligned} MS_B &= \frac{SS_B}{df_B} \\ &= \frac{1380,625}{1} \\ &= 1380,625 \end{aligned}$$

- Mean Square interaksi faktor suara dan pencahayaan (MS_{AxB})

$$\begin{aligned} MS_{AxB} &= \frac{SS_{AxB}}{df_{AxB}} \\ &= \frac{232,458}{5} \\ &= 46,492 \end{aligned}$$

- Mean Square error (MS_{error})

$$\begin{aligned} MS_{error} &= \frac{SS_{error}}{df_{error}} \\ &= \frac{6151,833}{348} \\ &= 17,678 \end{aligned}$$

- F hitung faktor suara ($F_{hitungA}$)

$$\begin{aligned} F_{hitung A} &= \frac{MS_A}{MS_{error}} \\ &= \frac{6010,203}{17,678} \\ &= 13,400 \end{aligned}$$

- F hitung faktor pencahayaan ($F_{hitungB}$)

$$\begin{aligned} F_{hitung B} &= \frac{MS_B}{MS_{error}} \\ &= \frac{1380,625}{17,678} \\ &= 78,1 \end{aligned}$$

- F hitung interaksi faktor suara dan pencahayaan ($F_{hitungAxB}$)

$$F_{hitung AxB} = \frac{MS_{AxB}}{MS_{error}}$$

$$= \frac{46,492}{17,678}$$

$$= 2,63$$

Ringkasan hasil perhitungan untuk uji anova seperti di atas dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Anova Data Produktivitas

Sumber Variasi	Sum Of Square	df	Mean Of Square	Fhitung	F _{tabel}	H ₀
JK(A)	30051,014	5	6010,203	339,988	2,21	Ditolak
JK(B)	1380,625	1	1380,625	78,1	3,84	Ditolak
JK(AB)	232,458	5	46,492	2,63	3,84	Diterima
Error	6151,833	348	17,678			
JKT	37815,931	359				

Keputusan terhadap hipotesis nol didasarkan pada nilai F_{hitung} , yakni hipotesis nol (H_0) ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$. F_{tabel} diperoleh dari tabel distribusi F kumulatif, dengan $df_1 = df$ yang bersangkutan dan $df_2 = df_{error}$, yang dapat dilihat pada **Lampiran L-2**.

Selain dengan menggunakan perhitungan secara manual seperti di atas, dapat menggunakan *software* SPSS untuk melakukan uji analisis variansi. Hasil uji anova dengan SPSS dapat dilihat pada Tabel 4.20 di bawah ini.

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Anova Data Produktivitas Menggunakan SPSS

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: produktivitas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	H ₀
Corrected Model	31664.097 ^a	11	2878.554	162.836	.000	
Intercept	4990245.069	1	4990245.069	282290.7	.000	
SUARA	30051.014	5	6010.203	339.988	.000	✘
CAHAYA	1380.625	1	1380.625	78.100	.000	✘
SUARA * CAHAYA	232.458	5	46.492	2.630	.024	✓
Error	6151.833	348	17.678			
Total	5028061.000	360				
Corrected Total	37815.931	359				

a. R Squared = .837 (Adjusted R Squared = .832)

Keterangan : ✓ = H₀ diterima, ✘ = H₀ ditolak

Berdasarkan Tabel 4.20, untuk memutuskan diterima atau ditolaknya H_0 adalah dengan melihat nilai-nilai pada kolom *sig* (signifikansi). Nilai signifikansi tersebut menyatakan **besarnya peluang menolak H_0 padahal H_0 benar**. Perlu diingat bahwa :

$$1 = P(H_0 \text{ ditolak } H_0 \text{ memang tidak benar}) + P(H_0 \text{ ditolak padahal } H_0 \text{ benar})$$

dimana ,

$$P(H_0 \text{ ditolak padahal } H_0 \text{ benar}) = \alpha = \text{signifikansi}$$

Apabila nilai signifikansi 0,000 berarti α sangat kecil, maka peluang **H_0 ditolak karena H_0 memang tidak benar** menjadi besar, sehingga keputusan yang diambil adalah menolak H_0 .

Penggunaan F_{hitung} dan penggunaan taraf signifikansi akan memberikan kesimpulan yang sama tentang hasil uji hipotesis analisis variansi. Keputusan yang diambil terhadap hasil analisis variansi data produktivitas adalah :

1. Ditinjau dari faktor jenis suara (faktor A), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ (nilai signifikansi $< 0,05$), sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh jenis suara **signifikan** terhadap produktivitas.
2. Ditinjau dari faktor jenis pencahayaan (faktor B), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ (nilai signifikansi $< 0,05$), sehingga tolak H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh jenis pencahayaan **signifikan** terhadap produktivitas.
3. Ditinjau dari interaksi antara faktor jenis suara (faktor A) dan jenis pencahayaan (faktor B), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ (nilai signifikansi $> 0,05$), sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh interaksi antara faktor jenis suara (faktor A) dan jenis pencahayaan (faktor B) **tidak signifikan** terhadap jumlah produktivitas.

4.3.3 Pengujian Setelah Anova

A. Pengujian *Student Newman Keuls* terhadap Jenis Suara

Uji *student newman keuls* (SNK) terhadap jenis suara dilakukan karena berdasarkan hasil uji anova, jenis suara dinyatakan berpengaruh signifikan terhadap produktivitas.

Tabel 4.21 adalah rata-rata produktivitas eksperimen kelompok I yang dikelompokkan berdasarkan jenis pencahayaan, kemudian diurutkan dari nilai terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.21 Rata-Rata Produktivitas Dikelompokkan berdasarkan Jenis Suara

A1	A2	A3	A4	A5	A6
Suara A2	Suara A1	Suara A5	Suara A6	Suara A3	Suara A4
99.733	115.5	116.7167	122.0337	124.1667	128.2667

Selanjutnya dihitung beberapa nilai untuk keperluan perbandingan SNK :

- Mean Square_{error} = 17,678 dengan df_{error} = 348, diperoleh dari proses perhitungan uji anova.
- Nilai error standar untuk mean level :

$$S_{\bar{y}.j} = \sqrt{\frac{MS_{error}}{k}} \quad , k = \text{jumlah data tiap level}$$

$$S_{\bar{y}.j} = \sqrt{\frac{17.678}{60}} = 0,543$$

- Untuk $\alpha = 0,05$ dan $n_2 = 348$ diperoleh *significant ranges* (dari tabel SNK)

p	:	2	3	4	5	6
range	:	2,77	3,32	3,63	3.86	4,03

- Nilai *Least Significant Range* (LSR) diperoleh dengan mengalikan *significant range* dengan error standar.

p	2	3	4	5	6
LSR	1,50355	1,802084256	1,9703512	2,095194346	2,18747

Menghitung beda (selisih) antar-*level* secara berpasangan dan membandingkannya dengan nilai LSR. Jika nilai selisih > LSR menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata interaksi tersebut. Proses perhitungan beda antar-*level* sebagaimana Tabel 4.22 berikut ini.

Tabel 4.22 Perhitungan Uji SNK Produktivitas terhadap Jenis Suara

Perbandingan	Selisih	LSR	Hasil
A1 – A6	28,53	2,19	beda
A1 – A5	12,77	2,10	beda
A1 – A4	11,55	1,97	beda
A1 – A3	6,23	1,80	beda

A1 – A2	4,10	1,50	beda
A2 – A6	24,43	2,10	beda
A2 – A5	8,67	1,97	beda
A2 – A4	7,45	1,80	beda
A2 – A3	2,13	1,50	beda
A3 – A6	22,30	1,97	beda
A3 – A5	6,53	1,80	beda
A3 – A4	5,32	1,50	beda
A4 – A6	16,98	1,80	beda
A4 – A5	1,22	1,50	sama
A5 – A6	15,77	1,50	beda

Uji SNK yang diperoleh pada Tabel 4.22 akan menghasilkan pengelompokan jenis pencahayaan. Banyaknya kelompok (*subset*) ditentukan oleh hasil SNK. Hasil SNK di atas menunjukkan bahwa dari 6 level jenis pencahayaan, terbagi menjadi 5 kelompok dimana terdapat satu kelompok yang terdiri dari dua level. Kelompok tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.23 dan tabel 4.24..

Tabel 4.23 Pengelompokan Jenis Suara berdasarkan Data Produktivitas

Jenis Pencahayaan	Level	Kelompok				
		1	2	3	4	5
Suara A2	A6	99.73				
Suara A1	A5		115.5			
Suara A5	A4		116.72			
Suara A6	A3			122.03		
Suara A3	A2				124.17	
Suara A4	A1					128.27

Dengan menggunakan software SPSS menghasilkan jawaban yang sama dengan menggunakan cara manual :

Tabel 4.24 Pengelompokan Jenis Suara berdasarkan Data Produktivitas menggunakan Uji SNK dengan *Software* SPSS

produktivitas

Student-Newman-Keuls ^{a,b}

suara	N	Subset				
		1	2	3	4	5
suara bising	60	99.73				
tanpa suara (tenang)	60		115.50			
suara bising ditutup	60		116.72			
suara musik loudspeaker	60			122.03		
suara bising ditutup	60				124.17	
suara musik headphone	60					128.27
Sig.		1.000	.114	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 17.678.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

Informasi yang diperoleh dari Tabel 4.23 dan 4.24 adalah :

Rata-rata produktivitas untuk semua jenis suara berbeda, kecuali untuk level suara tenang tidak berbeda signifikan dengan level suara bising dikombinasikan suara musik *loudspeaker*.

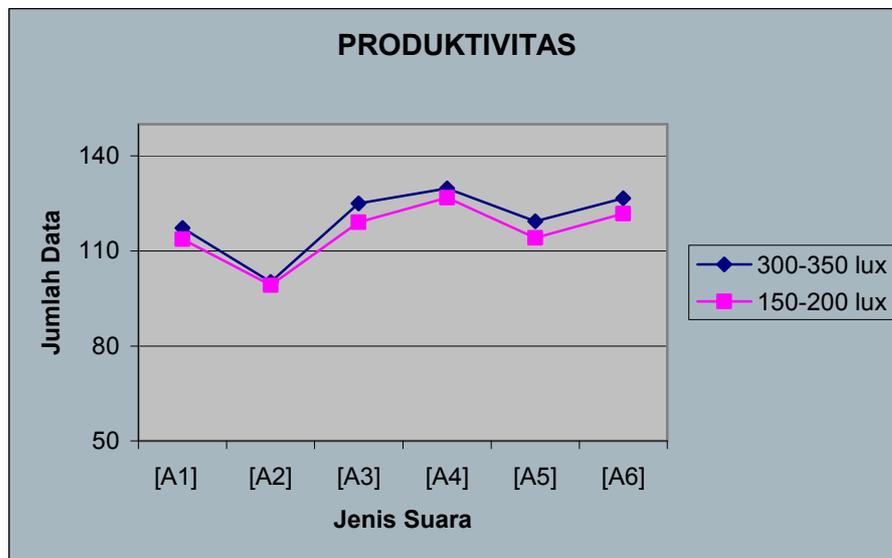
B. Grafik perbandingan pengaruh jenis pencahayaan

Dari hasil uji anova dapat diketahui bahwa jenis pencahayaan berpengaruh signifikan terhadap produktivitas. Dengan melihat hasil eksperimen dan dengan menggunakan grafik perbandingan rata-rata hasil maka akan terlihat dengan jelas *level* mana yang lebih baik pengaruhnya pada produktivitas. Berikut ini Tabel 4.25 yang menunjukkan rata-rata hasil untuk tiap kelompok pengujian:

Tabel 4.25 Hasil Rata-Rata Data Produktivitas Tiap Kelompok Eksperimen

pencahayaan	A1	A2	A3	A4	A5	A6
300-350 lux	117.2333	100.3	125	129.733	119.333	126.5667
150-200 lux	113.7667	99.167	119.0667	126.8	114.1	121.7667

Berikut ini grafik perbandingan hasil rata-rata tiap jenis pencahayaan antar jenis suara pada masing-masing kelompok yang disajikan pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Produktivitas Rata-Rata tiap Jenis Suara antar Jenis Pencahayaan

4.3.4 Perhitungan Persentase Kontribusi (*P*)

Setelah perhitungan analisis variansi, langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan kontribusi setiap faktor. Tujuan perhitungan ini untuk memastikan apakah semua faktor yang berpengaruh signifikan telah masuk dalam model. Selain itu persentase kontribusi digunakan untuk melihat seberapa besar faktor tersebut memberikan kontribusi pada jumlah kuadrat totalnya.

Prosedur perhitungan persentase kontribusi dijelaskan pada pembahasan di bawah ini.

1. Hitung nilai Pure Sum of Squares (SS') setiap sumber keragaman dengan menggunakan rumus :

$$SS'_{\text{sumber}} = SS_{\text{sumber}} - (MS_{\text{error}} \times df_{\text{sumber}})$$

– Faktor suara (A)

$$\begin{aligned} SS'_A &= SS_A - (MS_{\text{error}} \times df_A) \\ &= 30051,014 - (17,678 \times 5) \\ &= 29962,625 \end{aligned}$$

- Faktor pencahayaan (B)

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - (MS_{\text{error}} \times df_B) \\ &= 1380,625 - (17,678 \times 1) \\ &= 1362,947 \end{aligned}$$

- Interaksi faktor suara dan pencahayaan (AxB)

$$\begin{aligned} SS'_{AxB} &= SS_{AxB} - (MS_{\text{error}} \times df_{AxB}) \\ &= 232,458 - (17,678 \times 5) \\ &= 144,070 \end{aligned}$$

2. Membandingkan nilai Pure Sum of Squares setiap factor dengan Sum Squares Total untuk menghitung nilai kontribusi setiap sumber keragaman (P_A).

- Faktor suara (A)

$$\begin{aligned} P_A &= \frac{SS'_A}{SS_{TOTAL}} \times 100\% \\ &= \frac{29962,625}{37815,931} \times 100\% \\ &= 79,233\% \end{aligned}$$

- Faktor pencahayaan(B)

$$\begin{aligned} P_B &= \frac{SS'_B}{SS_{TOTAL}} \times 100\% \\ &= \frac{1362,947}{37815,931} \times 100\% \\ &= 3,604\% \end{aligned}$$

- Interaksi faktor suara dan pencahayaan(AxB)

$$\begin{aligned} P_{AxB} &= \frac{SS'_{AxB}}{SS_{TOTAL}} \times 100\% \\ &= \frac{144,07}{37815,931} \times 100\% \\ &= 0,580\% \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil seluruh perhitungan ditampilkan pada tabel 4.26 berikut ini.

Tabel 4.26 Perhitungan Persentase Kontribusi Faktor Sumber Keragaman Data Produktivitas

Sumber	SS	df	MS	F hitung	SS'	% kontribusi
A	30051,014	5	6010,203	339,988	29962,625	79,233
B	1380,625	1	1380,625	78,100	1362,947	3,604
A x B	232,458	5	46,492	2,630	144,070	0,381
Error	6151,833	348	17,678			
Total	37815,931	359				

Tabel 4.26 menunjukkan bahwa persentase kontribusi sumber keragaman yang dihitung memberikan pengaruh yang besar terhadap produktivitas. Namun masih terdapat faktor lain yang tidak diteliti yang turut berpengaruh terhadap produktivitas.

4.4 Pengujian Kenyamanan

Cara pengujian yang dilakukan pada data denyut jantung sama dengan cara pengujian pada data produktivitas. Pada pengujian kenyamanan perhitungan ditampilkan dalam bentuk SPSS disertai tabel dan gambar hasil pengujian.

4.4.1 Pengujian Asumsi Anova Kenyamanan

Uji asumsi anova yang dilakukan adalah uji kenormalan, uji homogenitas dan uji independensi.

A. Pengujian Normalitas Kenyamanan

Tabel 4.27 merupakan hasil uji normalitas terhadap seluruh perlakuan pada data denyut jantung.

Tabel 4.27 Hasil Uji Normalitas Kenyamanan

No.	Perlakuan	Nilai L hitung	Nilai L tabel	Kesimpulan
1	A1B1	0.12228035	0.161	NORMAL
2	A1B2	0.096045944	0.161	NORMAL
3	A2B1	0.11941133	0.161	NORMAL
4	A2B2	0.111046185	0.161	NORMAL
5	A3B1	0.116298932	0.161	NORMAL
6	A3B2	0.149031488	0.161	NORMAL
7	A4B1	0.111119417	0.161	NORMAL
8	A4B2	0.103174877	0.161	NORMAL

9	A5B1	0.131673567	0.161	NORMAL
10	A5B2	0.131444171	0.161	NORMAL
11	A6B1	0.157717852	0.161	NORMAL
12	A6B2	0.106944804	0.161	NORMAL

Berdasarkan Tabel 4.27, diperoleh informasi bahwa seluruh nilai L hitung berada di bawah nilai L_{tabel} ($L_{0.05;30} = 0,161$). Hasil pengujian normalitas data dengan software SPSS ditampilkan pada tabel 4.28 berikut ini:

Tabel 4.28 Hasil Uji Normalitas Data Kenyamanan dengan *Software* SPSS

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2	A3B1	A3B2
N	30	30	30	30	30	30
Normal Parameters						
Mean	77.20	76.47	78.90	77.30	76.30	76.00
Std. Deviation	3.986	2.956	4.139	2.818	2.731	2.613
Most Extreme Differences						
Absolute	.122	.098	.119	.131	.133	.149
Positive	.122	.096	.119	.111	.116	.149
Negative	-.094	-.098	-.081	-.131	-.133	-.111
Kolmogorov-Smirnov Z	.670	.537	.654	.720	.729	.816
Asymp. Sig. (2-tailed)	.761	.935	.786	.678	.662	.518

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	A4B1	A4B2	A5B1	A5B2	A6B1	A6B2
N	30	30	30	30	30	30
Normal Parameters						
Mean	75.07	75.90	75.40	75.73	76.37	76.73
Std. Deviation	2.392	2.578	2.444	3.016	2.526	2.815
Most Extreme Differences						
Absolute	.123	.126	.132	.131	.158	.140
Positive	.111	.103	.132	.131	.158	.103
Negative	-.123	-.126	-.123	-.088	-.141	-.140
Kolmogorov-Smirnov Z	.676	.688	.721	.720	.864	.768
Asymp. Sig. (2-tailed)	.751	.730	.676	.678	.445	.596

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

B. Pengujian Homogenitas

Pengujian homogenitas dilakukan dengan metode *levене test*, yakni menguji kesamaan ragam data observasi antar level faktornya. Uji homogenitas dilakukan terhadap data yang dikelompokkan berdasarkan jenis suara dan jenis pencahayaan.

1. Uji homogenitas data antar level suara

Hipotesis yang diajukan adalah :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 = \sigma_6^2$$

H_1 : Data antar level pencahayaan memiliki ragam yang tidak sama

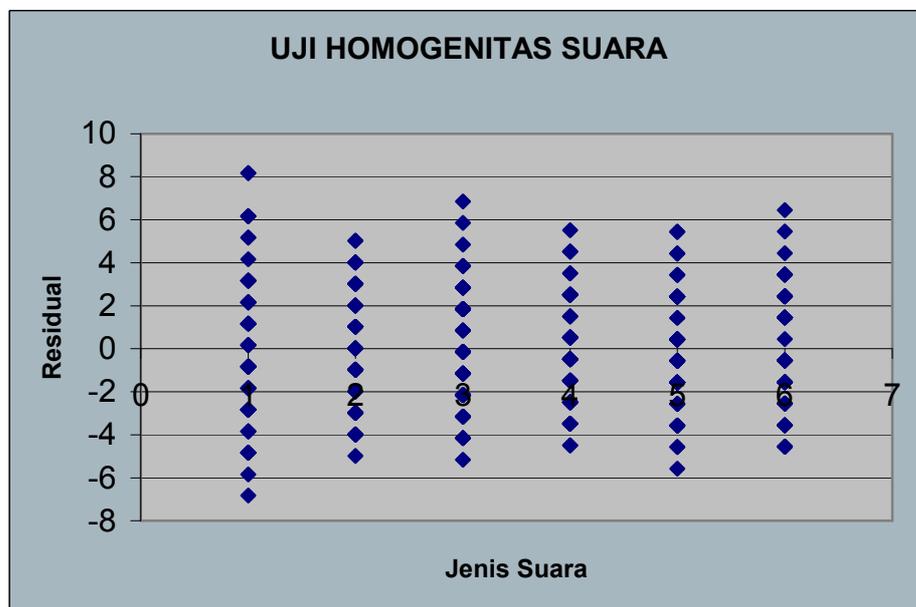
Taraf nyata $\alpha = 0,05$ dan wilayah kritik $F > F_{0,05} (5 ; 60)$

Nilai-nilai hasil perhitungan dirangkum pada Tabel 4.29 di bawah ini.

Tabel 4.29 Hasil Uji Homogenitas Data Kenyamanan Dikelompokkan berdasarkan Jenis Suara

Sumber Keragaman	Df	SS	MS	F	F _{0.05}
Suara	5	20,81842	4,163685	1,720302	2,21
Error	354	856,7942	2,420323		
Total	359	877,6126	2,444603		

Berdasarkan Tabel 4.29, nilai F_{hitung} sebesar 1,72 lebih kecil dari F_{tabel} (2,21), sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa data antar level suara memiliki ragam yang sama (homogen). Grafik data kenyamanan dikelompokkan berdasar level suara dapat dilihat di gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik Data Kenyamanan berdasarkan Jenis Suara

2. Uji homogenitas data antar level jenis pencahayaan

Hipotesis yang diajukan adalah :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

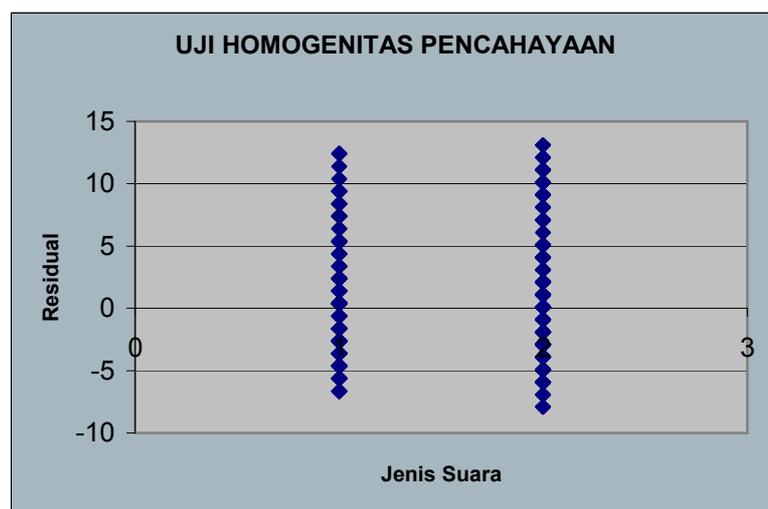
Taraf nyata $\alpha = 0.05$ dan wilayah kritik $F > F_{0.05}$

Nilai-nilai hasil perhitungan dirangkum pada Tabel 4.30 di bawah ini.

Tabel 4.30 Hasil Uji Homogenitas Data kenyamanan Dikelompokkan berdasarkan Jenis Pencahayaan

Sumber Keragaman	Df	SS	MS	F	F _{0.05}
Pencahayaan	1	0,347753429	0,347753	0,041854	2,21
Error	358	2974,492847	8,308639		
Total	359	2974,8406	8,286464		

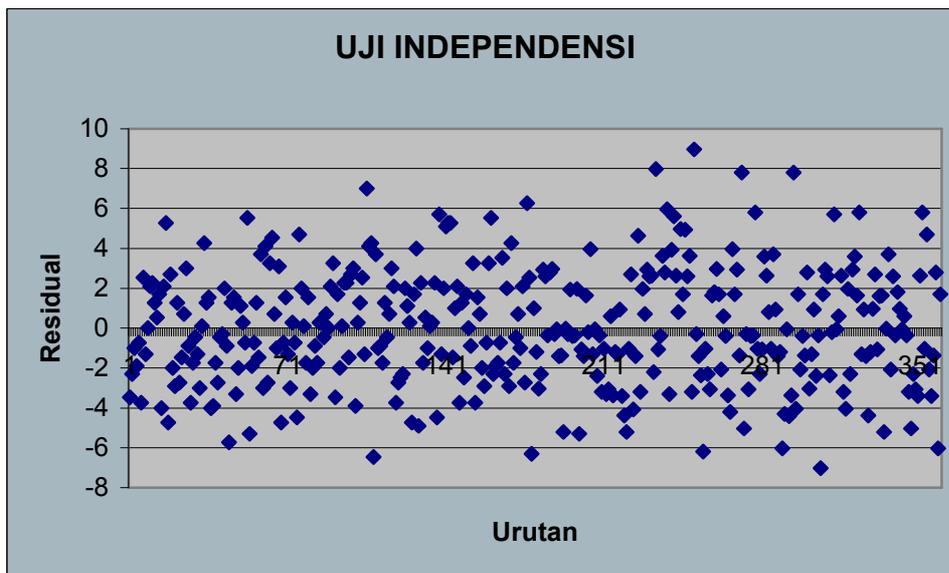
Berdasarkan Tabel 4.30, nilai F_{hitung} sebesar 0,042 lebih kecil dari F_{tabel} (2,21), sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa data antar level pencahayaan memiliki ragam yang sama (homogen). Grafik data kenyamanan dikelompokkan berdasar level pencahayaan dapat dilihat di gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik Data Kenyamanan berdasarkan Jenis Pencahayaan

C. Pengujian Independensi

Pengujian independensi eksperimen dilakukan dengan memplot residual data pada tiap perlakuan berdasarkan urutan eksperimen (pengambilan data). Nilai residual diperoleh dari selisih data observasi dengan rata-rata pada tiap perlakuannya. Data residual kemudian diplotkan berdasarkan urutan eksperimennya (urutan pengambilan data) sebagaimana Gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4.8 Plot Residual Data Kenyamanan Terhadap Urutan Eksperimen

Berdasarkan Gambar 4.8 terlihat bahwa nilai-nilai residual tersebar hampir merata di sekitar nol dan tidak terdapat pola khusus, sehingga dapat disimpulkan bahwa data hasil eksperimen memenuhi syarat independensi.

Pengujian independensi secara grafik kurang objektif jika digunakan dalam penarikan kesimpulan independensi data, oleh karena itu juga dilakukan pengujian independensi secara matematis dengan menggunakan uji *durbin-watson*.

H_0 : data tidak ada serial autokorelasi, baik positif maupun negatif

H_1 : data ada serial autokorelasi, baik positif maupun negatif

Penarikan kesimpulan berdasarkan :

$$d_U \leq d \leq 4 - d_U : \text{tidak menolak } H_0$$

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai *durbin-watson* (d) sebesar 2.113. Nilai tersebut berada pada rentang $1.778 \leq d \leq 2.222$. Oleh karena kesimpulan yang

dapat ditarik adalah terima H_0 , yang berarti data tidak mempunyai serial autokorelasi, baik positif maupun negatif.

Tabel 4.31 menampilkan rekapitulasi pengujian asumsi sebelum anova untuk data kenyamanan pada penelitian ini.

Tabel 4.31 Rekapitulasi Pengujian Asumsi Anova Data Kenyamanan

Asumsi	Alat Uji	Keterangan	Hasil Pengujian
Normalitas	Uji Liliefors	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perlakuan A1_B1 ▪ Perlakuan A1_B2 ▪ Perlakuan A2_B1 ▪ Perlakuan A2_B2 ▪ Perlakuan A3_B1 ▪ Perlakuan A3_B2 ▪ Perlakuan A4_B1 ▪ Perlakuan A4_B2 ▪ Perlakuan A5_B1 ▪ Perlakuan A5_B2 ▪ Perlakuan A6_B1 ▪ Perlakuan A6_B2 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Normal
Homogenitas	Uji Levene	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Faktor Suara(A) ▪ Faktor Pencahayaan (B) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Homogen ▪ Homogen
Independensi	Uji Durbin-Watson	Seluruh data	Independen

Berdasarkan hasil uji normalitas, uji homogenitas, dan uji independensi maka data denyut jantung hasil eksperimen memenuhi asumsi anova. Oleh karena asumsi anova telah terpenuhi, maka data denyut jantung hasil eksperimen dapat dilanjutkan untuk pengolahan analisis variansi.

4.4.2 Pengujian Anova Kenyamanan

Pengujian analisis variansi dilakukan untuk mengetahui apakah faktor-faktor yang diteliti berpengaruh signifikan terhadap kenyamanan. Hipotesis umum yang diajukan dalam eksperimen ini adalah ada faktor yang mempengaruhi denyut jantung, yang mungkin faktor tersebut berdiri sendiri ataupun faktor tersebut berinteraksi dengan faktor-faktor lainnya. Hipotesis umum ini disebut sebagai hipotesis satu (H_1).

Adapun hipotesis nol yang diajukan dalam analisis variansi adalah :

H_{01} : Pengaruh suara tidak signifikan terhadap kenyamanan.

H_{02} : Pengaruh pencahayaan tidak signifikan terhadap kenyamanan.

H_{03} : Pengaruh interaksi suara dan pencahayaan tidak signifikan terhadap kenyamanan

Adapun model anova yang digunakan untuk pengujian data eksperimen adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

Tabel 4.32 Hasil Perhitungan Anova Data Kenyamanan

Sumber Variasi	Sum Of Square	df	Mean Of Square	Fhitung	F _{tabel}	H ₀
JK(A)	281,047	5	56,209	6,380	2,21	Ditolak
JK(B)	3,025	1	3,025	0,343	3,84	Diterima
JK(AB)	58,892	5	11,778	1,337	3,84	Diterima
Error	3066,033	348	8,81044061			
JKT	3408,997	359				

Keputusan terhadap hipotesis nol didasarkan pada nilai F_{hitung} , yakni hipotesis nol (H_0) ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$. F_{tabel} diperoleh dari tabel distribusi F kumulatif, dengan $df_1 = df$ yang bersangkutan dan $df_2 = df_{error}$.

Selain dengan menggunakan perhitungan secara manual seperti di atas, dapat menggunakan *software* SPSS untuk melakukan uji analisis variansi. Hasil uji anava dengan SPSS dapat dilihat pada Tabel 4.33 berikut ini.

Tabel 4.33 Hasil Perhitungan Anova menggunakan SPSS

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: denyut jantung

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	H ₀
Corrected Model	342.964 ^a	11	31.179	3.539	.000	
Intercept	2103904.003	1	2103904.003	238796.7	.000	
SUARA	281.047	5	56.209	6.380	.000	✘
CAHAYA	3.025	1	3.025	.343	.558	✓
SUARA * CAHAYA	58.892	5	11.778	1.337	.248	✓
Error	3066.033	348	8.810			
Total	2107313.000	360				
Corrected Total	3408.997	359				

a. R Squared = .101 (Adjusted R Squared = .072)

Keterangan : ✓ = H₀ diterima, ✘ = H₀ ditolak

Berdasarkan Tabel 4.32, untuk memutuskan diterima atau ditolaknya H₀ adalah dengan melihat nilai-nilai pada kolom *sig* (signifikansi). Nilai signifikansi tersebut menyatakan **besarnya peluang menolak H₀ padahal H₀ benar**. Perlu diingat bahwa :

$$1 = P(H_0 \text{ ditolak } H_0 \text{ memang tidak benar}) + P(H_0 \text{ ditolak padahal } H_0 \text{ benar})$$

dimana ,

$$P(H_0 \text{ ditolak padahal } H_0 \text{ benar}) = \alpha = \text{signifikansi}$$

Apabila nilai signifikansi 0,000 berarti α sangat kecil, maka peluang **H₀ ditolak karena H₀ memang tidak benar** menjadi besar, sehingga keputusan yang diambil adalah menolak H₀ .

Penggunaan F_{hitung} dan penggunaan taraf signifikansi akan memberikan kesimpulan yang sama tentang hasil uji hipotesis analisis variansi. Keputusan yang diambil terhadap hasil analisis variansi data kenyamanan adalah :

1. Ditinjau dari faktor jenis suara (faktor *A*), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ (nilai signifikansi $< 0,05$), sehingga tolak H₀ dan simpulkan bahwa pengaruh jenis suara **signifikan** terhadap kenyamanan.
2. Ditinjau dari faktor jenis pencahayaan (faktor *B*), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ (nilai signifikansi $< 0,05$), sehingga tolak H₀ dan simpulkan bahwa pengaruh jenis pencahayaan **tidak signifikan** terhadap kenyamanan.

3. Ditinjau dari interaksi antara faktor jenis suara (faktor *A*) dan jenis pencahayaan (faktor *B*), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ (nilai signifikansi $> 0,05$), sehingga terima H_0 dan simpulkan bahwa pengaruh interaksi antara faktor jenis suara (faktor *A*) dan jenis pencahayaan (faktor *B*) **tidak signifikan** terhadap jumlah kenyamanan.

4.4.3 Uji Setelah Anova

Uji *student newman keuls* (SNK) terhadap jenis suara dilakukan karena berdasarkan hasil uji anova, jenis suara dinyatakan berpengaruh signifikan terhadap kenyamanan. Hasil uji SNK menunjukkan bahwa dari 6 level jenis suara, terbagi menjadi 2 kelompok dimana terdapat satu kelompok yang terdiri dari lima level. Kelompok tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.34 pada halaman selanjutnya.

Tabel 4.34 Pengelompokan Jenis Suara berdasarkan Data Kenyamanan

Jenis Suara	Level	Kelompok	
		1	2
Suara A4	A6	75,48	
Suara A5	A5	75,57	
Suara A3	A4	76,15	
Suara A6	A3	76,55	
Suara A1	A2	76,83	
Suara A2	A1		78,1

Dengan menggunakan software SPSS menghasilkan jawaban yang sama dengan menggunakan cara manual :

Tabel 4.35 Pengelompokkan jenis suara berdasarkan denyut jantung menggunakan uji SNK dengan *software* SPSS

frekuensi denyut jantung

Student-Newman-Keuls^{a,b}

suara	N	Subset	
		1	2
suara musik headphone	60	75.48	
suara bising ditutup	60	75.57	
suara musik loudspeaker	60	76.15	
suara bising ditutup	60	76.55	
suara musik headphone	60	76.83	
tanpa suara (tenang)	60		78.10
suara bising	60		78.10
Sig.		.095	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 8.810.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

Informasi yang diperoleh dari Tabel 4.34 dan 4.35 adalah :

Rata-rata denyut jantung untuk semua jenis suara sama, kecuali untuk level tanpa suara. bising berbeda signifikan dengan level suara yang lainnya.

4.4.4. Perhitungan Persentase Kontribusi (P)

Setelah perhitungan analisis variansi, langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan kontribusi setiap faktor. Rekapitulasi hasil seluruh perhitungan ditampilkan pada tabel 4.36 berikut ini.

Tabel 4.36 Perhitungan Persentase Kontribusi Sumber Keragaman

Sumber	SS	df	MS	F hitung	SS'	% kontribusi
A	281,047	5	56,209	6,380	236,995	6,952
B	3,025	1	3,025	0,343	-5,785	-0,170
A x B	58,892	5	11,778	1,337	14,839	0,435
Error	3066,033	348	8,810			
Total	3408,997	359				

Tabel 4.36 menunjukkan bahwa persentase kontribusi sumber keragaman yang dihitung memberikan pengaruh yang kecil terhadap kenyamanan. Artinya masih terdapat faktor lain yang tidak diteliti berpengaruh besar terhadap kenyamanan.

4.5. Pengujian Kenyamanan Sebelum dan Setelah Perlakuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara kenyamanan sebelum memperoleh perlakuan dengan d kenyamanan setelah mendapat perlakuan. Berikut ini dilakukan pengujian kenyamanan sebelum dibanding kenyamanan rata-rata setelah perlakuan A1B1. Hasil dengan SPSS dapat dilihat pada tabel 4.37, tabel 4.38, dan tabel 4.39.

Tabel 4.37 Output bagian pertama Uji T antara DJA – DJ A1B1

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	AWAL	74.1000	10	3.63471	1.14940
	A1B1	77.2000	10	2.65832	.84063

Pada bagian pertama menjelaskan 20 data yang dianalisis, dengan output kenyamanan sebelum dan setelah perlakuan A1B1.

Tabel 4.38 Output bagian kedua Uji T antara DJA – DJ A1B1

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	AWAL & A1B1	10	-.194	.591

Bagian kedua adalah hasil korelasi antara kedua variabel, yang menghasilkan angka-0,194 dengan nilai probabilitas di atas 0,05 (lihat signifikansi = 0,591). Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara rata-rata denyut jantung awal dan denyut jantung setelah perlakuan A1B1 adalah tidak signifikan.

Tabel 4.39 Output bagian ketiga Uji T antara DJA – DJ A1B1

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	AWAL - A1B1	-3.1000	4.90162	1.55003	-6.6064	.4064	-2.000	9	.077

H_0 : Kedua rata-rata kenyamanan adalah identik (kenyamanan sebelum dan setelah perlakuan A1B1 adalah sama atau tidak berbeda signifikan). Atau dapat dikatakan perlakuan A1B1 tidak berpengaruh pada kenyamanan.

H_1 : Kedua rata-rata kenyamanan adalah tidak identik (rata-rata kenyamanan sebelum dan setelah perlakuan A1B1 adalah berbeda signifikan). Atau dapat dikatakan perlakuan A1B1 berpengaruh pada kenyamanan.

Pengambilan keputusan :

a. Dasar pengambial keputusan dengan t hitun dengan t tabel:

Jika t hitung $>$ t tabel maka H_0 diterima.

Jika t hitung $<$ t tabel maka H_0 ditolak.

t hitung dari output adalah -2,00.

sedang t tabel dengan :

- tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$
- derajat kebebasan $df = 10 - 1 = 9$
- uji dilakukan dua sisi sehingga dari tabel t didapat angka 2,23
- didapat : $-2,23 < -2,000 < 2,23$

Keputusan:

Oleh karena t hitung -2,000 lebih besar dari -2,10 terletak pada daerah penerimaan H_0 maka kenyamanan sebelum dan setelah perlakuan A1B1 tidak berbeda signifikan.

b. Dasar pengambian keputusan berdasar nilai probabilitas:

Jika probabilitas $>$ 0,05 maka H_0 diterima.

Jika probabilitas $<$ 0,05 maka H_0 ditolak.

Keputusan :

Terlihat bahwa probabilitas (sig. 2 tailed) adalah 0,077. Oleh karena probabilitas $>$ 0,05 maka H_0 diterima dan diputuskan bahwa perlakuan A1B1 tidak berpengaruh pada kenyamanan.

Keseluruhan hasil perbandingan kenyamanan sebelum perlakuan dan kenyamanan setelah perlakuan dapat dilihat pada tabel 4. 40 berikut ini.

Tabel 4.40 Hasil Uji T antara DJA – DJ Perlakuan dengan SPSS

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)	Ho
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
					Lower	Upper				
Pair 1	AWAL - A1B1	-3.1000	4.90162	1.55003	-6.6064	.4064	-2.000	9	.077	✓
Pair 2	AWAL - A1B2	-2.3667	3.88555	1.22872	-5.1462	.4129	-1.926	9	.086	✓
Pair 3	AWAL - A2B1	-4.8000	5.07280	1.60416	-8.4289	-1.1711	-2.992	9	.015	×
Pair 4	AWAL - A2B2	-3.2000	4.20816	1.33074	-6.2103	-1.897	-2.405	9	.040	×
Pair 5	AWAL - A3B1	-2.2000	3.84643	1.21635	-4.9516	.5516	-1.809	9	.104	✓
Pair 6	AWAL - A3B2	-1.9000	3.96606	1.25418	-4.7371	.9371	-1.515	9	.164	✓
Pair 7	AWAL - A4B1	-.9667	3.79229	1.19923	-3.6795	1.7462	-.806	9	.441	✓
Pair 8	AWAL - A4B2	-1.8000	4.05578	1.28255	-4.7013	1.1013	-1.403	9	.194	✓
Pair 9	AWAL - A5B1	-1.3000	4.03824	1.27700	-4.1888	1.5888	-1.018	9	.335	✓
Pair 10	AWAL - A5B2	-1.6333	4.50911	1.42591	-4.8590	1.5923	-1.145	9	.282	✓
Pair 11	AWAL - A6B1	-2.2667	3.30282	1.04444	-4.6294	.0960	-2.170	9	.058	✓
Pair 12	AWAL - A6B2	-2.6333	3.59166	1.13578	-5.2026	-.0640	-2.319	9	.046	×

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa hanya rata-rata kenyamanan sebelum dan setelah perlakuan A2B1, kenyamanan sebelum dan setelah perlakuan A2B2, dan kenyamanan sebelum dan setelah perlakuan A6B2, yang berbeda signifikan. Sedangkan perlakuan yang lain, tidak berbeda secara signifikan.

BAB V

ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini membahas tentang analisis dan interpretasi hasil pengolahan data. Pembahasan diawali dengan analisis desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian. Kemudian dilanjutkan dengan analisis pemilihan responden. Setelah itu, dilakukan analisis pada hasil pengujian untuk produktivitas dan kenyamanan. Analisis terhadap produktivitas dan kenyamanan mencakup analisis dan interpretasi terhadap hasil pengujian asumsi-asumsi anova, hasil analisis variansi (anova), hasil

pengelompokan jenis suara dengan uji SNK, dan perhitungan persentase kontribusi faktor.

5.1 Analisis Desain Eksperimen

Desain faktorial merupakan solusi paling efisien jika dalam suatu eksperimen ingin diketahui pengaruh dari dua atau lebih faktor karena semua kemungkinan kombinasi tiap level dari faktor-faktor dapat diselidiki secara lengkap. Pada penelitian ini pengujian pengaruh suara dan pencahayaan pada produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer dilakukan dengan metode eksperimen faktorial dengan alat analisisnya adalah analisis variansi (anova). Penggunaan alat analisis variansi ini memerlukan syarat pemenuhan terhadap asumsi normalitas, homogenitas dan independensi.

Kelebihan desain faktorial adalah lebih efisien dibanding dengan metode *one-faktor-at-a-time*, dimana mampu menunjukkan efek interaksi antar faktor dan dapat memberikan perkiraan efek dari suatu faktor pada kondisi level yang berbeda-beda dari suatu faktor lain. Pada desain faktorial, setidaknya harus dilakukan dua replikasi/sampel untuk menentukan jumlah kuadrat *error* jika kemungkinan semua interaksinya masuk dalam model perhitungan. Untuk mengetahui variabilitas dari respon apakah benar-benar disebabkan oleh faktor dan interaksi yang dipilih dapat digunakan koefisien determinasi atau dengan analisa residual untuk melihat apakah model desain sudah sesuai.

Analisis variansi memberikan informasi berupa ada tidaknya signifikansi pengaruh yang berbeda antar perlakuan (suara, pencahayaan, dan interaksi antara suara dan pencahayaan) dalam percobaan terhadap produktivitas dan kenyamanan. Uji setelah anova diperlukan untuk mengetahui sejauh mana perbedaan antar level dalam faktor tersebut dinyatakan berpengaruh secara signifikan terhadap produktivitas dan kenyamanan. Besar persentase kontribusi faktor suara dan pencahayaan

dalam mempengaruhi produktivitas dan kenyamanan dihitung dengan perhitungan kontribusi faktor.

Tabel 5.1 Faktor-Faktor dan Level yang Terlibat dalam Eksperimen

Faktor	Simbo l	Level	Simbo l Level
Suara	A	suara tenang (45-55 dB)	A1
		suara bising (70-75 dB)	A2
		suara musik <i>loudspeaker</i> (65-70 dB)	A3
		suara musik <i>headphone</i>	A4
		suara bising (65-70 dB) dikombinasikan	A5
		suara musik <i>loudspeaker</i> (60-65 dB)	A6
Pencahayaa n	B	300-350 lux	B1
		150-200 lux	B2

Adapun penentuan level suara dan pencahayaan dilakukan beberapa pertimbangan berdasarkan kondisi lingkungan kerja kantor yang optimal dibandingkan kondisi di lingkungan kerja kantor pada umumnya. Pertimbangan yang digunakan dalam penentuan level suara yang digunakan adalah adanya bermacam suara di lingkungan kerja adalah suatu hal yang tidak dapat dihindarkan. Lingkungan kerja kantor bisa sepi/tenang dan bisa tidak. Suara yang muncul di lingkungan kerja kantor, antara lain seperti suara percakapan, suara dering telepon, suara *printer*, suara mesin ketik, dan suara kendaraan yang lewat di depan kantor. Untuk mengurangi gangguan adanya suara bising maka di tempat kerja biasa diperdengarkan suara musik. Penggunaan musik selain dapat mengurangi suara yang mengganggu dapat pula untuk menghilangkan kejenuhan pada kerja yang monoton. Namun dapat dimungkinkan juga adanya suara musik juga sebagai penyebab gangguan bagi pekerja dalam melaksanakan pekerjaannya.

Pertimbangan yang digunakan dalam penentuan level pencahayaan adalah di lingkungan kerja kantor memerlukan penerangan yang baik. Lingkungan kerja kantor umumnya tidak begitu memperhatikan tingkat

pencahayaannya yang optimal dalam bekerja, dan hanya menggunakan pencahayaannya alami (sinar matahari). Penggunaan lampu biasanya hanya pada saat cuaca mendung/gelap. Pencahayaannya yang terang sangat berpengaruh pada hasil kerja terutama dalam hal ketelitian. Karena pertimbangan tersebut di atas maka dalam penelitian ini didesain sedemikian rupa untuk melihat ada/tidaknya pengaruh suara dan pencahayaannya pada pengguna komputer dengan level-level yang telah disebutkan di atas.

5.2 Analisis Pemilihan Responden

Secara sederhana, apabila diinginkan membandingkan salah satu sifat data dari beberapa sampel, maka hasil perbandingan akan lebih baik jika sifat-sifat data yang lain berada dalam keadaan yang relatif sama. Artinya kalau ingin membandingkan rata-rata dari n sampel, maka hasil perbandingan akan lebih baik jika n sampel tersebut mempunyai ragam (variansi) dan bentuk (kesimetrian) yang sama. Oleh karena itu, perlu adanya pemilihan responden dalam pelaksanaan eksperimen. Pemilihan subyek penelitian (responden) dilakukan untuk mengurangi variabilitas hasil eksperimen. Pemilihan responden pada penelitian ini dilakukan berdasarkan metode *purposive sampling* berdasarkan tingkat pendidikan/jenis pekerjaan, usia, dan frekuensi interaksi dengan komputer. Pertimbangan pemilihan responden dari jenis pekerjaan, yaitu karyawan kantor adalah karena responden yang dipilih adalah karyawan yang bekerja menangani masalah administrasi yang mana sering berinteraksi dengan komputer dan dianggap mampu melaksanakan pekerjaan yang akan diberikan dalam penelitian. Pertimbangan berdasarkan usia adalah karena bila seseorang berusia antara 20-30 tahun dapat dikatakan telah mencapai tingkat kematangan emosi dan telah dewasa.

5.3 Analisis Hasil Uji Asumsi-Asumsi Anova

Analisis variansi perlu dilandasi pada asumsi bahwa data berdistribusi normal (normalitas), variansi antar sampel homogen (homogenitas) dan sampel diambil secara random (independensi). Hal tersebut diperlukan karena analisis variansi melakukan perbandingan variansi (variansi adalah salah satu sifat data) dari n sampel yang berasal dari k faktor secara berpasangan, dimana untuk menjadikan hasil analisis variansi bernilai baik (valid), maka diharapkan n sampel tersebut mempunyai variansi (ragam) dan bentuk kesimetrian (normalitas) yang sama.

Eksperimen yang telah dilakukan terdiri dari n sampel yang masing-masing berasal dari interaksi 2 fakto, yakni faktor suara dan pencahayaan, dimana suara memiliki 6 level dan pencahayaan memiliki 2 level. n sampel tersebut merupakan interaksi antara *level-level* yang dimiliki oleh tiap faktor, dimana dalam desain eksperimen n sampel disebut sebagai n perlakuan. Misalkan eksperimen dengan perlakuan pertama adalah eksperimen yang menggunakan *suara level ke-1* (suara tenang) dan pencahayaan level 1 (300-350 lux). Setiap perlakuan di dalam eksperimen ini, dilakukan sebanyak tiga kali oleh masing-masing responden. Jumlah reponden yang terlibat adalah sebanyak 10 orang sehingga terdapat data sebanyak 30 buah (3 replikasi x 10 responden).

Berdasarkan konsep dan proses eksperimen yang dikemukakan di atas, dalam kaitannya uji normalitas, maka diharapkan data hasil eksperimen pada tiap perlakuan berdistribusi normal. Oleh karena itu, untuk mengetahui apakah data pada tiap perlakuan berdistribusi normal maka dilakukan uji normalitas data. Dalam penelitian ini, pengujian normalitas dilakukan dengan uji Liliefors, selain itu juga dengan cara mengplot data residual pada *normal probability papper* yang menunjukkan data residual hampir membentuk garis lurus dan juga pada histogram data membentuk lonceng. Hasil uji normalitas data yang telah dilakukan

terhadap data produktivitas dan data kenyamanan menunjukkan bahwa data sampel diambil dari populasi yang berdistribusi normal. Hasil uji normalitas tersebut dirangkum pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Rangkuman Hasil Uji Normalitas

No.	Perlakuan	Produktivitas	Kenyamanan
1	A1B1	NORMAL	NORMAL
2	A1B2	NORMAL	NORMAL
3	A2B1	NORMAL	NORMAL
4	A2B2	NORMAL	NORMAL
5	A3B1	NORMAL	NORMAL
6	A3B2	NORMAL	NORMAL
7	A4B1	NORMAL	NORMAL
8	A4B2	NORMAL	NORMAL
9	A5B1	NORMAL	NORMAL
10	A5B2	NORMAL	NORMAL
11	A6B1	NORMAL	NORMAL
12	A6B2	NORMAL	NORMAL

Hasil uji normalitas data yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh data sampel diambil dari populasi yang berdistribusi normal. Oleh karena data sampel berdistribusi normal, maka berdasarkan syarat normalitas, analisis variansi valid untuk dipakai dalam mengolah data, sehingga tidak perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap metode eksperimen.

Selain asumsi normalitas, asumsi lain yang harus dipenuhi untuk memperkuat analisis variansi adalah asumsi homogenitas. Asumsi homogenitas sesuai dengan kaidah uji *levene* yang digunakan pada penelitian ini, menyatakan perlu adanya variansi antar sampel yang

homogen. Maksud dari variansi antar sampel yang homogen adalah data antara level-level yang terdapat pada kelompok faktor yang sama, memiliki variansi yang sama. Pada penelitian ini, uji homogenitas dikelompokkan berdasarkan faktor-faktor yang diteliti, yaitu faktor suara dan faktor pencahayaan. Sebagai misal, data respon pada *level* pencahayaan 300-350 lux memiliki variansi yang sama dengan level pencahayaan 150-200 lux. Demikian juga untuk data respon pada tiap level dari faktor suara diharapkan memiliki variansi yang sama untuk memenuhi asumsi homogenitas.

Tabel 5.3 Rangkuman Hasil Uji Homogenitas

Hasil Eksperimen	Hasil Uji Homogenitas Data Didasarkan pada	
	Suara	Pencahayaan
Produktivitas	homogen	homogen
Kenyamanan	homogen	homogen

Tabel 5.3 merupakan rangkuman hasil uji homogenitas untuk produktivitas dan kenyamanan hasil eksperimen. Hasil pengujian eksperimen menunjukkan adanya variansi (ragam) yang sama sehingga memenuhi asumsi homogenitas maka analisis variansi cukup valid untuk dipakai dalam mengolah data eksperimen.

Lebih jauh dengan asumsi yang harus dipenuhi untuk memperkuat analisis variansi adalah adanya independensi dalam proses pengambilan data, atau dapat dikatakan bahwa sampel diambil secara random. Uji independensi yang dilakukan adalah dengan cara memplot residual data pada tiap perlakuan berdasarkan urutan pengambilan data (urutan eksperimen) dan juga dengan uji Durbin-Watson. Urutan pengambilan data didasarkan pada tabel urutan pengambilan data yang telah dibahas pada metodologi penelitian dan dilampirkan pada Lampiran.

Seluruh grafik plot residual data terhadap urutan eksperimen, untuk seluruh kategori eksperimen menunjukkan bahwa nilai-nilai

residual tersebar merata di sekitar titik nol (sumbu x) dan tidak terdapat pola secara khusus. Selain itu, pengujian independensi dengan metode durbin-watson menunjukkan data hasil eksperimen adalah independen, dimana data tidak ada serial autokorelasi, baik positif maupun negatif atau data bersifat random.. Dengan demikian asumsi independensi terpenuhi sehingga data sampel dari hasil eksperimen (data produktivitas dan data kenyamanan) dapat dilanjutkan ke pengolahan analisis variansi.

5.4 Analisis Hasil Analisis Variansi (Anova)

Analisis variansi merupakan teknik statistik inferensial yang digunakan untuk menguji hipotesis komparatif rata-rata n sampel secara serempak, apabila setiap sampel berasal dari satu kategori (anova satu jalan) atau apabila setiap sampel berasal dari dua kategori atau lebih (anova k jalan). Analisis variansi akan memberikan informasi tentang ada tidaknya pengaruh yang signifikan dari faktor-faktor yang diteliti beserta interaksi antar faktor terhadap kecepatan akses aplikasi.

Analisis variansi pada dasarnya adalah menguraikan variasi (ketidakseragaman) ke dalam beberapa sumber variasi. Dalam eksperimen ini terdapat tiga sumber variasi data di luar *random error*, yaitu A, B, dan AB seperti ditunjukkan pada Tabel 5.4. Signifikan atau tidak signifikannya pengaruh sumber-sumber variansi tersebut terhadap variasi yang ditunjukkan oleh data respon diuji dengan menggunakan uji F. Jika dari hasil uji F terbukti suatu sumber variasi memiliki pengaruh yang signifikan, maka dapat dikatakan bahwa sumber variasi tersebut benar-benar menjadi salah satu penyebab adanya variasi dalam data respon.

Tabel 5.4 Hasil Analisis Variansi (Anova)

Faktor dan Interaksinya	Hasil Eksperimen	
	Produktivitas	Kenyamanan
Suara (A)	✓	✓
Pencahayaan (B)	✓	✗

A * B	*	*
-------	---	---

Keterangan :
 ✓ Pengaruhnya signifikan
 * Pengaruhnya tidak signifikan

Hasil analisis variansi untuk hasil eksperimen yang pertama, yakni produktivitas, menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari faktor suara dan pencahayaan. Namun interaksi diantara kedua faktor tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap produktivitas. Hasil analisis variansi untuk hasil eksperimen yang kedua, yakni pengukuran kenyamanan, menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari faktor suara. Namun untuk faktor pencahayaan dan interaksi diantara kedua faktor tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap kenyamanan.

Atau dengan pengertian lain :

1. Suara berpengaruh signifikan terhadap produktivitas dan berpengaruh signifikan terhadap kenyamanan.
2. Pencahayaan berpengaruh signifikan terhadap produktivitas dan tidak berpengaruh signifikan terhadap kenyamanan.
3. Interaksi antara jenis suara dan jenis pencahayaan tidak berpengaruh signifikan terhadap produktivitas maupun terhadap kenyamanan.

Dari perhitungan anova dengan SPSS menunjukkan nilai koefisien determinasi (R squared) adalah sebesar 0,837 untuk produktivitas dan 0,101 untuk kenyamanan. Hal ini mengindikasikan bahwa 83,7% variansi dalam produktivitas dan 10,1% variansi dalam kenyamanan dipengaruhi oleh faktor suara, pencahayaan, dan seluruh interaksinya.

5.5 Analisis Hasil Uji Setelah Anova

Uji setelah anova khususnya SNK diperlukan untuk melihat pada *level* mana dari suatu faktor yang oleh anova dinyatakan berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Uji SNK ini dilakukan untuk faktor suara. Untuk faktor pencahayaan, yang mana *level* yang dimiliki oleh suatu faktor hanya dua maka bilamana dinyatakan pencahayaan

berpengaruh signifikan terhadap produktivitas maka dengan melihat rata-rata produktivitas akan diketahui pencahayaan pada range berapa yang memberikan produktivitas terbesar. Nilai rata-rata produktivitas untuk pencahayaan antara 300-350 lux adalah 119,7 data yang berhasil dimasukkan dengan benar dan pada pencahayaan antara 150-200 lux adalah 115,78 data yang berhasil dimasukkan benar. Dengan demikian pada hasil eksperimen produktivitas ini, pencahayaan 300-350 lux memberikan tambahan pada produktivitas (besar jumlah data benar).

Apabila level yang dimiliki oleh suatu faktor lebih dari 2, sebagaimana pada faktor suara, maka tidak dapat dikatakan bahwa tiap level dari suara memberikan hasil yang berbeda pada produktivitas dan besar kenyamanan, dan demikian juga tidak dapat dikatakan bahwa tiap level dari suara yang diuji memberikan kemampuan yang berbeda-beda. Hal tersebut karena secara statistik bisa timbul kondisi dimana suatu level suara dinyatakan menghasilkan produktivitas sama dengan level lainnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 yang merupakan hasil uji SNK terhadap suara pada hasil eksperimen produktivitas dan kenyamanan.

Berpedoman pada tabel hasil uji SNK, apabila nilai rata-rata produktivitas suatu ukuran suara dikelompokkan ke dalam kolom yang sama, berarti pengaruh suara pada produktivitas secara statistik (uji SNK) adalah sama. Informasi yang diperoleh dari uji SNK ini lebih lengkap dari uji anova sebab dapat diketahui level mana saja yang kemampuannya sama secara statistik dan level mana saja kemampuannya berbeda. Informasi lainnya adalah dapat diketahuinya level-level yang memberikan produktivitas yang lebih baik secara statistik.

Tabel 5.5 Rangkuman Hasil Uji SNK Produktivitas

Jenis	Level	Kelompok
-------	-------	----------

Pencahayaan		1	2	3	4	5
Suara A2	A6	99,73				
Suara A1	A5		115,5			
Suara A5	A4		116,72			
Suara A6	A3			122,03		
Suara A3	A2				124,17	
Suara A4	A1					128,27

Sesuai dengan hasil uji SNK untuk data produktivitas pada Tabel 5.5, hampir semua jenis suara secara statistik dinyatakan berkemampuan berbeda dalam mendukung besar produktivitas. Namun untuk level suara tenang dengan level suara bising dikombinasikan suara musik *loudspeaker* secara statistik kemampuannya dinyatakan sama.

Begitu pula untuk kenyamanan, apabila nilai rata-rata kenyamanan suatu ukuran suara dikelompokkan ke dalam kolom yang sama, berarti pengaruh suara pada kenyamanan secara statistik (uji SNK) adalah sama. Informasi yang diperoleh dari uji SNK ini lebih lengkap dari uji anova sebab dapat diketahui level mana saja yang kemampuannya sama secara statistik dan level mana saja kemampuannya berbeda.

Tabel 5.6 Rangkuman Hasil Uji SNK Kenyamanan

Jenis Suara	Level	Kelompok	
		1	2
Suara A4	A6	75,48	
Suara A5	A5	75,57	
Suara A3	A4	76,15	
Suara A6	A3	76,55	
Suara A1	A2	76,83	
Suara A2	A1		78,1

Sesuai dengan hasil uji SNK untuk data kenyamanan pada Tabel 5.6, hampir semua jenis suara secara statistik dinyatakan berkemampuan sama dalam mempengaruhi kenyamanan. Namun untuk level suara

bising secara statistik kemampuannya dinyatakan berbeda dengan level suara yang lain.

5.6 Analisis Hasil Perhitungan Persentase Kontribusi

Persentase kontribusi tiap faktor atau sumber variansi didapatkan dengan membandingkan antara nilai *pure sum of square* suatu sumber variansi dengan *total sum of square*-nya. Menggunakan *F-ratio* merupakan metode yang baik untuk mengidentifikasi suatu faktor. Akan tetapi, *F-ratio* hanya memberikan informasi tentang signifikan atau tidak signifikannya suatu faktor. Tujuan perhitungan persen kontribusi faktor adalah untuk memastikan apakah semua faktor yang berpengaruh signifikan telah masuk dalam model. Selain itu persentase kontribusi digunakan untuk melihat seberapa besar faktor tersebut memberikan kontribusi pada jumlah kuadrat totalnya. Tabel 5.5. menunjukkan besar kontribusi tiap faktor pada produktivitas dan kenyamanan.

Tabel 5.7 Rangkuman Hasil Perhitungan Persentase Kontribusi Faktor

Sumber	% kontribusi	
	produktivitas	kenyamanan
Suara	79,233	6,952
Pencahayaan	3,604	-0,17
Suara x Pencahayaan	0,381	0,435

Tabel 5.7 pada bagian produktivitas menunjukkan bahwa persentase kontribusi sumber keragaman yang dihitung memberikan pengaruh yang besar pada produktivitas. Faktor lain yang tidak diteliti turut berpengaruh terhadap produktivitas sebesar 17,163%. Sedangkan Tabel 5.5 pada bagian kenyamanan menunjukkan bahwa persentase kontribusi sumber keragaman yang dihitung memberikan pengaruh yang kecil terhadap kenyamanan. Artinya masih terdapat faktor lain yang tidak diteliti yang berpengaruh terhadap kenyamanan sebesar 93,048%.

5.7 Analisis Hasil Uji Kenyamanan Awal – Setelah Perlakuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara kenyamanan sebelum memperoleh perlakuan dengan kenyamanan setelah mendapat perlakuan. Pengujian ini menggunakan uji T Dua Sampel Berpasangan (*Paired Sample Test*). Uji *t paired* berfungsi untuk menguji dua sampel yang berpasangan, apakah memiliki rata-rata yang berbeda ataukah tidak. Sampel berpasangan (*paired sample*) adalah sebuah sampel dengan subyek yang sama namun mengalami dua perlakuan atau pengukuran yang berbeda

Tabel 5.8 Rangkuman Hasil Uji T antara DJA – DJ Perlakuan

No.	Uji T Dua Sampel Berpasangan	Hasil
1	DJ Awal - DJ A1B1	✘
2	DJ Awal - DJ A1B2	✘
3	DJ Awal - DJ A2B1	✓
4	DJ Awal - DJ A2B2	✓
5	DJ Awal - DJ A3B1	✘
6	DJ Awal - DJ A3B2	✘
7	DJ Awal - DJ A4B1	✘
8	DJ Awal - DJ A4B2	✘
9	DJ Awal - DJ A5B1	✘
10	DJ Awal - DJ A5B2	✘
11	DJ Awal - DJ A6B1	✘
12	DJ Awal - DJ A6B2	✓

Keterangan :

✓ . = berbeda signifikan

✘ . = tidak berbeda signifikan

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa hanya perlakuan A2B1, A2B2, dan A6B2 yang rata-rata kenyamanan awal dan kenyamanan setelah perlakuan berbeda secara nyata. Hal ini menunjukkan adanya perlakuan A2B1, A2B2, dan A6B2 berpengaruh pada kenyamanan yaitu meningkatkan kenyamanan secara signifikan. Sedangkan perlakuan yang lain, tidak berpengaruh secara signifikan pada kenyamanan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bagian akhir dari keseluruhan isi utama tugas akhir ini, membahas simpulan hasil yang diperoleh serta usulan atau rekomendasi untuk implementasi hasil lebih lanjut, serta rekomendasi tema penelitian lain yang dapat dilakukan oleh peneliti lainnya.

5.8 Kesimpulan

Sesuai dengan permasalahan yang ada yakni mengetahui dan menganalisis pengaruh suara dan pencahayaan terhadap produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer, dan juga sesuai dengan tujuan-tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya, berikut ini adalah kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil eksperimen pengujian produktivitas dan kenyamanan yang diteliti.

1. Berdasarkan hasil analisis variansi dan perhitungan persentase kontribusi dapat disimpulkan bahwa :
 - a. Faktor suara dan pencahayaan berpengaruh signifikan terhadap produktivitas pengguna komputer. Kontribusi suara sebesar 79,233% dan pencahayaan sebesar 3,604%.
 - b. Faktor suara berpengaruh signifikan terhadap kenyamanan pengguna komputer sedangkan pencahayaan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kenyamanan pengguna komputer. Kontribusi suara sebesar 6,952% dan pencahayaan -0,17%.
2. Berdasarkan hasil uji SNK dapat disimpulkan bahwa:
 - a. Faktor suara dikelompokkan menjadi 5 kelompok. dimana hampir semua jenis suara secara statistik dinyatakan berkemampuan berbeda dalam mendukung besar produktivitas.

- b. Faktor suara dikelompokkan menjadi 2 kelompok. dimana hampir semua jenis suara secara statistik dinyatakan berkemampuan sama dalam dalam mempengaruhi kenyamanan.

5.9 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil penelitian, sebaiknya suara dan pencahayaan di lingkungan kerja dikendalikan dengan baik karena berpengaruh pada produktivitas dan kenyamanan pengguna komputer.
2. Adanya suara bising di lingkungan kerja. dapat dikurangi dengan diperdengarkan suara musik yang disukai.
3. Pencahayaan di lingkungan kerja sebaiknya dibuat terang, misal dengan pemasangan lampu.
4. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan mempertimbangkan faktor lingkungan kerja lainnya, yaitu suhu, warna, getaran, dan bau-bauan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adesty, Nayla. *Analisa Pengaruh Tingkat Temperatur, Cahaya, dan Kebisingan Terhadap Produktivitas Kerja*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Industri ITS. 2004.
- Arikunto, Suharsimi. *Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta : Penerbit Rineka Cipta, 1998.
- Ganong, WF. *Review of Medical Physiology*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC. 1997.
- _____. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Edisi 17. Penerbit EGG. 1995.

- _____. *Fisiologi Manusia dan Mekanisme Penyakit*. Edisi III. Penerbit EGG. 1987.
- Ghozali, Imam. *Aplikasi Analisis Multivariat dengan Program SPSS*. Semarang : Penerbit Universitas Diponegoro, 2000.
- Halim, Samuel. *Efek Mozart dan Terapi Musik dalam Dunia Kesehatan*. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Hicks, Charles R. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. New York: Saunders College Publishing. 1993.
- Ishak, Aulia. *Penentuan Faktor-Faktor Ergonomis yang Berpengaruh Terhadap Kinerja Operator dengan Menggunakan Metode Taguchi*. Tesis Sarjana Strata 2 ITS. 2004.
- Jatmiko, Brury. *Analisis Pengaruh Kebisingan, Temperatur, dan Pencahayaan terhadap Produktivitas Pengeleman Amplop secara Manual*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Industri UNS 2005.
- Karana, M. Iqbal. *Analisis Pengaruh Tempo Musik Klasik terhadap Performansi, Kenyamanan, dan Kecerdasan Kerja Responden Pria dan Wanita pada Pekerjaan Menggunakan Komputer*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Industri ITB. 2004.
- Kertohoesodo, Soehardo. *Pencegahan Penyakit Jantung*. Jakarta : Penerbit Pradnya Paramitha, 1988.
- _____. *Pengantar Kardiologi*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia, 1987.
- Kroemer, Karl and Anne. *Offices Ergonomics*. London. Taylir & Francis Ltd. 2001.
- McCormick,E.J and M.S. Sanders. *Human Factor in Engineering and Design*. New York : McGraw Hill Book Company, 1994
- Montgomery, Douglas C. *Design and Analysis of Experiments*. New York: John Wilfy & Sons. 1984.
- Nurmianto, Eko. *Ergonomi : Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya : Penerbit Guna Widya, 1995.
- Partadjaja, Tjok R. *Kondisi Penerangan dan Kebisingan dapat Mempengaruhi Disiplin Siswa SD Guwang, Rianyar, Bali*. Jurnal proceeding Seminar Nasional Ergonomi. 2004
- Pulat, B. Mustafa. *Fundamentals of Industrial Ergonomics*. School of Industrial Engineering University of Oklahoma. 1992.

- Retnani, Jwalitasari K. *Analisis Pengaruh Jenis Musik terhadap Performansi Kerja Operator Input Data*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Industri UNS. 2006.
- Santosa, Dedik, S. *Pengaruh musik terhadap performance fisik*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra. <http://puslit.petra.ac.id/journals/industrial>. (diakses Mei 2006)
- Sudjana, DR, MA, M. Sc. *Metoda Statistika..* Bandung : Penerbit Tarsto. 1992
- _____. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung : Tarsito. 1985.
- Sutalaksana, Iftikar, dkk. *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung:Departemen Teknik Industri ITB. 1979.
- Tarwaka dkk. *Ergonomi untuk keselamatan Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: UNIBA PRESS, 2004.
- Walpole, Ronald E. *Pengantar Statistika edisi ke-3*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 1995.
- Wignjosoebroto, Sritomo. *Teknik Tata Cara Pengukuran Kerja*. Penerbit Guna Widya. Surabaya. 1989.
- Wijaya, Ir. *Analisis Statistik dengan Program SPSS 10.0*. Bandung: Alfabeta. 2000.