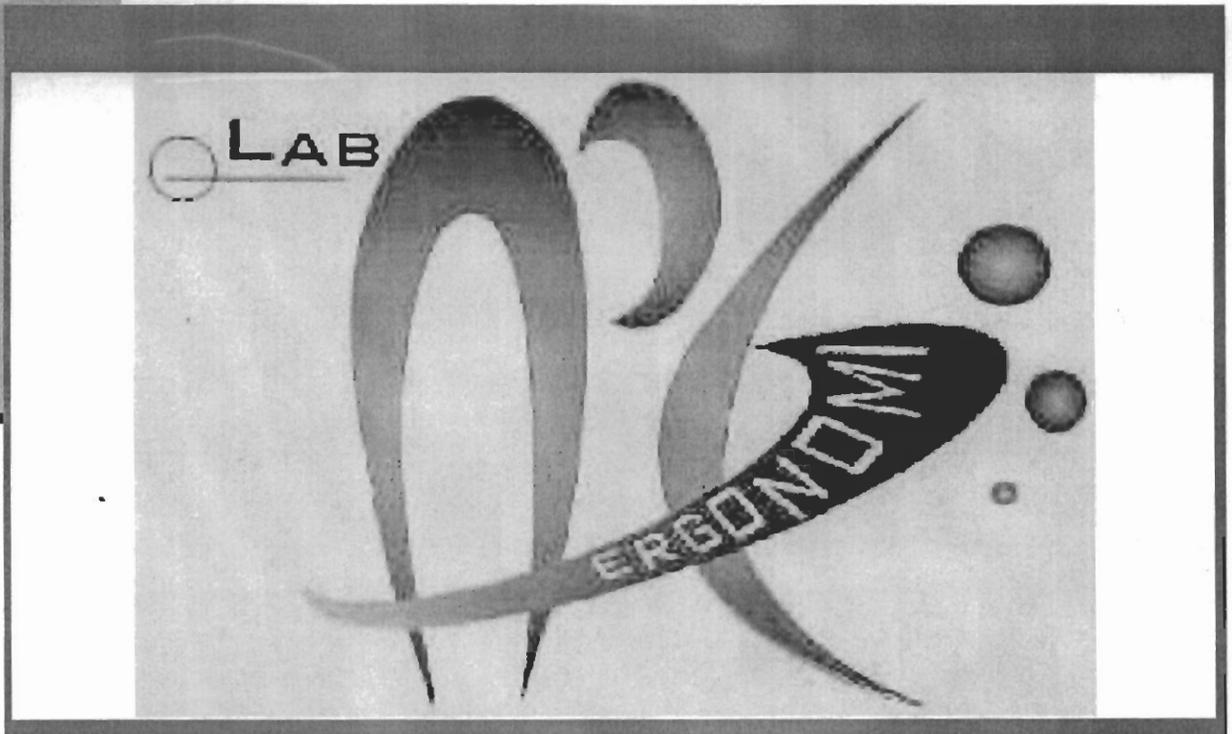


PERANCANGAN SISTEM KERJA & ERGONOMI



Sekretariat: *Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi*

Jurusan Teknik Industri - Universitas Esa Unggul

DAFTAR PUSTAKA

- Aft, Lawrence S., *Work Measurement & Method Improvement*. John Willey & Sons. Inc.2000
- Aft, Lawrence S., *Productivity Measurement and improvement*. Prentice Hall, Inc.1992
- Apple, M. James, *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*.ITB.1990.
- Barnes, Ralph M., *Motion and Time Study, Design and Measurement of Work*. John Wiley and Son Inc., New York, AS, 1968.
- Niebel, Benjamin and Andris Freivalds. *Methods, Standards, and Work Design*. McGraw-Hill Companies, Inc. 2003.
- Sutalaksana, Iftikar Z. dkk, *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Edisi Kedua. Penerbit ITB, Bandung, 2006.
- Turner W.C., Mize J.H., Case K., *Introduction to Industrial and System Engineering*. Prentice Hall, Inc. 2003

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah S.W.T yang telah memberi rahmat serta karunia-Nya atas selesainya Edisi Ketiga Modul Praktikum Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi. Modul ini disusun sebagai salah satu pedoman pelaksanaan praktikum yang berisi teori dan konsep disertai dengan perhitungan-perhitungan secara statistik sebagai alat analisis dari suatu sistem kerja.

Tidak ada sistem yang terbaik, selalu ada yang lebih baik. Semangat perbaikan terus menerus (**continous improvement**) yang dikenal juga dengan Kaizen dalam bahasa Jepang, merupakan motto bagi penulis bersama seluruh asisten Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi untuk melakukan penyempurnaan. Beberapa perbaikan dilakukan untuk menyesuaikan dengan silabus mata kuliah Perancangan Sistem Kerja

Namun penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan modul ini. Oleh karena itu setiap masukan dan kontribusi yang bersifat membangun untuk perbaikan modul dari pembaca sangat berharga bagi kami.

Semoga modul ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa yang mempelajarinya, khususnya mahasiswa Teknik Industri, Universitas Esa Unggul. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu terlaksananya penyusunan modul baru ini.

Jakarta, Juli 2013

Penulis :

Dr. Ir. Nofi Erni, MM

Jurusan Teknik Industri,



PERANCANGAN SISTEM KERJA DAN ERGONOMI



ANTHROPOMETRI

I. TUJUAN PRAKTIKUM

Tujuan dari praktikum mengenai Anthropometri ini ialah sebagai berikut :

1. Mengerti cara pengukuran data Anthropometri dengan menggunakan alat-alat ukur yang tersedia di laboratorium.
2. Memahami penggunaan data Anthropometri berdasarkan individu ekstrim dan rata-rata produk yang digunakan manusia.
3. Mampu melakukan pengolahan data Anthropometri dengan menggunakan nilai persentil dan toleransi.
4. Mampu menilai suatu produk yang sudah ada dengan metode perbandingan antara data ukuran produk yang sesungguhnya dengan pengolahan data Anthropometri.
5. Mengerti pentingnya penerapan data Anthropometri sebagai salah satu faktor Ergonomi pada perancangan dan pengembangan konsep produk.

II. LANDASAN TEORI

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani, yakni :

- Ergon = kerja
- Nomos = dalil, peraturan dan hukum

Ergonomi merupakan penerapan ilmu-ilmu biologis tentang manusia, ilmu teknik dan berbagai disiplin ilmu lainnya untuk mencapai penyesuaian yang optimal antara manusia, pekerjaan dan lingkungan kerjanya. Ergonomi itu sendiri dapat didefinisikan sebagai suatu ilmu yang secara sistematis memanfaatkan berbagai informasi yang berkaitan dengan sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sedemikian rupa sehingga manusia dapat bekerja dan hidup pada sistem itu dengan baik,

yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan tersebut dengan nyaman dan efektif.

Berikut ini adalah beberapa prinsip ergonomi yang dapat dipergunakan untuk merancang atau mengkritik suatu sistem kerja :

1. Sikap tubuh dalam pekerjaan sangat dipengaruhi oleh bentuk, susunan, ukuran dan penempatan mesin-mesin dan penempatan alat-alat penunjuk.
2. Ukuran-ukuran kerja :
Apabila bekerja berdiri dengan pekerjaan diatas meja dan jika dataran tinggi siku disebut X maka hendaknya dataran kerja :
 - Untuk pekerjaan yang teliti $X + (5 \text{ s/d } 10) \text{ cm}$
 - Untuk pekerjaan yang ringan $X - (5 \text{ s/d } 10) \text{ cm}$
 - Untuk pekerjaan yang berat $X - (10 \text{ s/d } 20) \text{ cm}$
3. Dari sudut otot, sikap duduk yang paling baik adalah sedikit membukuk sedangkan dari segi sudut tulang, dinasehatkan duduk tegak agar punggung tidak bungkuk dan otot perut tidak lemah. Maka dianjurkan sikap duduk yang tegak diselingi istirahat sedikit membungkuk.
4. Arah penglihatan untuk pekerjaan berdiri adalah 23 – 27 derajat ke bawah, sedangkan untuk pekerjaan duduk 32-44 derajat ke bawah. Arah penglihatan ini sesuai dengan sikap kepala istirahat.
5. Tempat duduk yang baik memenuhi syarat sebagai berikut :
 - a. Tinggi dataran duduk yang dapat diatur sesuai dengan tinggi lutut sehingga paha dalam keadaan datar.
 - b. Papan tolak punggung tingginya dapat diatur dan menekan pada punggung.
 - c. Lebar dataran duduk tidak kurang dari 35 cm.
6. Apabila seorang pekerja (dengan atau tanpa beban harus bekerja pada jalan menanjak atau naik tangga, derajat tanjakan optimum adalah :
 - a. Jalan menanjak kurang lebih 10 derajat.
 - b. Tangga rumah kurang lebih 30 derajat.
 - c. Tangga kurang lebih 70 derajat.

Anthropometri berasal dari bahasa Yunani, yaitu :

- Anthropos = manusia
- Metricos = pengukuran

Jadi Anthropometri adalah pengukuran sistematis terhadap dimensi-dimensi tubuh manusia dengan menggunakan peralatan-peralatan khusus. Anthropometri, merupakan salah satu bagian yang menunjang Ergonomi, khususnya dalam perancangan suatu peralatan berdasarkan prinsip-prinsip Ergonomi.

Data Anthropometri secara luas dapat digunakan untuk tujuan :

1. Menentukan ukuran dan bentuk peralatan yang akan digunakan manusia.
2. Menentukan ruang kerja manusia.

Pengukuran Anthropometri dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

a. Dimensi tubuh struktural/statis

Yaitu ukuran tubuh manusia ketika dalam keadaan tidak bergerak.

Contoh : berat, tinggi, panjang

b. Dimensi tubuh fungsional/dinamis

Yaitu ukuran tubuh manusia ketika dalam keadaan melakukan pekerjaan.

Contoh : jangkauan, bermacam-macam sudut persendian

Perbedaan dimensi tubuh dapat disebabkan karena perbedaan :

1. Umur
2. Jenis Kelamin
3. Kebudayaan (sosial budaya)
4. Pekerjaan

Prinsip-prinsip penerapan data Anthropometri :

1. Disain berdasarkan individu ekstrim

a. Ekstrim atas

Dari data yang diperoleh kita menggunakan data yang besar, misal: Persentil 90% atau 95%. Contoh : pengukuran tinggi pintu.

b. Ekstrim bawah

Dari data yang diperoleh digunakan data yang kecil, misal : persentil 1% atau 5%. Contoh : pengukuran tinggi saklar. Prinsip ini digunakan untuk perancangan fasilitas dimana diharapkan sebagian besar orang yang memakai merasa nyaman dan enak, biasanya minimal oleh 95% pemakai.

2. Disain yang dapat diatur/disesuaikan

Peralatan dibuat dengan ukuran-ukuran yang dapat diubah sesuai dengan ukuran tubuh pemakainya, misal : kursi pengemudi pada mobil, kursi salon dll.

3. Disain berdasarkan individu rata-rata

Prinsip ini dipakai jika perancang berdasarkan individu ekstrim tidak mungkin dilaksanakan dan tidak layak jika kita menggunakan prinsip perancangan yang dapat disesuaikan.

Dalam praktikum ini kita lebih menerapkan pada disain berdasarkan inidividu ekstrim rata.

Toleransi

Selain menerapkan data-data Anthropometri dalam mendapatkan ukuran sistem kerja yang kita rancang, perlu juga diperhatikan mengenai toleransi yang perlu diberikan terhadap ukuran-ukuran tersebut.

Yang dimaksud dengan toleransi disini adalah suatu nilai yang diberikan untuk menambah kenyamanan pemakai sistem kerja tersebut. Toleransi perlu diberikan mengingat bahwa data-data Anthropometri yang diperoleh merupakan data dimensi tubuh struktural, sedangkan dalam pemakaian sistem kerja yang sebenarnya sangat dipengaruhi oleh dimensi tubuh fungsional.

Nilai toleransi yang diberikan boleh berupa nilai negatif (-) bila menggunakan persentil bawah, nilai positif (+) bila menggunakan persentil atas dan juga nol (0), tergantung dari kebutuhan.

Contoh :

- Lebar tempat duduk, nilai yang didapat dari pengolahan data Anthro = 39 cm. diberikan toleransi sebesar +5 menjadi 44 cm untuk keluasaan gerakan selama duduk
- Tinggi bangku, diberikan toleransi (-) untuk mengurangi tinggi yang diperoleh dari pengolahan data Anthro agar pergerakan kaki selama duduk tidak terganggu oleh tinggi meja. Atau bisa juga diberikan toleransi (0) jika bangku tersebut tidak diberikan meja.

III. PERALATAN PRAKTIKUM

1. Stand Anthropometer
2. Seat Anthropometer
3. Meteran Jahit
4. Alat Tulis
5. Kalkulator

IV. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

1. Praktikan melakukan simulasi yang kemudian dipresentasikan yaitu mencari data Anthropometri yang digunakan pada sebuah kursi kuliah misalnya, alas an penggunaan data Anthropometri tersebut, dan pemilihan nilai persentil beserta alasannya.
2. Membuat daftar nilai rata-rata dan simpangan bakunya dari masing-masing data anthropometri terhadap 100 sampel/responden dengan komposisi (80-85% mahasiswa) dan sisanya ukuran manusia dewasa normal.
3. Mendesign rancangan system kerja konveyor dalam bentuk file AutoCAD menggunakan data Anthropometri yang diperlukan.

V. CONTOH PENGOLAHAN DATA

Sebagai tahap awal, lakukan analisa menggunakan data anthro yang digunakan untuk tujuan pembuatan apa dan persentil yang digunakan harus dengan alasan yang logis. Bila sudah ditetapkan data anthropometri dengan persentilnya, maka dapat dilakukan perhitungan seperti contoh dibawah ini. (Ingat, toleransi plus digunakan untuk persentil atas dan toleransi minus untuk persentil bawah)

1. B7, persentil 95 %

$$\bar{x} = 78.79; s = 4.938$$

$$X_{95\%} = \bar{x} + (Z_{95\%} \times S)$$

$$= 78.79 + (1.645 \times 4.938) = 86.913 \text{ cm}$$

$$\text{Toleransi} = 86.913 + 0.087 = 87 \text{ cm}$$

2. D6, persentil 95%

$$\bar{x} = 20.56; s = 5.13$$

$$X_{95\%} = \bar{x} + (Z_{95\%} \times S)$$

$$= 20.56 + (1.645 \times 5.13) = 28.99 \text{ cm}$$

$$\text{Toleransi} = 28.99 + 0.01 = 29 \text{ cm}$$

3. D7, persentil 5 %

$$\bar{x} = 34.305; s = 3.876$$

$$X_{5\%} = \bar{x} + (Z_{5\%} \times S)$$

$$= 34.305 + (-1.645 \times 3.876) = 27.928 \text{ cm}$$

$$\text{Toleransi} = 27.928 - 7.928 = 20 \text{ cm}$$

4. B7, persentil 5 %

$$\bar{x} = 78.79; s = 4.938$$

$$X_{5\%} = \bar{x} + (Z_{5\%} \times S)$$

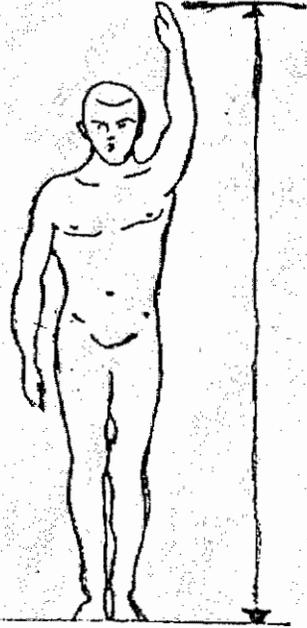
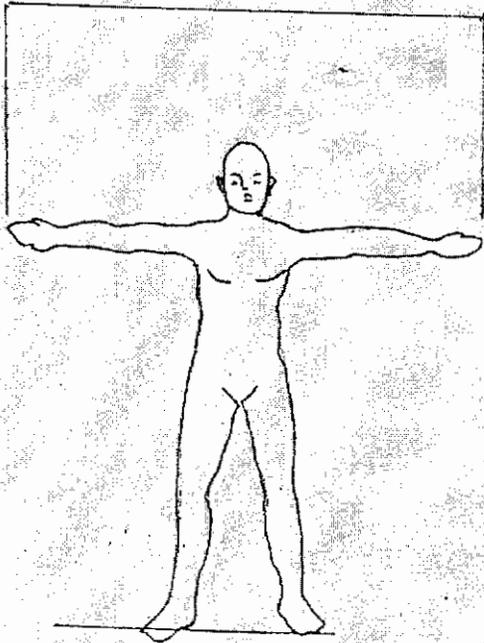
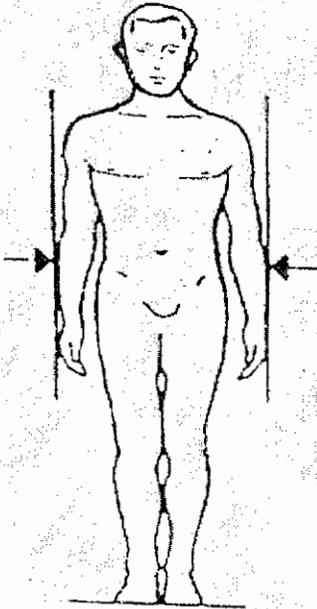
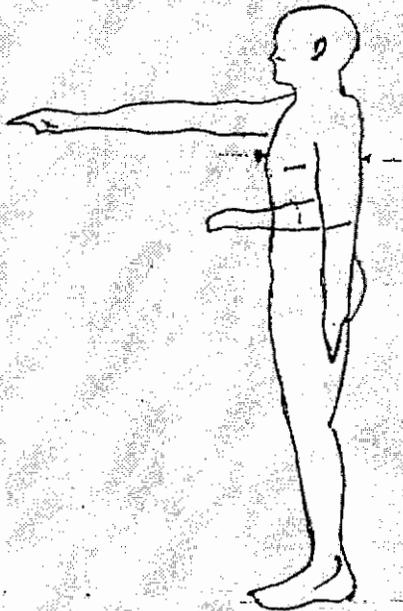
$$= 78.79 + (-1.645 \times 4.938) = 70.6 \text{ cm}$$

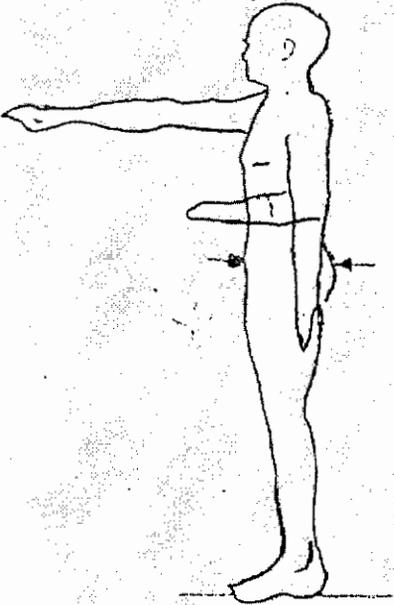
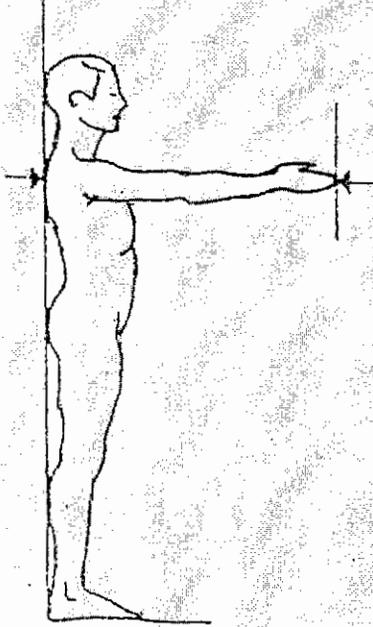
$$\text{Toleransi} = 70.6 - 0.6 = 70 \text{ cm}$$

VI. DATA-DATA ANTHROPOMETRI

STAND ANTHROPOMETER

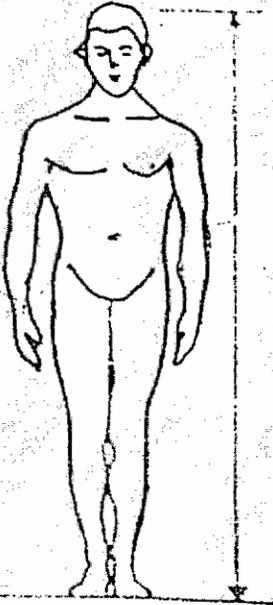
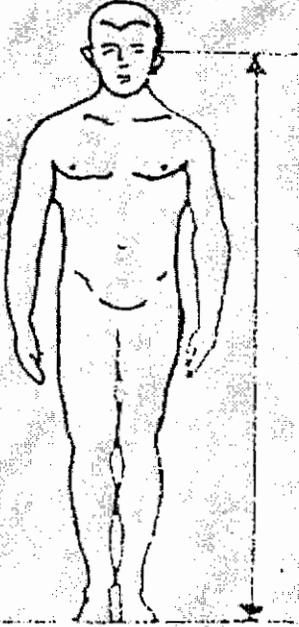
KODE	KETERANGAN
A1	Tinggi Jangkauan Tegak
A2	Rentang Tangan
A3	Lebar Tubuh Maksimal
A4	Punggung ke Dada
A5	Pantat ke Perut
A6	Panjang Jangkauan

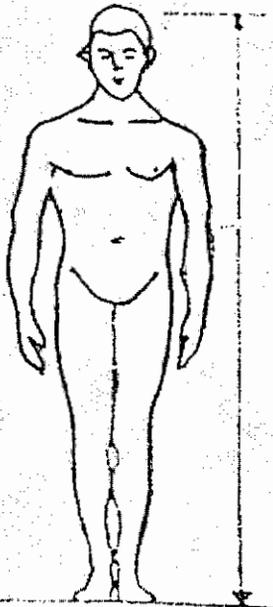
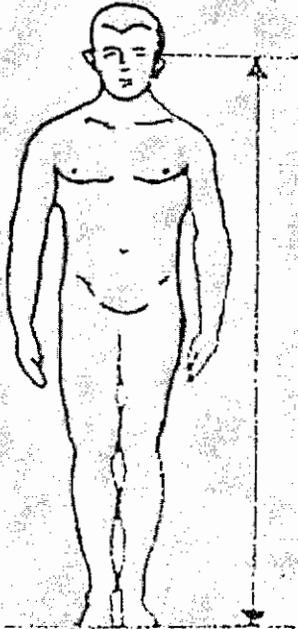
	
<p>(A1) TINGGI JANGKAUAN TEGAK</p>	<p>(A2) RENTANG TANGAN</p>
<p>Berhubungan dengan penempatan alat-alat yang letaknya diatas kepala.</p>	
	
<p>(A3) LEBAR TUBUH MAKSIMUM</p>	<p>(A4) PUNGGUNG KE DADA</p>
<p>Untuk kelonggaran lateral yang diperlukan dalam desain. Misalnya untuk menentukan kelonggaran lateral koridor.</p>	

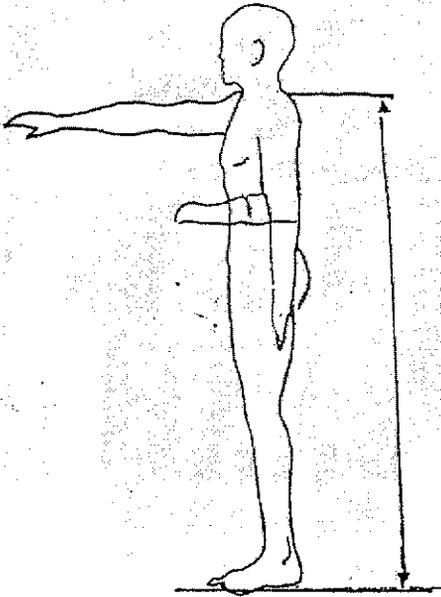
	
<p>(A5) PANTAT KE PERUT</p>	<p>(A6) PANJANG JANGKAUAN</p>
	<p>Digunakan bersama- sama dengan dimensi jangkauan kaki jika situasinya operator duduk dan mengoperasikan alat- alat control kaki dan tangan.</p>

METERAN PUTAR

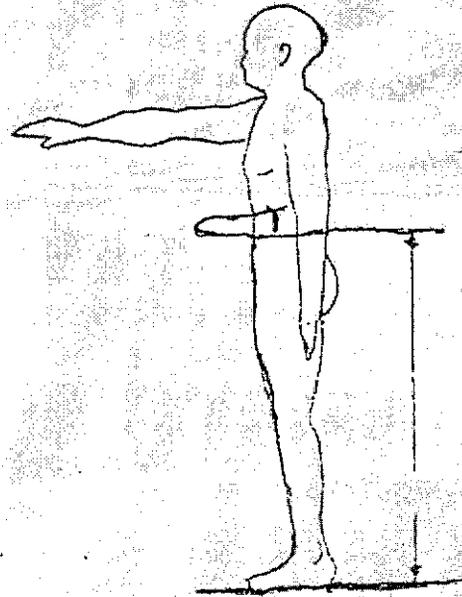
KODE	KETERANGAN
B1	Tinggi Badan Tegak
B2	Tinggi Mata
B3	Bahu ke Lantai
B4	Siku ke Lantai
B5	Tangan ke Lantai
B6	Siku ke Tangan
B7	Tinggi Kelangkang

	
<p>(B1) TINGGI BADAN TEGAK</p>	<p>(B2) TINGGI MATA</p>
<p>Digunakan untuk menetapkan kelonggran bagi kepala (posisi berdiri)</p>	<p>Untuk menentukan letak atau lokasi display visual.</p>

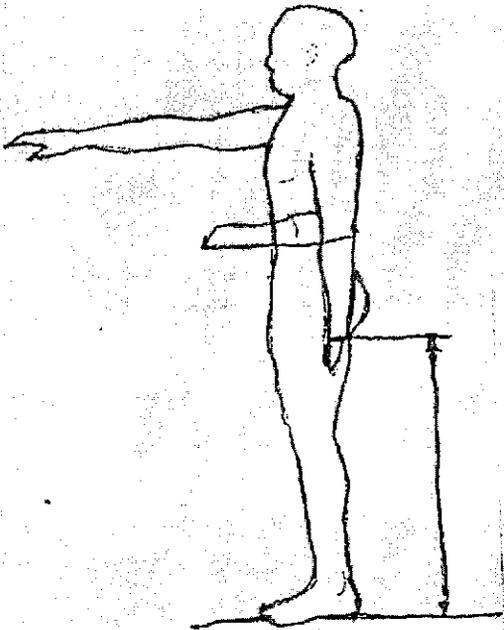
	
<p>(B1) TINGGI BADAN TEGAK</p>	<p>(B2) TINGGI MATA</p>
<p>Digunakan untuk menetapkan kelonggran bagi kepala (posisi berdiri)</p>	<p>Untuk menentukan letak atau lokasi display visual.</p>



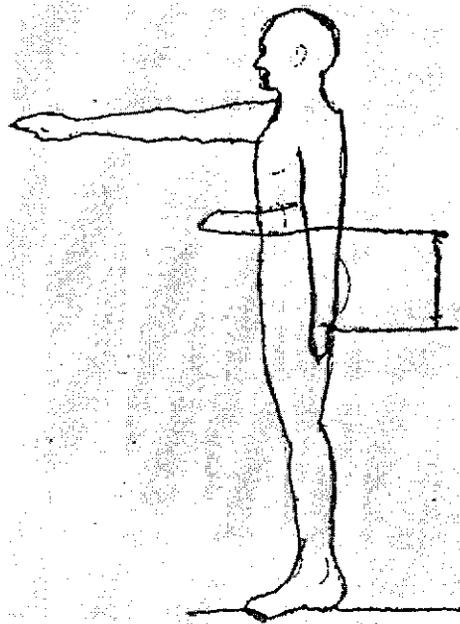
(B3)
BAHU KE LANTAI



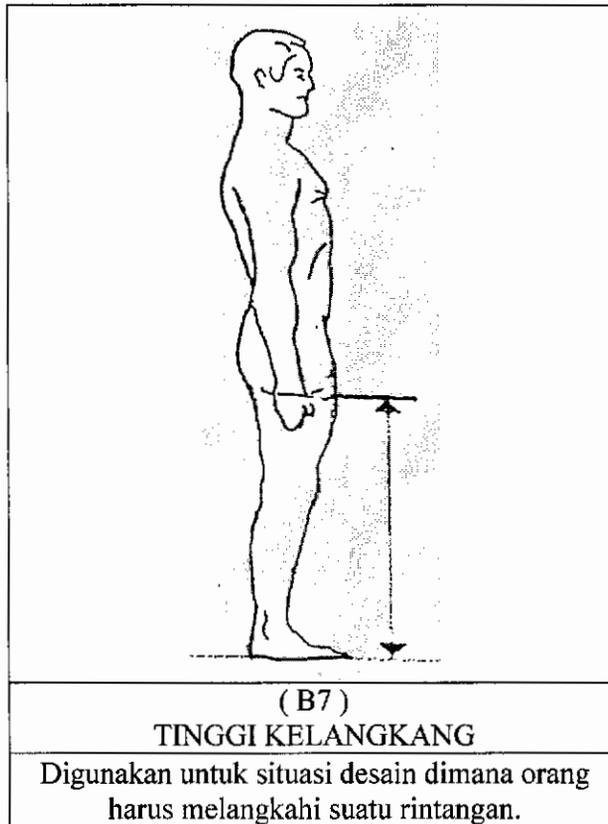
(B4)
SIKU KE LANTAI



(B5)
TANGAN KE LANTAI

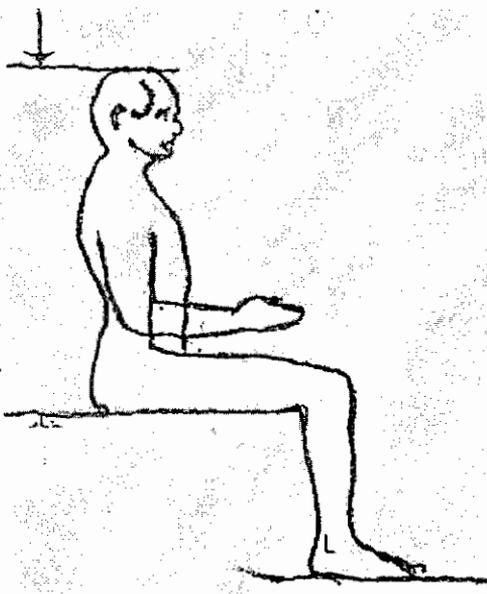
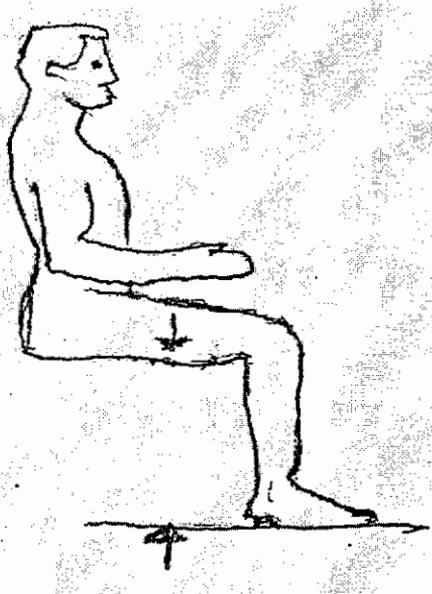
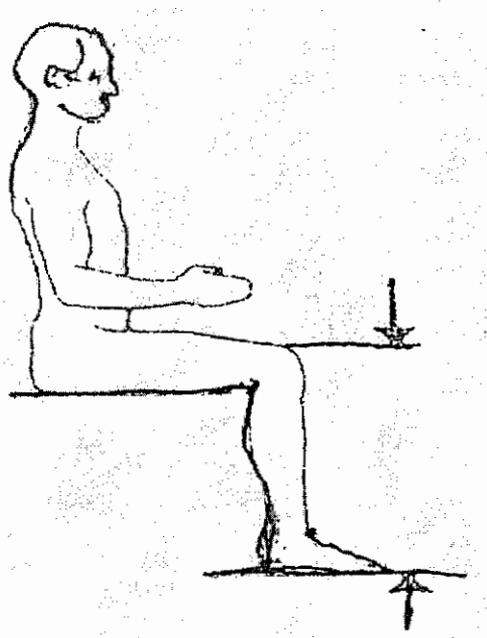
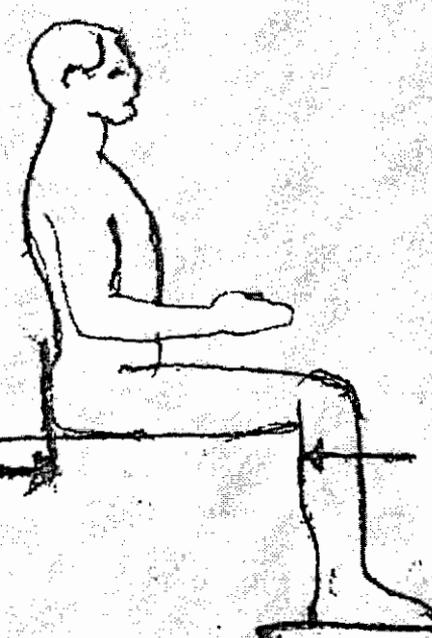


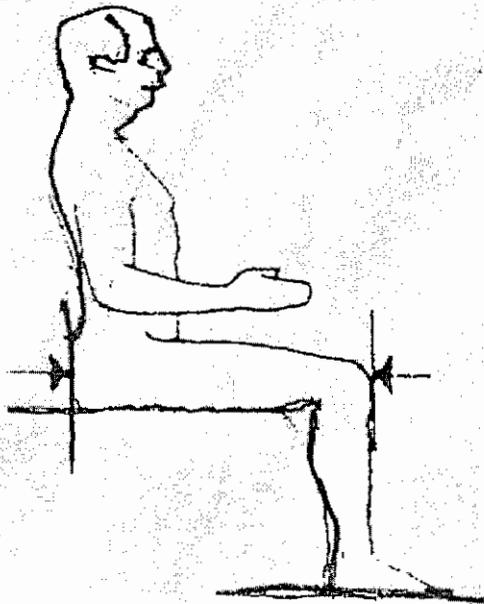
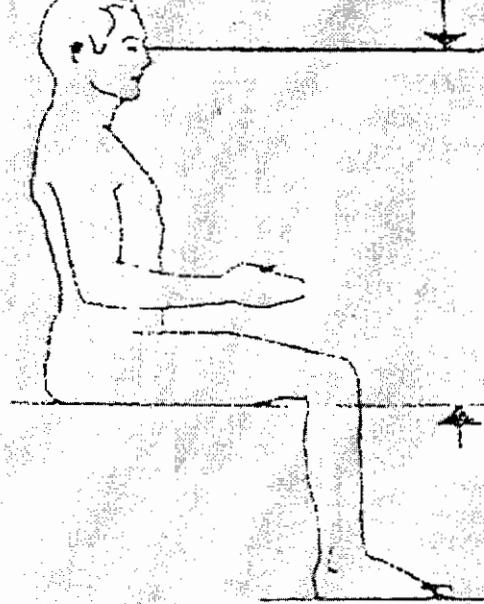
(B6)
SIKU KE LANTAI

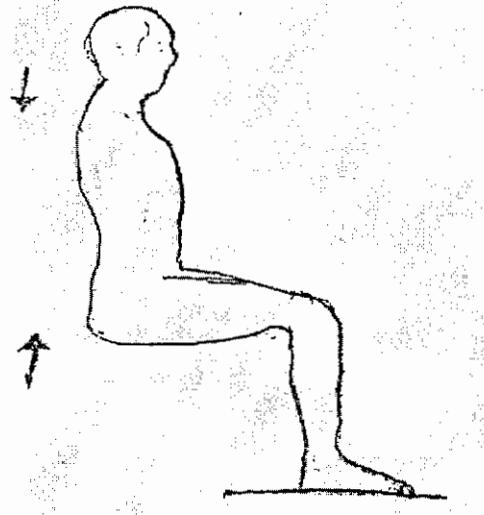
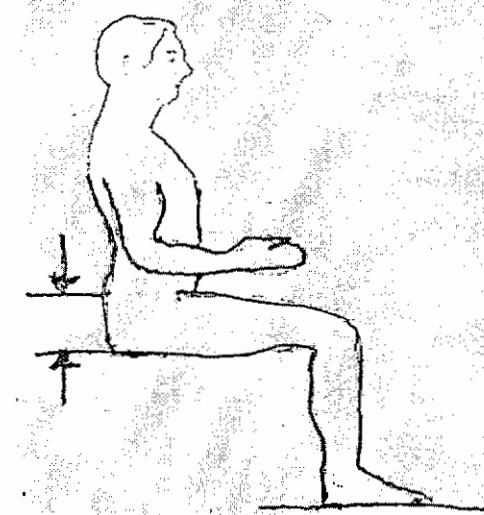


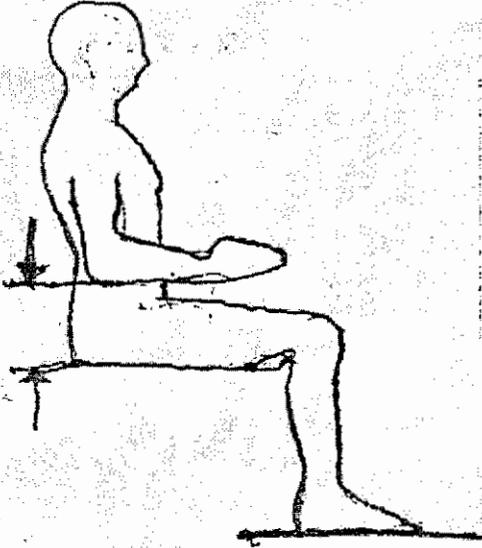
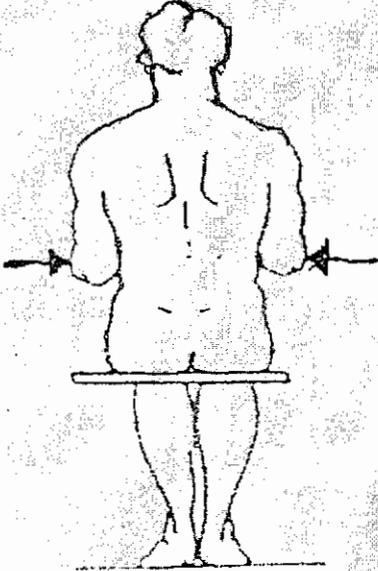
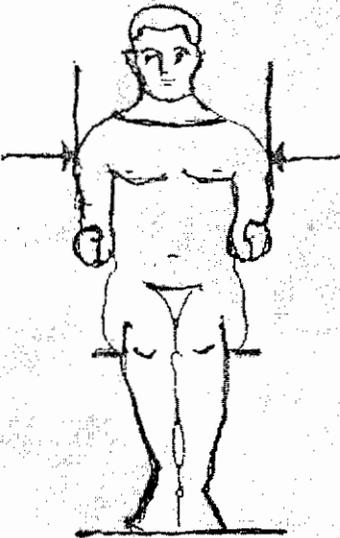
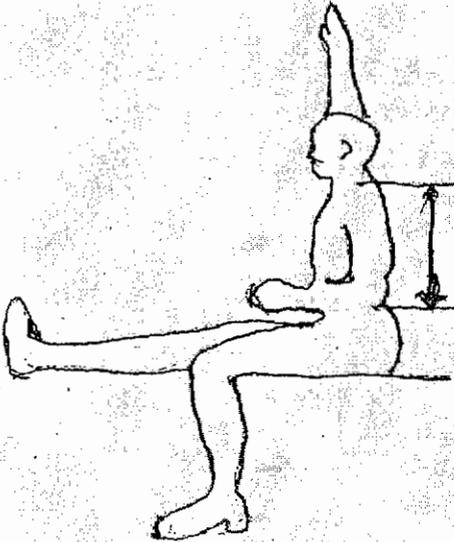
SEAT ANTHROPOMETER

KODE	KETERANGAN
C1	Tinggi Kepala Duduk
C2	Tinggi Popliteal
C3	Lutut ke Lantai
C4	Pantat ke Popliteal
C5	Pantat ke Lutut
C6	Tinggi Mata Duduk
C7	Tinggi Bahu Duduk
C8	Tinggi Paha
C9	Tinggi Siku
C10	Lebar Siku ke Siku
C11	Lebar Bahu
C12	Bahu ke siku

	
<p>(C1) TINGGI KEPALA DUDUK</p>	<p>(C2) TINGGI POPLITEAL</p>
<p>Dimensi ini digunakan untuk membuat toleransi di atas kepala untuk orang yang duduk. Hal ini terutama sangat penting untuk perancangan stasiun kerja pengemudi.</p>	<p>Dimensi ini digunakan untuk membuat tinggi tempat duduk dengan tepat. Juga digunakan dalam mengevaluasi hubungan antara tempat duduk kendaraan dengan kontrol kaki.</p>
	
<p>(C3) LUTUT KE LANTAI</p>	<p>(C4) PANTAT KE POPLITEAL</p>
<p>Dimensi ini digunakan menyediakan toleransi lutut.</p>	<p>Dimensi ini berhubungan dengan panjang tempat duduk.</p>

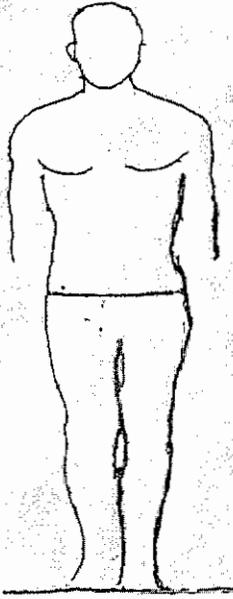
	
<p>(C5) PANTAT KE LUTUT</p>	<p>(C6) TINGGI MATA DUDUK</p>
<p>Dimensi ini digunakan untuk menyediakan toleransi lutut bagi operator yang duduk.</p>	<p>Dimensi ini digunakan untuk merancang suatu stasiun kerja duduk untuk ukuran display visual atau pandangan operator.</p>

	
<p>(C7) TINGGI BAHU DUDUK</p>	<p>(C8) TINGGI PAHA</p>
<p>Dimensi ini berhubungan dengan lokasi lat kontrol (alat kontrol pada umumnya tidak boleh diletakkan diatas bahu) dan untuk lokasi sabuk pengaman.</p>	<p>Dimensi ini digunakan untuk menyediakan toleransi yang tepat antara tempat duduk dengan tepi bawah bangku dan juga untuk membuat jarak antara tempat duduk pengemudi dan setir.</p>

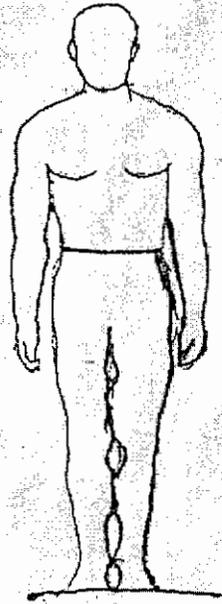
	
<p>(C9) TINGGI SIKU</p>	<p>(C10) LEBAR SIKU KE SIKU</p>
<p>Dimensi ini tidak hanya digunakan dalam membuat tinggi lengan kursi, tetapi juga sebagai dasar untuk membuat tinggi dataran menulis, lokasi <i>joystick</i>, dsb.</p>	<p>Dimensi ini digunakan untuk membuat tempat duduk dan jarak antar lengan kursi.</p>
	
<p>(C11) LEBAR BAHU</p>	<p>(C12) BAHU KE SIKU</p>
<p>Dimensi ini digunakan untuk membuat toleransi lateral dari orang yg duduk berdampingan dan untuk toleransi lateral dari seorang pekerja yg bekerja pd tempt yg sempit dgn suatu peralatan.</p>	

METERAN JAHIT/ METERAN BANGUNAN

KODE	KETERANGAN
D1	Lingkar pinggul (berdiri)
D2	Lingkar pinggang
D3	Lingkar dada
D4	Lingkar bahu
D5	Lingkar pinggul (duduk)
D6	Tebal pinggang
D7	Lebar pantat/ pinggul duduk
D8	Siku ke ujung jari
D9	Tinggi jangkauan duduk
D10	Pantat ke tumit
D11	Lebar sandaran
D12	Tinggi sandaran
D13	Lingkar kepala
D14	Lingkar leher
D15	Lebar kepala
D16	Tinggi kepala
D17	Kuping ke atas kepala
D18	Mata ke dagu
D19	Jarak antar pupil
D20	Panjang kepala
D21	Panjang kepala maksimal
D22	Panjang telapak tangan
D23	Lebar telapak tangan sampai ibu jari
D24	Lebar telapak tangan sampai metakartal
D25	Tebal telapak tangan
D26	Panjang telapak kaki
D27	Lebar telapak kaki

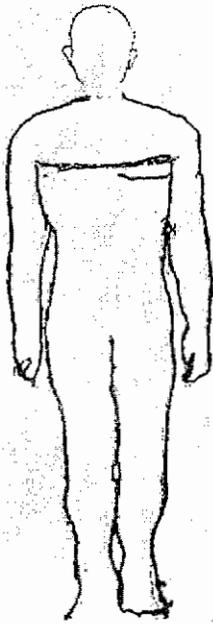


(D1)
LINGKARAN PINGGUL

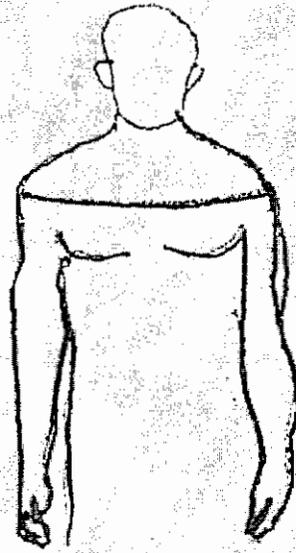


(D2)
LINGKARAN PINGGANG

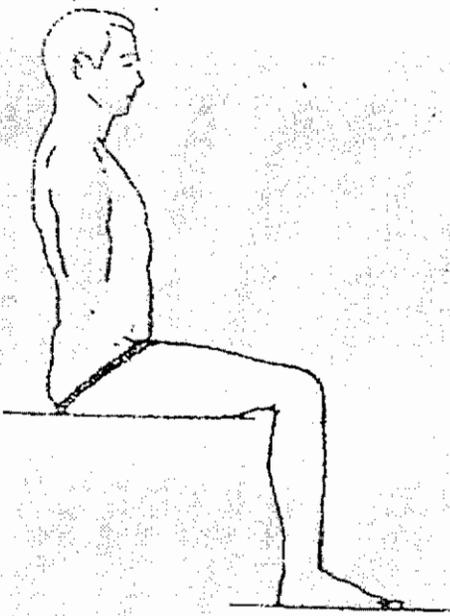
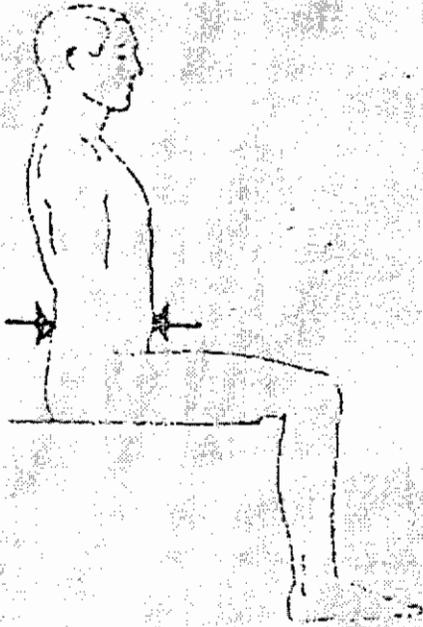
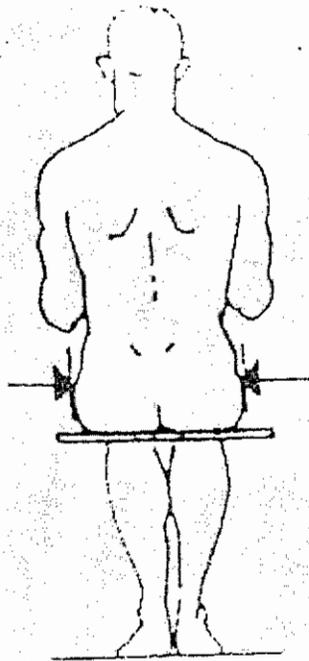
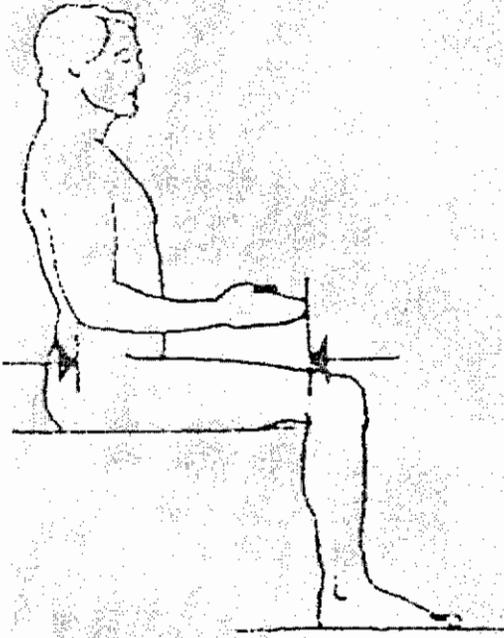
Digunakan antara lain untuk desain pakaian

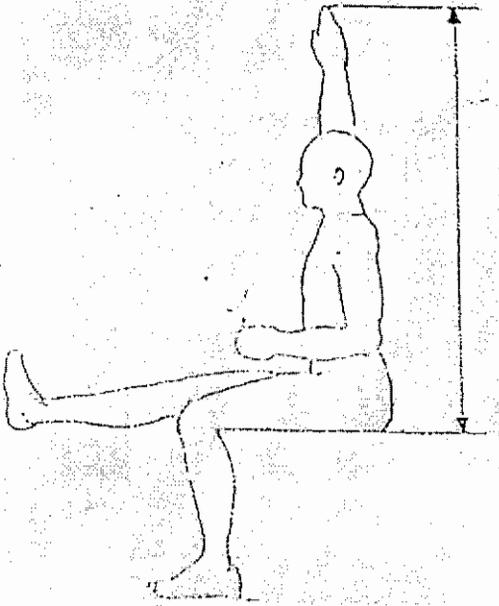


(D3)
LINGKARAN DADA

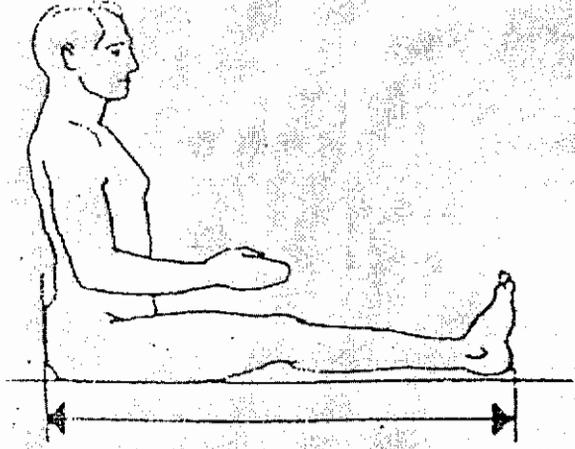


(D4)
LINGKARAN BAHU

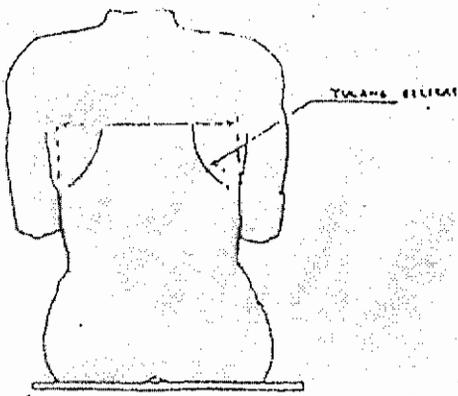
	
<p>(D5) LINGKARAN PINGGUL</p>	<p>(D6) TEBAL PINGGANG</p>
<p>Digunakan untuk desain tempat duduk dan seatbelt.</p>	<p>Dimensi ini digunakan untuk membuat toleransi antara sandaran dari kursi dengan ujung meja kerja atau kemudi</p>
	
<p>(D7) LEBAR PINGGUL DUDUK</p>	<p>(D8) SIKU KE UJUNG JARI</p>
<p>Dimensi ini digunakan untuk membuat lebar tempat duduk terutama toleransi lateral antar lengan tempat duduk</p>	<p>Dimensi ini digunakan dalam masalah khusus seperti mengevaluasi apakah suatu alat control diletakkan terlalu dekat dengan operator</p>



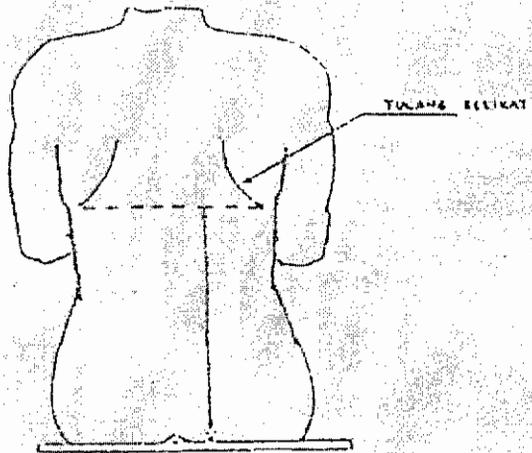
(D9)
TINGGI JANGKAUAN DUDUK



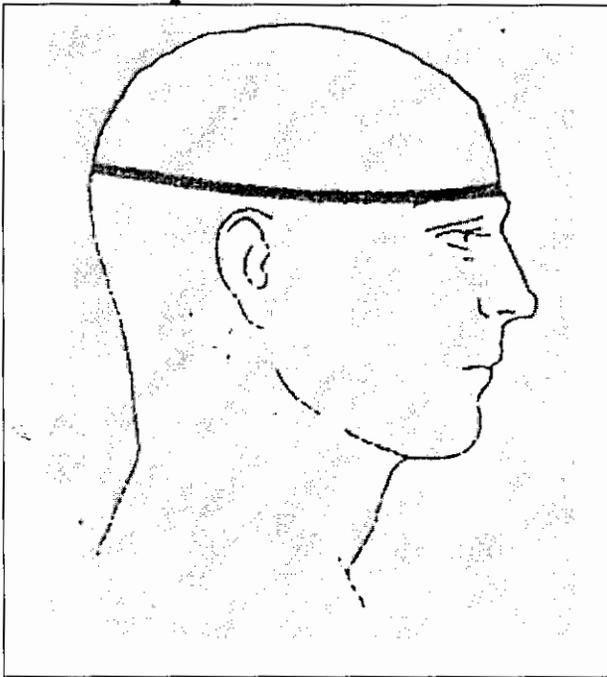
(D10)
PANTAT KE TUMIT



(D11)
LEBAR SANDARAN

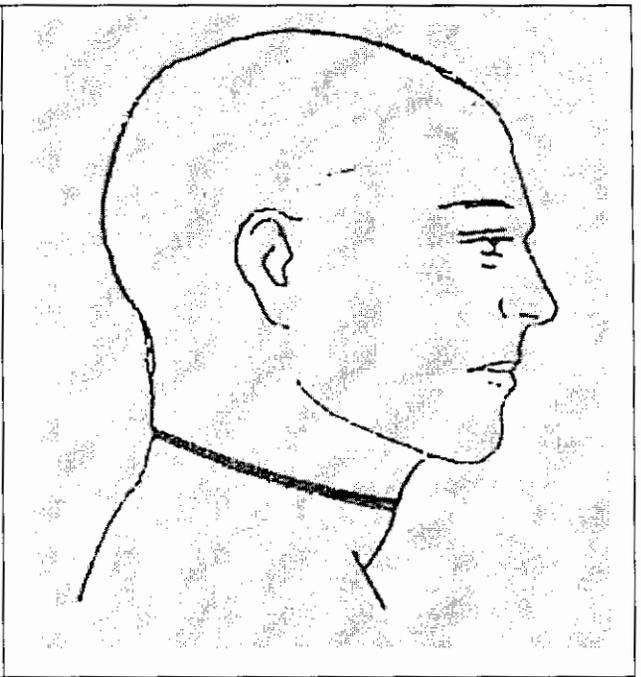


(D12)
TINGGI SANDARAN



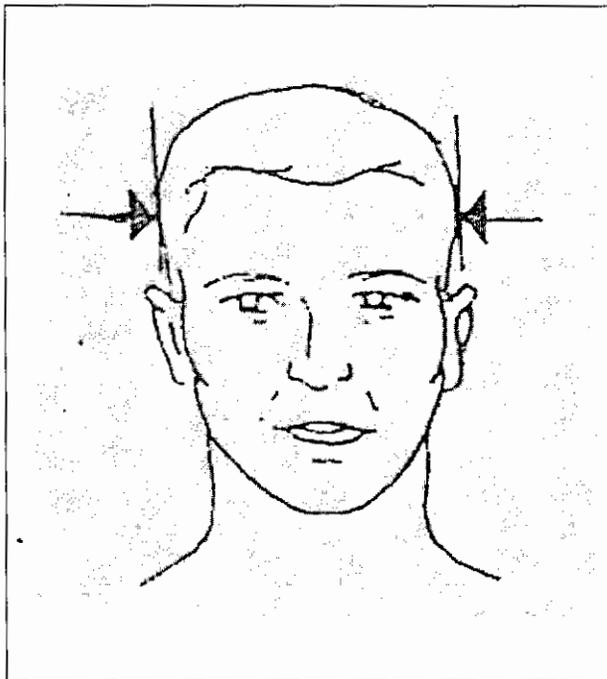
(D13)
LINGKARAN KEPALA

Untuk desain penutup kepala (helm, topi)



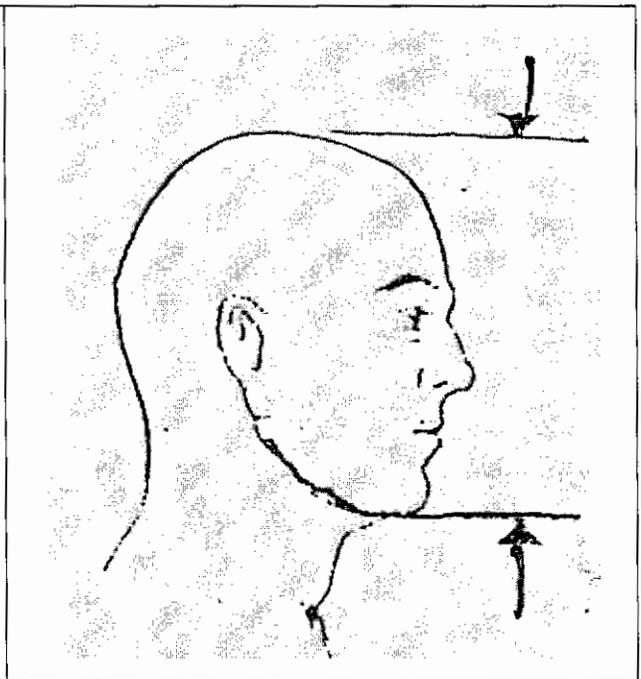
(D14)
LINGKARAN LEHER

Untuk desain pakaian khusus dan/atau alat-alat yang dipakai dileher



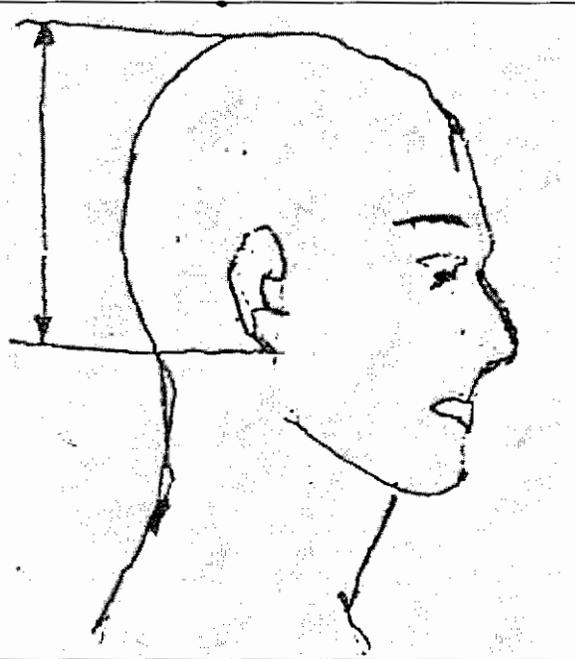
(D15)
LEBAR KEPALA

Untuk mendesain helm dan penutup kepala lainnya.

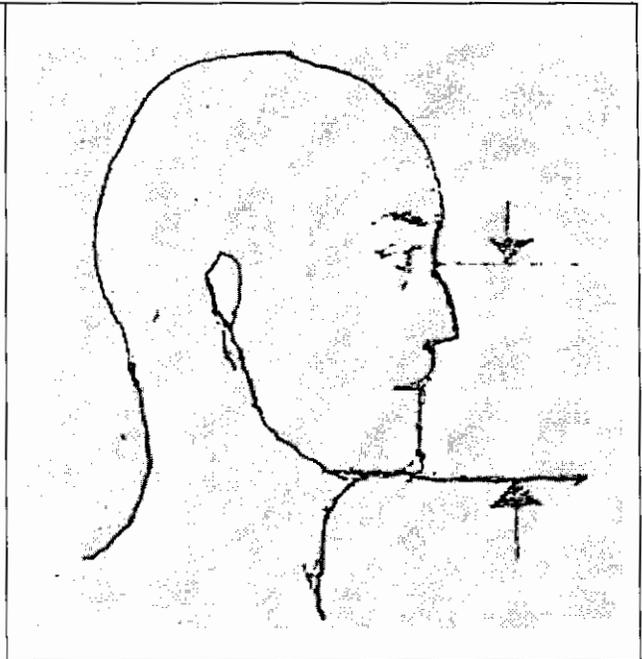


(D16)
TINGGI KEPALA

Untuk desain penutup kepala atau helm yang *full-face*

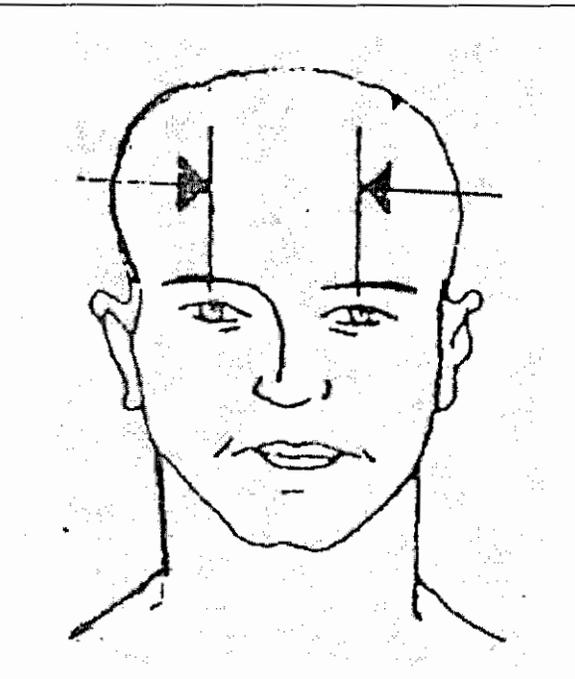


(D17)
KUPING KE ATAS KEPALA



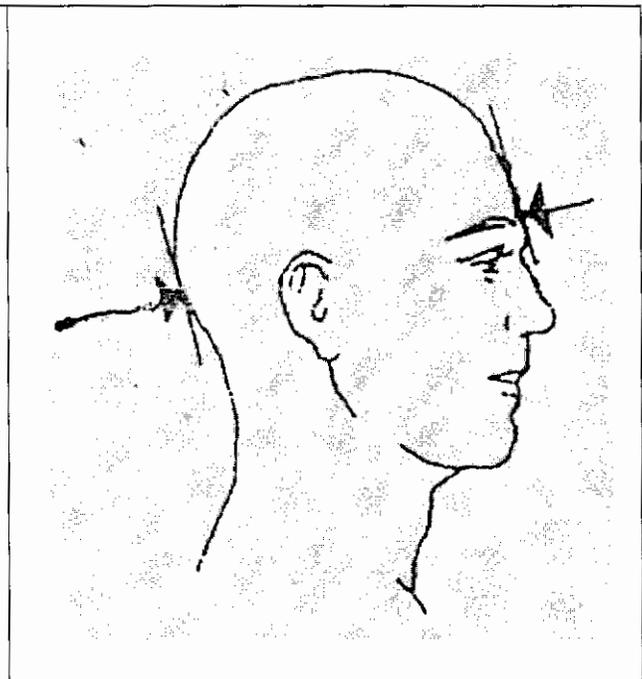
(D18)
MATA KE DAGU

Untuk mendesain penutup kepala yang mempunyai elemen pelindung mata. Dipakai bersama-sama dengan tinggi kepala.



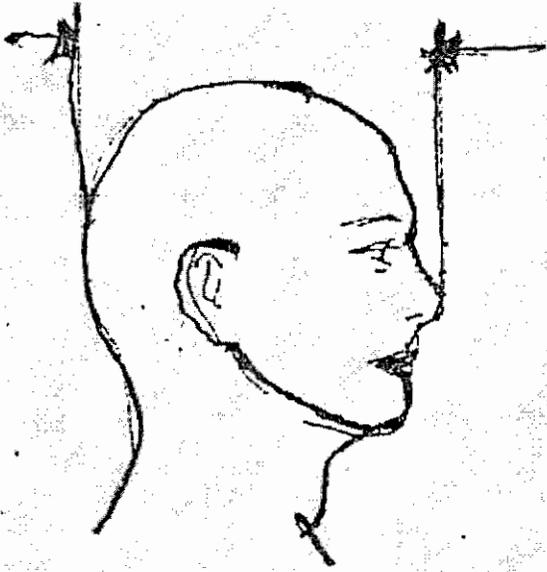
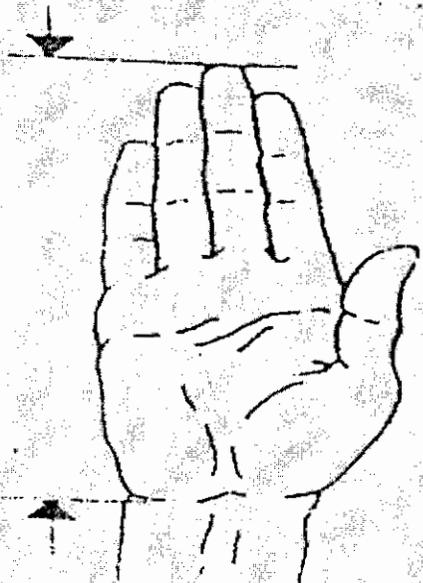
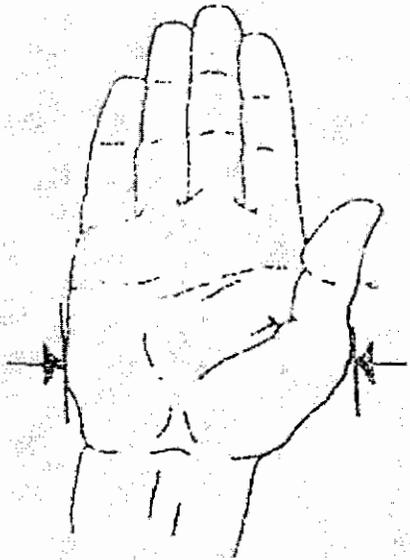
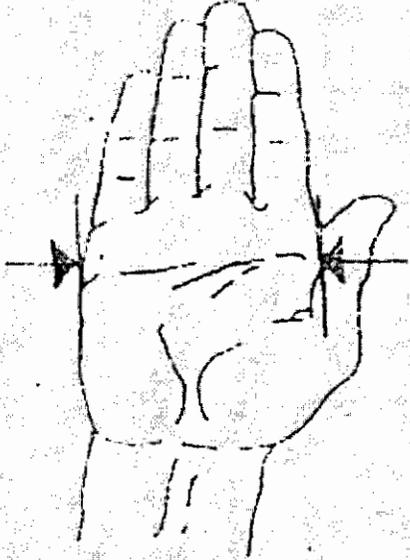
(D19)
JARAK ANTAR PUPIL

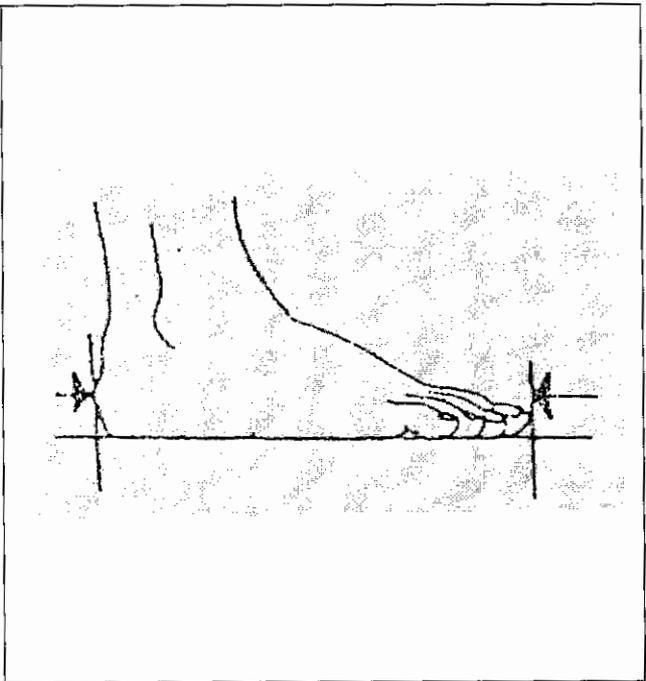
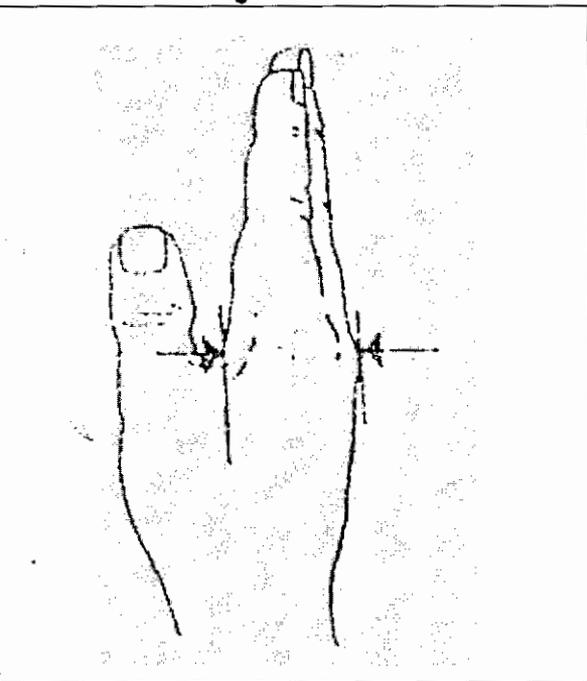
Dimensi ini berhubungan dengan desain kacamata, teropong dan alat-alat bantu penglihatan lainnya.



(D20)
PANJANG KEPALA

Berhubungan dengan desain helm, sebaiknya dipakai bersama-sama lebar kepala

	
<p>(D21) PANJANG KEPALA MAKSIMAL</p>	<p>(D22) PANJANG TELAPAK TANGAN</p>
<p>Untuk desain penutup kepala yang harus menutup atau melindungi seluruh wajah. Termasuk didalam dimensi ini adalah toleransi sebesar 1 inchi</p>	<p>Dimensi ini digunakan dalam merancang sarung tangan dan alat pelindung tangan lainnya. Juga berguna untuk tes dalam mengevaluasi pegangan tangan atau alat yang menggunakan tangan seperti pegangan tangga, joystick, dsb</p>
	
<p>(D23) LEBAR TELAPAK TANGAN SAMPAI IBU JARI</p>	<p>(D24) LEBAR TELAPAK TANGAN SAMPAI METAKARPAL</p>
<p>Dimensi ini digunakan dalam merancang alat perlindungan tangan dan juga berguna untuk menentukan toleransi lateral tangan.</p>	<p>Dimensi ini digunakan dalam merancang alat perlindungan tangan</p>

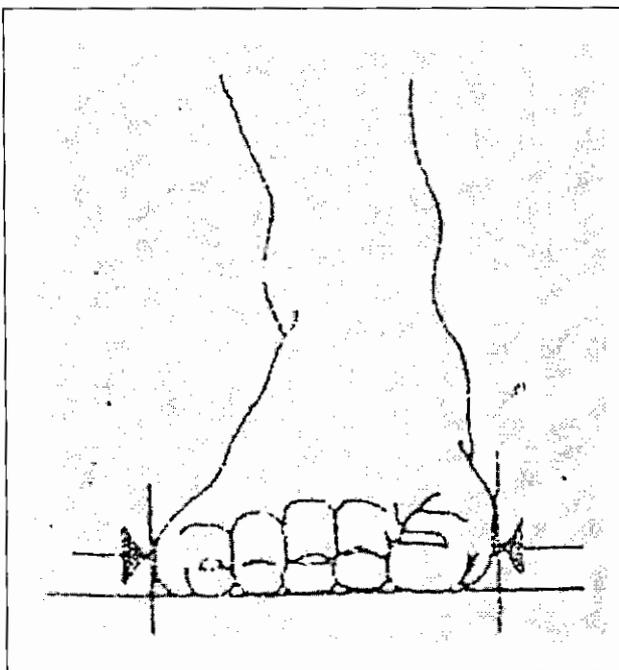


(D25)
TEBAL TELAPAK TANGAN

(D26)
PANJANG TELAPAK KAKI

Dimensi ini digunakan dalam merancang alat perlindungan tangan dan juga untuk toleransi tangan.

Dimensi ini digunakan dalam merancang peralatan kaki dan juga toleransi kaki.



(D27)
PANJANG TELAPAK KAKI

Dimensi ini digunakan dalam merancang peralatan kaki dan juga untuk toleransi kaki

Jurusan Teknik Industri,



PERANCANGAN SISTEM KERJA DAN ERGONOMI



WORK SAMPLING (SAMPLING PEKERJAAN)

I. TUJUAN PRAKTIKUM

- Memahami prosedur pelaksanaan **Work Sampling** dan mampu melakukan pengamatan work sampling dengan menggunakan table bilangan acak.
- Menunjukkan beberapa kelebihan dan kekurangan metode **Work Sampling** dibandingkan dengan metode-metode pengukuran kerja lainnya.
- Mampu mengolah data pengamatan dengan rumus-rumus statistik dan menganalisa hasil pengolahan data tersebut.

II. LANDASAN TEORI

Apabila suatu perusahaan sudah menerapkan system kerja yang baik dan memperhatikan factor-faktor kerja serta segi-segi ergonomis, tentunya perusahaan tersebut perlu juga mengetahui seberapa besar produktivitas pekerjanya. Selain itu perusahaan tentu ingin mengetahui standar performansi dan juga waktu baku dalam menghasilkan satu produk. Dengan data waktu baku, kita bisa menentukan kapasitas produksi dan pengendalian biaya buruh.

Pada banyak pekerjaan, adalah tidak praktis untuk menentukan standar performansi atau ukuran produktivitas dengan metode-metode seperti jam henti dan data waktu gerakan. Ada banyak pekerjaan dimana **Time Study** dan **Predetermined Time Standard** tidak produktif untuk menetapkan standar-standar. Metode-metode tersebut berguna untuk menetapkan waktu baku bagi pekerjaan-pekerjaan yang mempunyai siklus waktu yang pendek dan banyak pengulangan. Pada kenyataannya, banyak pekerjaan yang tidak mempunyai tingkat pengulangan tinggi atau waktu siklus pendek. Siklus kerja mungkin saja terlalu lama atau terlalu panjang, terlalu bervariasi dan seringkali sulit untuk menghitung jumlah produk yang dihasilkan. Oleh karena itulah, pada situasi seperti inilah **Work Sampling** dibutuhkan. Beberapa jenis pekerjaan yang bisa di ukur dengan **Sampling** antara lain Pekerjaan Manufaktur, seperti *Maintenance*, *Material Handling*, dan pekerjaan non manufaktur lainnya seperti kegiatan di kantor, bank, rumah sakit, pusat perbelanjaan (kasir) dan restoran-restoran.

PENGETIAN “WORK SAMPLING”

Work Sampling, pertama kali diterapkan oleh L.H.C. Tippet di industri Tekstil di Inggris pada tahun 1940.

Work Sampling adalah proses membuat sejumlah pengamatan secara acak dengan jumlah Sampel yang cukup. Pengamatan dilakukan terhadap aktifitas-aktifitas operator untuk menentukan jumlah waktu yang digunakan oleh operator atas berbagai aktifitas yang berhubungan dengan pekerjaannya. Tujuan Utama dari Work Sampling adalah untuk menentukan seberapa lama waktu yang digunakan untuk mengerjakan pekerjaan-pekerjaan tertentu. **Work Sampling** dapat mengidentifikasi kenyataan bahwa seorang operator menghabiskan banyak waktu untuk menunggu, atau mengerjakan pekerjaan kantor, atau bahkan melakukan aktivitas-aktivitas yang tidak tercantum dalam Job Descriptionnya. Analisis Produktivitas ini dapat memberi masukan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan secara keseluruhan.

Meskipun definisi Work Sampling diatas tergolong cukup sederhana, tetapi perlu tindakan yang hati-hati. Kata kunci dalam definisi work sampling adalah **Sufficient (kecukupan data)**. Salah satu dasar teori statistik Sampling adalah konsep bahwa semakin besar ukuran sample maka keakuratan hasil yang diperoleh adalah lebih baik. Secara gamblangnya adalah : Jika kita mengamati pekerja sepanjang waktu, kesimpulan kita atas pemakaian waktu pekerja tersebut akan sangat akurat (sempurna). Tetapi jika kita melakukan pengamatan kepada pekerja tersebut sepanjang waktu, maka waktu kita menjadi tidak produktif. Dalam Work Sampling, sejumlah pengamatan yang cukup harus dibuat agar kita yakin bahwa hasilnya akurat. Rumus-rumus statistik diperlukan untuk membantu menentukan berapa pengamatan yang harus dilakukan.

Sangat penting untuk dicatat bahwa Studi Work Sampling dapat dilakukan jika kondisi pekerjaan benar-benar mewakili kondisi pekerjaan normal dari pekerjaan. Untuk membuat yakin bahwa sample yang diambil mewakili keadaan yang sebenarnya, maka sample tersebut harus diambil secara acak dari hari kerja. Jika praktikan melakukan pengamatan pada waktu yang sama setiap hari, maka hal yang akan terjadi adalah subyek yang diamati akan bersifat tidak wajar. Jika hal ini terjadi, sample yang diambil menjadi tidak mewakili keadaan yang sebenarnya dan data yang diperoleh menjadi tidak valid.

APLIKASI DARI WORK SAMPLING

- **Menentukan Kelonggaran**

Salah satu penggunaan *Work Sampling* adalah menentukan kelonggaran untuk waktu normal yang kemudian digunakan untuk menentukan waktu standar.

- **Menentukan Utilisasi Mesin**

Hal ini berarti menentukan utilisasi atau besar pemanfaatan yang dapat dilakukan sebuah mesin, dan seberapa besar produktivitas yang dilakukan oleh mesin tersebut.

- **Mengukur aktifitas Pekerja**

Disini dilakukan pengukuran terhadap presentase kegiatan produktif dan kegiatan yang tergolong non produktif dari seorang pekerja.

- **Mengukur Waktu Baku**

Waktu baku suatu Produk atau suatu kegiatan tertentu dapat diperoleh dengan pengolahan data lebih lanjut sesudah pengamatan Work Sampling dilakukan.

LANGKAH-LANGKAH DALAM MELAKUKAN WORK SAMPLING

1. Menetapkan Tujuan

Pertama-tama, tujuan dari studi harus ditetapkan. Praktikan harus menetapkan pemakaian dari hasil-hasil pengamatan sebelum melakukan study. Apakah study tersebut digunakan untuk menetapkan waktu standar produksi atau menganalisa elemen-elemen pekerjaan dan lain-lain.

2. Mengidentifikasi Subyek yang akan diamati

Orang yang melakukan tugas-tugas yang akan diamati harus diidentifikasi. Misalnya kita akan mempelajari pekerjaan kantor untuk menentukan produktivitas keseluruhan, maka pekerja yang akan kita amati harus diidentifikasikan dulu apa pekerjaan dan jabatannya.

3. Mengidentifikasi ukuran output

Langkah berikutnya dalam melakukan studi adalah mengidentifikasikan ukuran output yang dihasilkan. Langkah ini sangatlah penting jika tujuan dari studi adalah untuk mengukur produktifitas dengan maksud untuk menetapkan standar. Sebagai contoh : sebuah bengkel, yang menjadi ukuran outputnya adalah jumlah mobil yang di service (dilayani) dalam satu hari.

4. Mengidentifikasi Aktifitas / kegiatan

Langkah ini meliputi pendefinisian aktivitas-aktivitas yang dikerjakan oleh orang yang diamati / dipelajari. Penentuan aktifitas-aktifitas ini termasuk kategori bekerja, menganggur, atau menunggu.

5. Menentukan Jumlah Pengamatan yang diperlukan

Setelah elemen-elemen pekerjaan didefinisikan, jumlah pengamatan sesuai dengan tingkat kepercayaan dan tingkat ketelitian yang diinginkan perlu ditentukan. Ukuran Sample tergantung pada :

- a. Tingkat Kepercayaan
- b. Tingkat Ketelitian
- c. Persentase waktu yang dialokasikan untuk bekerja. Jika kita tidak dapat memperkirakannya, lakukan studi pendahuluan dengan mengumpulkan kira-kira 20 – 40 pengamatan untuk mendapatkan porsi waktu yang digunakan operator untuk elemen-elemen pekerjaannya.

6. Menetapkan Periode Waktu Pengamatan

Berikutnya, periode waktu lamanya study yang akan dilakukan harus ditetapkan. Kapan memulai dan mengakhiri Studi harus direncanakan sebaik mungkin. Semakin lama waktu pengamatan, semakin baik, tetapi perlu ditinjau lagi biaya studi yang dikeluarkan pasti akan meningkat seiring lamanya waktu studi. Perlu diingat, bahwa periode waktu pengamatan yang ditetapkan harus cukup untuk mewakili (menggambarkan) aktifitas normal dari pekerjaan yang dipelajari.

7. Menjadwalkan Pengamatan

Setelah jumlah pengamatan yang diperlukan telah ditentukan, berdasarkan perhitungan Statistik, pengamatan actual harus dijadwalkan. Praktikan akan

membagi sejumlah pengamatan yang sama setiap harinya. Sebagai contoh : Jika 800 pengamatan diperlukan dan 20 hari pengamatan telah ditetapkan, maka 40 pengamatan setiap harinya harus dilakukan. Tabel bilangan acak dapat digunakan untuk membantu menentukan waktu-waktu kunjungan.

8. Menginformasikan Personal yang Terlibat

Sebelum studi dilakukan, personal yang terlibat perlu diberitahu mengenai tujuan dari studi dan metodologi yang akan dipakai. Kita perlu memberitahu para pekerja dan Supervisor bahwa yang diamati adalah pekerjaan mereka, bukan diri mereka secara personal. Akan ada beberapa masalah yang mungkin terjadi selama studi dilakukan jika kita mengabaikan proses ini.

9. Mencatat dan Mengolah Data

Langkah berikutnya dan merupakan bagian yang paling mudah dari Work Sampling adalah pencatatan data yang belum diolah. Meskipun pencatatan ini dapat dilakukan oleh setiap orang, tetapi lebih baik bila seorang praktikan yang terlatih dipekerjakan. Data yang sudah dikumpulkan kemudian diolah, dengan menggunakan rumus-rumus Statistik. Proses ini menyederhanakan seluruh pengamatan yang telah dibuat atas setiap elemen kerja dan perhitungan persentase waktu yang benar-benar dihabiskan atas pekerjaan tertentu. Jika sebuah Standard akan dibuat, persentase waktu dibandingkan dengan lamanya study, sehingga waktu per unit dari output dapat dihitung.

10. Menyusun Analisa dan Kesimpulan

Setelah semua data selesai diolah, perlu dilakukan analisa dan menarik kesimpulan bahkan saran-saran untuk meningkatkan produktifitas. Sebagai contoh kesimpulan dari studi Work Sampling dapat dinyatakan sebagai berikut: Sebuah mesin yang diamati dimana tingkat pemanfaatannya 87 % atau produktif 87 %. Secara formal, kesimpulan ini dapat dinyatakan sebagai berikut: “ kita 95 % mempercayai bahwa, dengan tingkat ketelitian ± 5 %, mesin produktif 87 %.”

III. PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Praktikan terlebih dahulu harus membuat Proposal sesuai Sistematika Proposal dan isi Proposal harus sudah di setujui (di-ACC). Untuk membantu penyusunan membuat Proposal, maka sebelumnya praktikkan wajib mendengarkan dan memperhatikan Briefing Pembuatan Proposal.
2. Penelitian dilakukan diluar jam Laboratorium, dan para praktikkn wajib mencari obyek penelitian diluar (outdoor) yaitu pada tempat-tempat yang umum dilakukan kegiatan yang memenuhi criteria penelitian, misalkan : rumah sakit, mall, fotocopy center, dll. Kegiatan yang diamati adalah kegiatan non manufactur yaitu kegiatan yang dilakukan oleh operator.
3. Pelaksanaan Penelitian dilakukan oleh Praktikkan sendiri. Untuk itu Praktikan sudah harus menguasai terlebih dahulu cara-cara melakukan penelitian.
4. Yang harus dilakukan oleh Praktikan antara lain:
 - Praktikan I dan II mengamati kegiatan yang dilakukan oleh dua operator (yang telah ditentukan) pada waktu yang sama sesuai dengan waktu acak yang tertera pada proposal. Penentuan Operator yang akan diamati terserah pada praktikkan. Cara pengamatan dan pengambilan data akan dijelaskan pada Briefing Proposal.
 - Catatan :
 - Operator yang diamati sama / satu orang itu saja sepanjang waktu pengamatan untuk masing-masing kelompok.
 - Praktikkan I dan II diperbolehkan untuk mencatat dan menambah kegiatan produktif dan non produktif.
 - Praktikan III dan IV menghitung masing-masing jumlah Output yang dihasilkan oleh kedua operator yang diamati oleh Praktikan I dan II.

IV. ALAT-ALAT YANG HARUS DIPERSIAPKAN OLEH PRAKTIKAN

1. Pensil atau Ballpoint
2. Penggaris
3. Tipe-Ex atau Penghapus
4. Kalkulator

5. Jam Tangan (Stop-Watch)
6. Proposal yang sudah di- ACC

V. SISTEMATIKA PROPOSAL

1. Tujuan Pengukuran
2. Identifikasi Ukuran Output
3. Identifikasi Obyek yang akan diamati
4. Menentukan aktivitas yang akan diamati
5. Menentukan jumlah pengamatan yang akan diperlukan
 Dengan $z = 99\%$, $s = 15\%$, produktifitas awal = $47,5\%$
6. Menetapkan periode waktu pengamatan
7. Menentukan Jadwal Pengamatan

Catatan :

Waktu pengamatan ditetapkan selama 99 menit, jika data dari bilangan acak ada yang keluar lebih dari 1 kali, maka cukup diambil sekali saja.

VI. PENGOLAHAN DATA

A. PENGELOMPOKKAN DATA

PENGAMATAN KE.....						
KEGIATAN	1	2	3	.....	T	Jumlah
Produktif	X1	X2	X3	.....	Xt	$\sum Xi$
Non Produktif	Y1	Y2	Y3	.....	Yt	$\sum Yi$
Jumlah	n1	n2	n3	...	nt	$\sum ni$
% Produktif	P1	P2	P3	.....	Pt	

B. UJI KEŠERAGAMAN DATA

1. $p = \sum Xi / \sum ni$

2. $BKA = \bar{p} + z \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

3. $BKB = \bar{p} - z \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

dimana : p : adalah presentase produktif

n : jumlah data tiap kelompok

z : koefisien pada distribusi normal (diasumsikan z = 3)

4. Kemudian Plot Peta Control

Jika data jatuh diluar batas control, maka data tersebut tidak akan terpakai lagi. Hitung nilai p yang baru, dan buat BKA serta BKB yang baru. Buat pula peta control yang baru.

C. UJI KECUKUPAN DATA

- Tingkat Kepercayaan = 99 %
- Tingkat ketelitian = 15 %
- Produktifitas awal = 47.5 %

Table Nilai Z

TINGKAT KEPERCAYAAN (%)	Z
99.9	3.25
99	2.575
95	1.96
90	1.645
80	1.245
75	1.151
65	0.935
50	0.675

Hitung nilai N'

$$N' = \frac{(z/s)^2 \cdot (1-\bar{p})}{\bar{p}}$$

Perhatikan bahwa jumlah data yang kita kumpulkan (N), setelah membuang data-data yang diluar batas kontrol, harus lebih besar dari N' ($N \geq N'$)

Jika ternyata $N < N'$ maka data dianggap kurang. Segera menghadap asisten . dan lakukan analisa sekarang juga !!! (mengapa data bisa kurang dan langkah-langkah apa yang harus dilakukan)

D. PERHITUNGAN WAKTU BAKU

1. Jumlah Pengamatan : $\sum ni$

Jumlah Produktif : $\sum Xi$

% Produktif : $\frac{\sum Xi}{\sum ni}$

2. $W_s = \% \text{ Produktif} \times \text{Waktu untuk menyelesaikan satu produk}$

3. $W_n = W_s \times p$

Dimana : p adalah Faktor penyesuaian, dan besarnya p ditentukan dengan cara Obyektif dan Schumard.

4. $W_b = W_n + (A \times W_n)$

Dimana : A adalah Allowance / kelonggaran

VII. CONTOH PENGOLAHAN DATA**1 Pengelompokan Data**

Kegiatan	Frekuensi Teramati pada kelompok ke						jumlah
	11	12	13	14	15	16	
Produktif	51	50	40	36	33	36	246
Non-produktif	9	10	15	20	24	24	102
Tak terhindarkan	-	-	5	4	3	-	12
jumlah	60	60	60	60	60	60	360
% produktifitas	85%	83,3%	67%	60%	55%	60%	

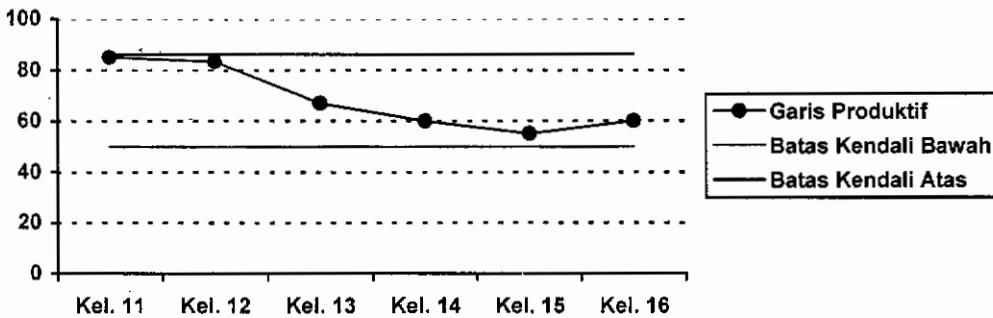
2. Uji Keseragaman Data

$$\bar{p} = \frac{246}{360} = 0,68 = 68\%$$

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= p + z \frac{p(1-p)}{n} \\ &= 0,68 + 3 \frac{0,68(1-0,68)}{60} \\ &= 0,68 + 0,18 \\ &= 0,86 = 86\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BKB} &= p - z \frac{p(1-p)}{n} \\ &= p - z \frac{0,68(1-0,68)}{60} \\ &= 0,68 - 0,18 \\ &= 0,5 = 50\% \end{aligned}$$

Grafik Keseragaman Data (BKA & BKB)



3. Uji Kecukupan Data

$$N' = \frac{(2,575 / 0,15)^2 \cdot (1 - 0,68)}{0,68} = \frac{294,7 \times 0,32}{0,68} = 138,7$$

$\approx 139 \rightarrow$ Data minimal

$N' < N \rightarrow 139 < 360$

Jadi, data yang ada sudah cukup untuk diolah

4. Penentuan Waktu Baku

4.1 Penentuan faktor penyesuaian

-Faktor penyesuaian menurut Westinghouse terdiri dari :

a.Keterampilan : Good Skill (C1)	= +0,06
b.Usaha : Good Effort (C2)	= +0,02
c.Kondisi : Excellenty (B)	= +0,04
d.Konsistensi : Good (A)	= +0,01
Jumlah	<u>= +0,13</u>

Jadi $p = 1 + 0,13 = 1,13$ (faktor penyesuaian)

- Perhitungan waktu baku

a). – Jumlah pengamatan	= 360
– Jumlah produktivitas	= 246
– Jumlah % Produktivitas	= $\frac{246}{360} \times 100\% = 68,3\%$

b). Total waktu pengamatan = $88 + 97 + 99 + 99 + 99 + 99 = 581$ menit

Total output = $50 + 57 + 12 + 22 + 23 + 29 = 193$

Waktu untuk menyelesaikan 1 output = $\frac{581}{193} = 3,01$

$W_s = \frac{p}{p} \times \text{waktu 1 output}$
 $= 68,3 \% \times 3,01$
 $= 2,06$ menit

c). faktor penyesuaian

$W_n = W_s \times p$
 $= 2,06 \times 1,13$
 $= 2,33$ menit

4.2 Penentuan faktor kelonggaran

Beberapa faktor kelonggaran, diantaranya adalah :

- Faktor ribadi	= 2%
- Faktor fatigue	= 19%
- Faktor tak terhindarkan	= $\frac{12}{360} \times 100\%$ = 3,3%

Kelonggaran untuk menghilangkan rasa fatigue terdiri dari beberapa faktor, yaitu :

A. Tenaga yang dikeluarkan	
Pria	= 7
B. Sikap kerja	
Berdiri diatas 2 kaki	= 2
C. Gerakan kerja	
Normal	= 0
D. Kelelahan mata	
Pandangan yang terus-menerus	= 7
E. Keadaan temperatur tempat kerja	
Normal	= 3
F. Keadaan atmosfer	
Baik	= 0
G. Keadaan lingkungan yang baik	
Bersih, sehat, cerah dengan kebisingan rendah	= 0
	Jumlah = 19
Total kelonggaran = 2% + 19% + 3,3% = 14,3%	

II.4.3 Perhitungan waktu baku

$$\begin{aligned}
 W_b &= W_n + A (W_n) \\
 &= 2,33 + 14,3 (2,33) \\
 &= 35,65
 \end{aligned}$$

VIII. SISTEMATIKA LAPORAN

Lembar Pengesahan

Kata Pengantar

Daftar Isi

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

- 1.2. Tujuan Penelitian
- 1.3. Pembatasan Masalah

BAB II. LANDASAN TEORI (min. 7 lembar)

BAB III. PENGOLAHAN DATA

- III.1. Pengelompokan Data.
- III.2. Uji Keseragaman Data
- III.3. Uji kecukupan Data
- III.4. Perhitungan Waktu Baku
 - III.4.1. Penentuan Faktor Penyesuaian (menggunakan Metode Westing House)
 - III.4.2. Penentuan factor Penggunaan
Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi dan untuk menghilangkan rasa Fatigue, dapat dilihat pada lampiran atau juga pada Hand Book by Sतालaksana.
Kelonggaran untuk hambatan yang tidak dapat dihindari didapatkan dari lembar pengamatan praktikkan.
 - III.4.3. Perhitungan waktu Baku

IV. ANALISA DATA

IV.1. Analisa Perbandingan Operator

IV.1.1. Analisa Persen Produktif

- Menurut Anda, berapa standar persen produktif seorang Operator yang nanti anda teliti? Beri alasannya ! Jelaskan !
- Berdasarkan Hasil pengolahan data diatas, analisa apakah persen produktif yng telah dicapai oleh tiap-tiap operator apakah telah memenuhi standard persen produktif yang telah anda tentukan itu ? Jelaskan ?!!

IV.1.2. Analisa Kemungkinan Peningkatan Produktivitas

Menurut anda , apakah Produktivitas yang telah dicapai tersebut masih dapat ditingkatkan atau tidak ??! bagaimana caranya ??! Jelaskan !! (Penjelasan tidak terbatas hanya pada

ilmu APK saja, tetapi boleh mengaplikasikan ilmu lain seperti Pemasaran, advertising, dll.

IV.2. Analisa Faktor Penyesuaian dan Faktor Kelonggaran

Analisa kelonggaran dilakukan terhadap kelonggaran untuk kebutuhan Pribadi, kebutuhan untuk menghilangkan rasa Fatigue, dan hambatan yang tidak bisa dihindarkan. Wajar atau tidak, besarnya kelonggaran yang telah anda berikan ??! Wajar atau tidakkah besarnya Faktor kelonggaran dari hambatan yang tak terhindarkan (dari hasil pengolahan data tersebut) bagi kegiatan seorang operator yang akan anda amati nanti? Jika tidak bagaimana sebaliknya?

IV.3. Analisa Waktu Baku

Menurut anda, bagaimana penerapan / aplikasi selanjutnya dari hasil pengolahan data sampling yang telah anda hitung? (apa yang dapat diteliti selanjutnya dengan menggunakan hasil pengolahan tersebut?)
Jelaskan sejejas-jelasnya!!!

IV.4. Analisa Work Sampling

- Analisa kelebihan dan kekurangan Work Sampling dibandingkan teknik pengukuran kerja yang lainnya.
- Menurut anda, teknik pengukuran kerja apa yang paling tepat diterapkan dalam pengukuran kerja oleh seorang Operator culun???!
Jelaskan !!!

Catatan:

Untuk lembar pengamatan Work Sampling dapat dilihat pada lampiran.

Jurusan Teknik Industri,



PERANCANGAN SISTEM KERJA DAN ERGONOMI



Jurusan Teknik Industri,



PERANCANGAN SISTEM KERJA DAN ERGONOMI



BIOMEKANIS

I. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian dari praktikum ini yaitu :

1. Memahami hubungan antara denyut jantung dengan pengeluaran energi.
2. Memahami pengaruh pembebanan terhadap pengeluaran energi dalam suatu pekerjaan.
3. Memahami cara pengerjaan yang optimal terhadap beban dari suatu pekerjaan.
4. Memahami pengaruh cara pengangkatan beban terhadap pengeluaran energi dalam suatu pekerjaan.
5. Memahami pengaruh kondisi mental seseorang terhadap pekerjaan yang dilakukannya.

II. LANDASAN TEORI

Manusia dalam kehidupannya selalu terlibat dengan kegiatan bekerja setiap hari. Hal yang penting dan harus diperhatikan adalah bagaimana mengatur kegiatan-kegiatan ini sedemikian rupa sehingga posisi tubuh pada saat bekerja tersebut dalam keadaan nyaman sehingga hasil kerjanya dapat optimal.

Struktur fisik manusia mempengaruhi manusia untuk melaksanakan kegiatannya. Struktur fisik manusia yang berhubungan dengan kegiatan bekerja ini terdiri dari struktur tulang, otot-otot rangka, sistem syaraf dan proses metabolisme. Rangka tubuh manusia digunakan untuk melindungi dan melaksanakan kegiatan-kegiatan fisik. Tulang yang satu dengan yang lainnya dihubungkan dengan sendi-sendi tulang yang terdiri atas gumpalan-gumpalan serabut otot yang dapat berkontraksi. Serabut otot ini berfungsi untuk mengubah energi kimia menjadi energi mekanik. Kegiatan dari otot dikontrol oleh sistem syaraf sedemikian rupa sehingga kegiatan-kegiatan yang dilakukan dapat berlangsung dengan baik. Semua kegiatan manusia memerlukan tenaga yang diperoleh dari

proses metabolisme dalam otot, yaitu berupa kumpulan dari proses-proses kimia yang mengubah bahan makanan menjadi kerja mekanis dan panas.

Pendekatan secara ilmiah diperlukan untuk mencari metoda pengukuran tentang semua kegiatan yang dialami pekerja selama ia melakukan pekerjaan dan kemudian menyebarkan informasi-informasi itu kedalam bentuk angka-angka. Kerja manusia ada yang bersifat mental dan ada juga yang bersifat fisik, dimana masing-masing mempunyai tingkat intensitas yang berbeda-beda. Jika intensitas terlampau tinggi, maka diperlukan tenaga berlebihan. Tetapi jika sebaliknya, intensitas terlampau rendah maka akan menimbulkan rasa jenuh dan bosan. Tingkat intensitas yang optimum berada diantara kedua batas ekstrim diatas dan selalu berlainan untuk setiap individu. Dengan demikian, usaha-usaha ergonomi harus diarahkan pada pencapaian tingkat intensitas optimum ini.

Tingkat intensitas kerja yang optimum, umumnya dapat dilaksanakan apabila tidak ada tekanan (stress) dan ketegangan (strain). Tekanan stress berhubungan dengan beberapa aspek dari aktivitas atau lingkungan yang terjadi pada individu sebagai akibat reaksi individu tersebut terhadap beberapa hal yang tidak sesuai dengan keinginannya, sedangkan ketegangan merupakan konsekuensi logis yang harus diterima oleh individu tersebut karena adanya tekanan.

II.1. Metabolisme

Metabolisme adalah suatu proses kimia yang mengubah bahan makanan menjadi 2 bentuk, yaitu kerja mekanis dan panas. Sebagian kecil dari kerja mekanis tentu saja diperlukan dalam tubuh untuk membuat proses pernapasan dan pencernaan. Sebagian besar kerja mekanis tersebut digunakan untuk melakukan kerja eksternal, misalnya berjalan dan melakukan pekerjaan fisik lainnya. Selain kerja, panas dihasilkan oleh tubuh. Biasanya panas dihasilkan dalam jumlah yang terlalu banyak bagi tubuh, sehingga panas tersebut harus dibuang oleh tubuh.

Dalam melakukan kerja fisik, otot dalam tubuh berkontraksi. Kontraksi ini memerlukan energi. Ketika akan digunakan oleh otot, energi ini masih dalam bentuk yang paling sederhana yaitu glikogen,

yang dapat diartikan sebagai jumlah molekul glukosa yang bergabung menjadi sebuah molekul besar. Untuk mengubah glikogen menjadi energi, diperlukan reaksi kimia yang mengubah glikogen menjadi energi dengan hasil sampingan asam laktat. Hasil sampingan berupa asam laktat ini juga perlu dibuang oleh tubuh, dengan cara dipecah menjadi 2 bentuk, yaitu air dan kabondioksida.

Untuk memulai dan melangsungkan kerja fisik, otot dapat menggunakan glikogen yang telah disediakan oleh tubuh. Tetapi sayangnya jumlah glikogen tersedia sangat kecil, karena itu bila kerja fisik terus dilakukan, tubuh akhirnya perlu untuk membuat glikogen baru yang didapat dari darah, serta juga perlu untuk memperbanyak suplai oksigen. Jika jumlah oksigen yang tersedia itu mencukupi, maka tidak ada atau setidaknya sekali asam laktat yang menumpuk dalam otot. Tetapi jenis kerja fisik yang dilakukan adalah kerja yang cukup berat, dalam arti memerlukan oksigen yang jauh lebih banyak dari pada jumlah biasa ditrasfer oleh aliran darah melalui sistem kardiovaskular, sistem ini secara otomatis akan menyesuaikan dengan yang diperlukan oleh tubuh, yaitu secara otomatis akan menaikkan frekuensi pernapasan untuk membawa oksigen tambahan ke dalam paru-paru, serta menaikkan frekuensi denyut jantung untuk membawa lebih banyak darah ke dalam sistem kardiovaskular.

Jika proses yang otomatis dikerjakan oleh tubuh ini tidak juga mencukupi untuk menurunkan jumlah asam laktat yang terkumpul, maka akan menyebabkan kerja otot berhenti secara otomatis.

Ketika kerja fisik tadi dihentikan, asam laktat yang masih tersisa dalam tubuh perlu untuk dibuang sampai habis. Oksigen tambahan masih diperlukan membuang sisa asam laktat yang menumpuk. Peristiwa ini disebut dengan oxygen debt. Hal inilah yang menyebabkan mengapa setelah kita berhenti melakukan kerja fisik yang melelahkan, denyut jantung dan frekuensi pernapasan tidak langsung kembali menjadi normal, melainkan perlu sejumlah waktu istirahat untuk mengembalikan pernapasan dan denyut jantung ke kondisi semula. Waktu ini disebut *rest time*.

Metabolisme basal adalah energi yang diperlukan tubuh dalam kondisi tidak aktif. Walaupun kondisi ini berbeda-beda untuk masing-masing orang, tetapi orang dewasa mempunyai rata-rata 1500 sampai 1800 kkal / hari. *Passmore* mengemukakan bahwa energi yang diperlukan seseorang untuk berada di tempat tidur selama 8 jam adalah sebesar 500 kkal, ditambah sekitar 1400 kkal untuk sisa waktu 16 jam berikutnya, sehingga dapat dihitung bahwa dalam 24 jam, seseorang yang tidak bekerja memerlukan energi 1900 kkal.

II.2. Proses terjadinya kelelahan dan akibat kelelahan

Secara garis besar dapat dinyatakan bahwa kelelahan merupakan suatu pola yang timbul pada suatu keadaan, yang secara umum terjadi pada individu, yang telah tidak sanggup lagi untuk melakukan aktivitasnya. Pada dasarnya pola ini ditimbulkan akibat kelelahan fisiologis dan psikologis, hal ini bersifat objektif dan dapat pula bersifat subyektif. Yang dimaksud dengan kelelahan fisiologis adalah kelelahan yang timbul karena adanya perubahan-perubahan fisiologis dalam tubuh. Dari segi fisiologis, tubuh manusia dapat dianggap sebagai suatu mesin yang mengkonsumsi bahan bakar, dan memberikan output berupa tenaga-tenaga yang berguna untuk melaksanakan aktivitas sehari-hari. Pada prinsipnya ada 5 macam mekanisme yang dilakukan oleh tubuh yaitu sistem peredaran, sistem pencernaan, sistem otot dan sistem pernapasan. Kerja yang kontinu berpengaruh terhadap mekanisme-mekanisme di atas baik secara sendiri-sendiri atau sekaligus.

Kelelahan terjadi karena terkumpulnya produk-produk sisa dalam otot dan peredaran dara, dimana produk-produk sisa ini bersifat dapat membatasi kelangsungan aktivitas otot. Atau mungkin bisa dikatakan bahwa produk-produk sisa ini mempengaruhi serat-serat syaraf dan sistem syaraf pusat sehingga menyebabkan orang menjadi lambat bekerja jika sudah lelah.

Makanan yang mengandung glikogen mengalir dalam tubuh melalui peredaran darah. Setiap kontraksi dalam otot selalu diikuti

oleh reaksi kimia yang mengubah glikogen tersebut menjadi tenaga, panas dan asam laktat. Dalam tubuh dikenal fase pemulihan, yaitu suatu proses untuk mengubah asam laktat menjadi glikogen kembali dengan adanya oksigen dari pernapasan, sehingga memungkinkan otot-otot bisa bergerak secara kontinu. Artinya keseimbangan kerja bisa dicapai dengan baik apabila kerja fisiknya terlalu berat. Pada dasarnya kelelahan ini timbul karena terakumulasinya produk sisa dalam otot atau peredaran darah yang disebabkan tidak seimbangnya antara kerja dan proses pemulihan.

Untuk lebih jelasnya, ada tiga penyebab timbulnya kelelahan fisik yaitu :

1. Oksidasi glukosa dalam otot menghasilkan karbon dioksida, laktat, fosfat dan sebagainya, dimana zat-zat tersebut terkait dalam darah yang kemudian dikeluarkan waktu bernafas. Kelelahan terjadi apabila pembentukan zat-zat tersebut tidak seimbang dengan proses pengeluarannya, sehingga timbul penimbunan dalam jaringan otot yang mengganggu kediatan otot selanjutnya.
2. Karbohidrat yang juga didapat dari makanan diubah menjadi glukosa dan disimpan dalam hati dalam bentuk glikogen. Setiap 1cm^3 darah normal akan membawa 1mm^3 glukosa, berarti setiap sirkulasi darah hanya membawa 0,1% dari sejumlah glikogen yang ada dalam hati. Karena bekerja persediaan glikogen dalam hati akan semakin menipis, dan kelelahan ini akan timbul apabila konsentrasi glikogen dalam hati tinggal 0,7 %.
3. Dalam keadaan normal jumlah udara yang harus masuk melalui pernapasan kira-kira 4 liter/menit, sedangkan dalam keadaan bekerja keras harus dibutuhkan udara kira-kira 15 liter/menit. Ini berarti bahwa pada suatu tingkat kerja tertentu akan dijumpai suatu keadaan dimana jumlah oksigen yang masuk dalam pernafasan lebih kecil dari tingkat kebutuhan. Jika hal ini terjadi maka kelelahan akan timbul, karena reaksi oksigen dalam tubuh yaitu untuk mengurangi asam laktat menjadi air dan karbon dioksida agar dapat keluar dari tubuh, menjadi tidak seimbang

dengan pembentukan asam laktat itu sensiri (asam laktat terakumulasi dalam otot atau dalam darah).

Jenis kelelahan kedua adalah kelelahan psikologis. Kelelahan ini dapat dikaitkan kelelahan palsu, yang timbul dalam perasaan orang yang bersangkutan dan terlihat dengan tingkah lakunya atau pendapat-pendapatnya yang tidak konsekwen lagi serta juwanya yang labil dengan adanya perubahan walaupun sendiri dalam kondisi lingkungan atau kondisi tubuhnya. Dadi hal ini menyangkut perubahan yang bersangkutan dengan moril seseorang. Sebab-sebab kelelahan ini dapat diakibatkan oleh beberapa hal antara lain kurang minat dalam pekerjaan, berbagai penyakit, monoton, keadaan lingkungan, adanya hukum moral yang mengikat dan merasa tidak cocok, sebab-sebab mental seperti: tanggung jawab kekuatiran dan konflik-konflik. Pengaruh-pengaruh ini seakan-akan dalam tubuh (benak) yang menimbulkan rasa lelah.

Para ahli telah melakukan percobaan-percobaan yang tujuannya ingin mengetahui proses terjadinya kelelahan psikologis ini, sehingga saat ini ada suatu konsep yang menyatakan bahwa keadaan dan perasaan lelah 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 (aktifasi). Sistem penghambat ini terdapat dalam thalamus, dan bersifat menurunkan kemampuan manusia untuk bereaksi. Sedangkan sistem penggerak terdapat dalam formatio retikularis, yang bersifat merangsang pusat-pusat vegetatif untuk konversi ergotropis dari peralatan-peralatan tubuh. Dengan demikian, keadaan seseorang pada suatu saat bergantung pada hasil kerja dua sistem antagonis ini. Apabila sistem penggerak lebih besar dari sistem penghambat maka keadaan orang tersebut berada dalam keadaan segar untuk bekerja. Dan sebaliknya, bila sistem penghambat lebih kuat dari sistem penggerak maka orang tersebut mengalami kelelahan. Itu sebabnya apabila seseorang yang sedang lelah dapat melakukan aktifitas secara tiba-tiba apabila mengalami

suatu peristiwa yang tidak diduga atau ketegangan emosi. Demikian juga gerak yang monoton dapat menimbulkan kelelahan yang menghambat lebih kuat dibandingkan sistem penggerak.

Adapun gejala-gejala kelelahan atau perasaan-perasaan kelelahan yaitu :

1. Perasaan berat dikepala, 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 berbaribg.
2. Merasa susah berfikir,lelah berbicara, menjadi gugup, tidak dapat berkonsentrasi, tidak dapat mempunyai perhatian terhadap sesuatu, cenderung untuk lupa, kurang percaya, cemas terhadap sesuatu, tidak dapat mengontrol sikap, tidak dapat tekun dalam bekerja.
3. Sakit kepala, kekakuan dibahu, merasa nyeri dipunggung, pernapasan merasa tertekan, haus, serak, merasa pening, spesme dari kelopak mata, tremor pada anggotaan badan dan merasa kurang sehat.

Gejala-gejala yang termasuk dalam kelompok 1, menunjukkan perlemahan kegiatan, kelompok 2, menunjukkan perlemahan motifasi, dan kelompok 3, menunjukkan kelelahan fisik akibat psikologis.

Pada tahun 1936, Ryan dan Warren meneliti pengaruh kelelahan perubahan biologis manusia. Dari penelitian mereka diperoleh kesimpulan bahwa kelelahan menyebabkan perubahan-perubahan sebagai berikut;

1. Reflek vaskular (pembuluh darah) dari kulit diperlambat.
2. Meningkatnya gerakan mencari keseimbangan waktu berdiri.
3. Menurunkan koordinasi tangan dan mata.
4. Menurunkan kecepatan dan kecermatan dalam memecahkan soal matematika.

Adapun beberapa cara yang ditempuh untuk mengurangi kelelahan adalah sebagai berikut :

1. Sediakan kalori secukupnya sebagai input untuk tubuh

2. Bekerja dengan menggunakan metode kerja yang baik, misalkan bekerja dengan memakai prinsip ekonomi gerakan.
3. Perhatikan kemampuan tubuh, artinya pengeluaran tenaga tidak melebihi pemasukannya dengan memperhatikan batasan-batasannya.
4. Mempehatikan waktu kerja yang teratur. Berarti harus dilakukan pengaturan terhadap jam kerja, waktu istirahat, dan sarannya.
5. Mengatur lingkungan fisik sebaik-baiknya seperti temperatur kelembaban sirkulasi udara, dll.
6. Berusaha untuk mengurangi monotoni dan kegiatan-kegiatan akibat kerja, misal dengan menggunakan warna dan dekorasi ruang kerja, menyediakan musik, menyediakan waktu berolahraga dan sebagainya.

II.3. Pengukuran waktu kerja manusia

Teknik dan prinsip-prinsip untuk mendapatkan rancangan (desain) terbaik dari sistem kerja, yaitu melalui pengaturan kerja dan pengukuran kerja. Pengaturan kerja berisi prinsip-prinsip yang mengatur komponen-komponen sistem kerja untuk mendapatkan beberapa alternatif sistem kerja yang baik. Setelah diperoleh beberapa alternatif, kemudian dipilih satu yang terbaik dan memungkinkan untuk dilaksanakan. Kriteria yang dapat digunakan sebagai pengukuran yang baik tentang suatu kebaikan sistem kerja adalah: waktu, tenaga, psikologis, dan sosiologis. Sedangkan bagian yang mempelajari cara pengukuran sistem kerja agar diperoleh yang terbaik itu, disebut pengukuran kerja. Pengukuran kerja ini mencakup teknik-teknik pengukuran waktu, tenaga dan akibat psikologis serta sosiologis.

Dalam praktikum ini, pengukuran kerja yang dilakukan merupakan bagian dari pengukuran kerja dengan teknik pengukuran tenaga. Pengukuran kerja dengan teknik ini pada dasarnya untuk mengukur besarnya usaha/ tenaga/ energi yang dikeluarkan oleh seorang pekerja untuk menyelesaikan pekerjaannya. Tenaga yang dibutuhkan /dikeluarkan diukur dalam kilo kalori.

Secara garis besar kegiatan (aktifitas) kerja manusia dapat digolongkan menjadi dua, yaitu kerja fisik (otot) dan kerja mental (otak). Pemisalan ini sebenarnya tidak dapat dilakukan secara sempurna, karena hubungan yang erat antara kerja fisik dan kerja mental. Semua aktifitas kerja manusia pada dasarnya memerlukan energi. Energi ini diperoleh dari metabolisme dalam sel manusia yang mengubah bahan makanan menjadi energi. Jika dilihat dari energi yang dikeluarkannya, maka kerja mental memang relatif lebih sedikit mengeluarkan energi dibanding kerja fisik.

Kerja fisik masih dibagi lagi dalam dua kelompok besar yaitu kerja statis dan kerja dinamis. Kerja statis adalah kerja yang menggunakan otot-otot tertentu, contohnya melakukan pekerjaan perakitan dengan menggunakan kedua tangan dalam keadaan duduk. Sedangkan kerja dinamis adalah kerja yang menggunakan sebagian besar atau keseluruhan otot yang ada, contohnya pekerjaan mengangkat benda dari suatu tempat yang berjarak 10 meter dari tempat semula.

Dalam aktifitas fisik digunakan sekelompok otot. Sebagian digunakan untuk mempertahankan posisi tubuh sementara yang lain mengerjakan aktifitas. Oleh karena itu Davis dan Miller telah mengklasifikasi pekerjaan fisik ada 3 tipe;

1. Aktifitas seluruh tubuh : dimana menggunakan sebagian besar kelompok otot yang melibatkan dua pertiga atau tiga perempat dari keseluruhan otot tubuh manusia.
2. Aktifitas otot setempat : dimana memerlukan lebih sedikit energi karena lebih sedikit kelompok otot yang diperlukan untuk melakukan aktifitas itu.
3. Aktifitas kerja statis : dimana otot digunakan untuk mengerahkan tenaga tetapi tidak ada kerja mekanis yang dilakukan. Aktifitas kerja statis memerlukan kontraksi sekelompok otot dan merupakan aktifitas yang paling banyak digunakan.

Energi keseluruhan dalam melakukan Aktivitas fisik dipengaruhi oleh jumlah dan jenis otot yang dilibatkan, untuk

menggerakkan bagian tubuh maupun untuk melakukan kontraksi antagonis.

Kriteria pengukuran aktivitas kerja manusia secara umum dapat dibagi dua, yakni kriteria fisiologis dan kriteria operasional.

1. Kriteria Fisiologis.

Kriteria fisiologis dari kegiatan kerja manusia biasanya ditentukan berdasarkan besarnya kecepatan denyut jantung dan pernapasan atau konsumsi oksigen. Untuk menentukan besarnya tenaga yang tepat berdasarkan kriteria ini agak sulit karena perubahan fisik dari keadaan normal menjadi keadaan fisik yang aktif akan melibatkan beberapa fungsi fisiologis yang lain seperti tekanan darah, peredaran darah dalam paru-paru, jumlah oksigen yang digunakan, jumlah karbondioksida yang dihasilkan, temperatur badan, banyaknya keringat dan komposisi kimia yang terkandung dalam urin dan darah. Secara umum dikatakan bahwa kecepatan denyut jantung dan kecepatan pernapasan dipengaruhi tekanan psikologis. Tekanan ini disebabkan oleh tekanan psikologis, tekanan lingkungan atau tekanan akibat kerja keras dimana ketiga tekanan tersebut sama pengaruhnya. Sehingga apabila kecepatan denyut jantung seseorang meningkat, kita akan sulit menentukan, apabila kecepatan denyut jantung seseorang meningkat, kita akan sulit menentukan, apakah peningkatan ini karena kerja, atau akibat temperatur ruangan yang terlampau panas atau sebagai akibat rasa takut yang timbul. Oleh karena itu, pengukuran berdasarkan kriteria fisiologis ini hanya digunakan bila faktor-faktor yang berpengaruh kecil, atau situasi kerjanya dalam keadaan normal.

Volume oksigen yang dibutuhkan selama bekerja dipakai sebagai dasar menentukan jumlah kalori yang diperlukan selama kerja atas dasar persamaan :

1 liter oksigen = 4.7 – 5.0 kkal / menit.

Volume oksigen yang digunakan tersebut dihitung dengan cara mengukur volume udara ekspirasi dan kemudian kadar oksigennya ditentukan dengan teknik sampling. Pengukuran berdasarkan kecepatan denyut jantung mudah dilakukan, tetapi pengukuran dengan cara ini kurang tepat dibandingkan dengan konsumsi oksigen karena lebih banyak dipengaruhi oleh faktor individu seperti emosi, kondisi fisik, jenis kelamin dan sebagainya. Dalam hubungannya dengan pekerjaan itu sendiri ada banyak faktor yang mempengaruhi besarnya tenaga yang diperlukan kegiatan manusia antara lain melalui cara pelaksanaan kerja, kecepatan kerja, sikap kerja kondisi lingkungan dan lainnya.

2. Kriteria Operasional

Kriteria operasional melibatkan teknik-teknik untuk mengukur atau menggambarkan hasil-hasil yang bisa dilakukan tubuh atau anggota-anggota tubuh pada saat melaksanakan gerakan-gerakannya. Secara umum hasil gerakan yang dapat dilakukan tubuh atau anggota tubuh dapat dibagi dalam bentuk-bentuk : range gerakan, pengukuran aktivitas berdasarkan kekuatan, ketahanan, kecepatan dan ketelitian. Untuk mengukur aktivitas-aktivitas tersebut dapat digunakan bermacam-macam alat ukur seperti alat pengukur tegangan dan dinamometer.

Pengukuran aktivitas fisik berdasarkan range dari gerakan, digunakan untuk jenis pekerjaan yang berulang dengan tetap. Hasil gerakan tubuh dikatakan menurun atau meningkat jika range gerakannya makin kecil atau makin besar. Maka dalam hal ini diperlukan teknik tertentu untuk menggambarkan atau mencatatkan informasi-informasi tentang gerakan-gerakan fisik yang terlibat dalam suatu aktivitas. Teknik-teknik yang biasa digunakan untuk itu mencakup teknikfilm, pemakaian *chronophotography*, dan teknik elektronik dan mekanik tertentu. Salah satu contohnya adalah alat platform gaya .

Platform gaya adalah suatu panggung kecil yang di atasnya disediakan tempat bagi subyek yang akan diukur aktivitas fisiknya. Dengan menggunakan elemen-elemen pengukur yang ada dibawah platform tadi, maka gaya-gaya yang dikeluarkan subyek selama aktivitasnya secara otomatis dapat dicatat dalam arah 3 dimensi, yaitu vertikal, frontal dan transversal. Sebagai contoh Broucha telah memberikan gambaran perbandingan antara gaya-gaya yang dibutuhkan dalam mengoperasikan mesin tik manual dengan mesin tik elektronik.

Pengukuran aktivitas fisik berdasarkan kekuatan dan daya tahan pada hakekatnya tidak hanya ditentukan oleh kekuatan otot saja, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor subyektif lainnya seperti besarnya tenaga yang dikeluarkan, kecepatan kerja. Cara dan sikap melaksanakan kerja, kebiasaan olah raga, jenis kelamin, umur, daya reaksi, stabilitas, letak posisi beban dan arah gerakan dari anggota tubuh lain-lain.

Banyak penyelidikan-penyelidikan para ahli yang telah membuktikan bahwa faktor-faktor diatas memang mempengaruhi kekuatan dan daya tahan tubuh manusia ketika melakukan aktivitasnya. *Hunischer* juga telah melakukan percobaan terhadap 55 orang laki-laki yang melakukan gerakan-gerakan dalam 6 arah gerakan (dorong – tarik – atas – bawah – kiri – kanan) dan 5 macam sudut posisi (180o – 150o – 120o – 90o dan 60o). Dari hasil percobaan terbukti bahwa gerak menarik dan mendorong merupakan gerakan terkuat dibanding dengan yang lainnya, dan ternyata kekuatan tersebut berbeda-beda untuk setiap sudut posisi.

Besarnya tenaga saat melakukan aktivitas tentu akan berpengaruh pada kekuatan dan daya tahan tubuh untuk melaksanakan aktivitas tersebut. Makin besar tenaga yang dituntut oleh suatu pekerjaan tersebut berarti kekuatan dan daya tahan tubuh untuk menangani kegiatan tersebut akan makin rendah dan sebaliknya. Sikap pekerja dalam melaksanakan pekerjaannya, juga merupakan faktor yang berpengaruh terhadap pengeluaran tenaga.

Ketika seorang dalam keadaan istirahat, denyut jantung dan konsumsi energinya pada keadaan stabil. Jika seseorang mulai melakukan pekerjaan, ia mengalami perubahan dari kondisi istirahat ke kondisi kerja, denyut jantung maupun konsumsi energinya meningkat. Ketika pekerjaan telah selesai dan keadaan pemulihan dimulai denyut jantung dan konsumsi energi akan kembali pada kondisi istirahat semula.

II.4. Pergerakan Biomekanis

Dalam ilmu gerakan biomekanis, dikenal 8 gerakan dasar tubuh yang diukur dari fungsi tiap otot dan gerakan relatif terhadap tubuh. Gerakan-gerakan tersebut ialah :

1. Flexion : menekuk, atau mengurangi sudut antara 2 bagian tubuh.
2. Extension : meluruskan, atau menambah besar sudut antara 2 bagian tubuh.
3. Adduction : menggerakkan anggota tubuh ke arah bagian dalam tubuh.
4. Abduction : menggerakkan anggota tubuh ke arah bagian luar tubuh.
5. Medial rotation : memutar anggota tubuh ke arah bagian dalam tubuh.
6. Lateral rotation : memutar anggota tubuh ke arah bagian luar tubuh.
7. Pronation : memutar pergelangan tangan sehingga telapak tangan menghadap kebawah.
8. Supination : memutar pergelangan tangan sehingga telapak tangan menghadap keatas.

Ada banyak cara yang dapat menggolongkan gerakan kerja, antara lain :

1. Gerakan posisi

Yaitu gerakan tangan atau kaki yang bergerak dari suatu tempat ke tempat lain, contohnya menjangkau panel kontrol.

2. Gerakan berkelanjutan
Yaitu gerakan yang memerlukan kontrol kerja beberapa macam otot, contohnya adalah menggerakkan tangan untuk menyetir forklift dari suatu tempat ke tempat lain.
3. Gerakan manipulasi
Yaitu gerakan yang melibatkan penggunaan alat-alat, tools, mesin kontrol, dll; biasanya melibatkan tangan dan atau jari.
4. Gerakan berulang (*Continuous movements*).
Yaitu gerakan yang berisi proses pengulangan, contohnya gerakan menggunakan palu untuk memalu, menggunakan obeng.
5. Gerakan berangkai (*Sequential movements*).
Yaitu gerakan yang berulang yang masing-masing elemen, gerakannya terpisah satu sama lain.
6. Pengaturan statis (*Static Adjustmen*).
Gerakan yang merupakan usaha untuk mempertahankan tubuh dalam posisi dan kedudukan tertentu.

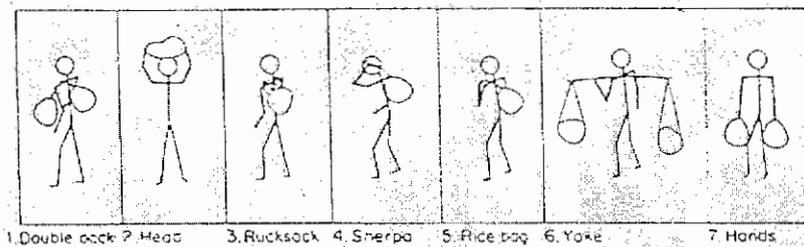
Gerakan-gerakan operasional diatas mungkin saja digabungkan menjadi rangkaian tertentu. Contohnya, menggerakkan kaki ke atas pedal rem adalah gerakan posisi tapi gerakan ini mungkin saja diteruskan dengan gerakan berkelanjutan, yaitu menginjak pedal rem secara perlahan-lahan sampai pada kecepatan yang diinginkan.

II.5. Pengeluaran Energi untuk Beberapa Aktivitas dan Posisi Tubuh yang Berbeda.

Bagaimanapun, pengeluaran energi untuk tiap pekerjaan bervariasi tergantung dari cara pekerjaan itu dilakukan. Sebagai contoh, bila seseorang mengangkat beban, ada 7 cara yang dapat digunakan seperti yang ditunjukkan gambar dibawah. Ternyata pengeluaran konsumsi oksigen untuk ke-7 cara tersebut sangat berbeda-beda. 7 metode ini dikemukakan oleh Datta dan Ramanathan.

Adapun ke-7 metode tersebut yaitu :

1. Double pack : metode dimana beban dipikul dengan membagi beban tersebut depan dan belakang bahu.
2. Head : metode dimana beban diletakkan diatas kepala
3. Rucksack : metode dimana beban diangkat pada kedua bahu.
4. Sherpa : metode yang hampir sama dengan head namun beban tidak diletakkan sepenuhnya diatas kepala melainkan beban tersebut diikat dengan tali dan dikaitkan ke kepala.
5. Rice bag : metode dimana beban dipanggul dengan satu bahu.
6. Yoke : metode dimana dipanggul dengan menggunakan alat bantu seperti pada gambar pada satu bahu.
7. Hand : metode dimana beban dijinjing dengan dua tangan.



Gambar 4.1 Metode Pengangkutan Beban

II.6. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan fisik

Banyak faktor yang membedakan kekuatan fisik manusia dalam melakukan suatu pekerjaan. Berikut adalah beberapa perbedaan dasar yang diukur: (Perlu diperhatikan semua data dibawah adalah data untuk pekerjaan Amerika)

1. Kekuatan mengangkat

Terdapat perbedaan kekuatan mengangkat pada pekerja pria usia 17 – 32 tahun, contohnya mengangkat beban 20 kg dari tanah ke kedudukan 70 cm diatas tanah ternyata menghabiskan energi yang lebih besar daripada mengangkat beban yang sama dari ketinggian 70 cm ke ketinggian 140 cm dari atas tanah.

2. Mendorong dan menarik
Terdapat perbedaan kekuatan yang dapat dilakukan dalam menarik dan mendorong.
3. Kekuatan pegangan tangan
Kekuatan pegangan tangan kanan yang diukur dari pekerja pria adalah 34 – 77 kg, dengan rata –rata 57 kg. Tetapi mahasiswa universitas mempunyai pegangan tangan yang lebih kecil, yaitu 49 kg.
4. Usia
Kekuatan seseorang mencapai titik maksimum pada usia 25 – 30 tahun, serta menurun secara perlahan sesudah usia tersebut. Pada usia 65 tahun kekuatan seseorang tinggal 75% dari kekuatannya pada usia 25 – 30 tahun.
5. Jenis kelamin
Kekuatan fisik wanita kurang lebih 2/3 dari kekuatan fisik pria.
6. Latihan
Latihan dapat meningkatkan kekuatan dan daya tahan dalam suatu batas tertentu.

II.7. Hubungan Denyut Jantung dan Energi

Energi yang digunakan pada saat melakukan pekerjaan fisik dapat dihitung dengan rumus – rumus :

1. Rumus Regresi

Menggunakan teknik analisis regresi untuk menghitung energi yang dikeluarkan.

Rumus ini merupakan hasil pengamatan dari Amerika yang sudah dikonversi ke dalam ukuran tubuh Asia. Bentuk rumusnya adalah:

$$Y = 1.80411 - 0.0229083 X + 4.71733 \cdot X^2$$

Dimana:

Y = Energi yang dikeluarkan (kilokalori/ menit)

X = Kecepatan denyut jantung (denyut/ menit)

2. Rumus standarisasi denyut jantung

Dalam rumusan ini digunakan standarisasi denyut jantung normal, yaitu untuk pria 75 detak/ menit, sedangkan untuk wanita 85 detak / menit. Perhitungan ini bersifat universal dimana dapat menggunakan untuk semua ukuran tubuh (Asia maupun Eropa).

Tabel 4.1 Standar dalam keadaan Normal

ST ANDAR NORMAL SEBELUM MELAKUKAN PENGUKURAN		
	PRIA	WANITA
Denyut jantung	75 detak / menit	85 detak / menit
Konsumsi oksigen	0.5 liter / menit	0.55 liter / menit
Energi yang digunakan	2.5 kkal / menit	2.5 kkal / menit

Jika denyut jantung bertambah 25 detak per menit sebanding dengan penambahan konsumsi oksigen 0.5 liter per menit sebanding pula dengan penambahan energi yang digunakan sebesar 2.5 Kkal per menit.

III. ALAT DAN BAHAN PRAKTIKUM

1. Stopwatch
2. Pengukur Denyut Jantung (Polar Magnetic)
3. Barbel 6 kg (Pria) dan 4 kg (Wanita)
4. Sepeda Statis
5. Lembar Pengamatan (terlampir)
6. Alat Tulis

IV. PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Percobaan Angkat Beban

Percobaan dilakukan oleh seorang praktikan dengan praktikan lain yang melakukan pencatatan. Pencatatan yang dilakukan adalah denyut jantung praktikan yang sedang melakukan percobaan. Denyut jantung ini diukur dengan menggunakan polar. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a. Sebelum percobaan dilakukan, catat denyut jantung normal praktikan terlebih dahulu.
- b. Gerakan yang dilakukan adalah kegiatan membawa beban seberat 6 kg (untuk pria) atau 4 kg (untuk wanita) dengan tiga metode, yaitu Hands, Double Pack, dan Rice Bag (berturut-turut)
- c. Praktikan berjalan dengan kecepatan normal (jalan biasa) selama 120 detik dengan membawa beban tersebut sesuai rute yang telah ditentukan sesuai urutan percobaan. Praktikan lainnya mencatat denyut jantung setiap 5 detik di lembar pengamatan.
- d. Kemudian lakukan istirahat dengan duduk normal (biasa) tanpa membawa beban (tidak boleh ngobrol, tertawa, atau melakukan kegiatan lain) selama 120 detik, praktikan lainnya mencatat denyut jantung setiap 5 detik pada saat *rest time* di lembar pengamatan.

2. Percobaan Sepeda Statis

Sama seperti percobaan angkat beban, percobaan dilakukan oleh seorang praktikan dengan praktikan lain yang melakukan pencatatan. Pencatatan yang dilakukan adalah denyut jantung praktikan yang sedang melakukan percobaan. Denyut jantung ini diukur dengan menggunakan polar. Langkah-langkahnya dengan dua kondisi sebagai berikut:

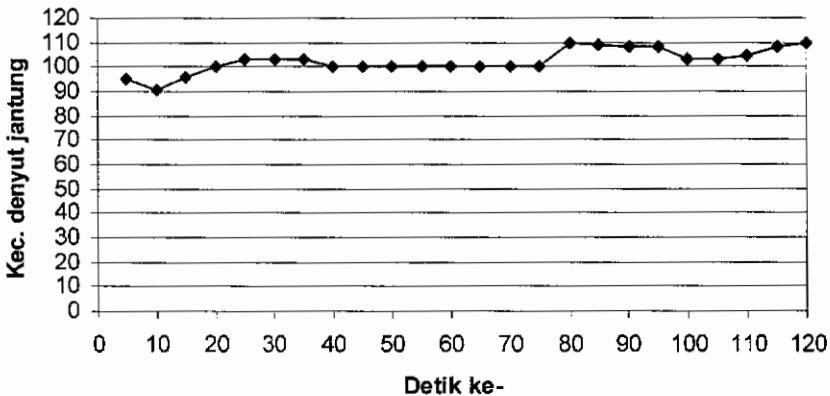
- a. Kondisi I: Bersepeda selama 4 menit dengan pembagian untuk kecepatan konstan 10 mph selama 3 menit pertama (setara dengan menempuh 0,5 mil) dan kecepatan konstan 20 mph selama 1 menit terakhir (setara dengan menempuh 0,33 mil).
- b. Kondisi II: Bersepeda selama 4 menit dengan pembagian untuk kecepatan konstan 20 mph selama 1 menit pertama (setara dengan menempuh 0,33 mil) dan kecepatan konstan 10 mph selama 3 menit terakhir (setara dengan menempuh 0,5 mil).
- c. Praktikan lainnya mencatat denyut jantung setiap 10 detik pada setiap kondisi di lembar pengamatan
- d. Setelah menempuh satu kondisi percobaan kemudian diselingi dengan istirahat selama 2 menit. Praktikan lainnya mencatat denyut jantung setiap 5 detik pada saat *rest time* di lembar pengamatan

V. CONTOH PENGOLAHAN DATA

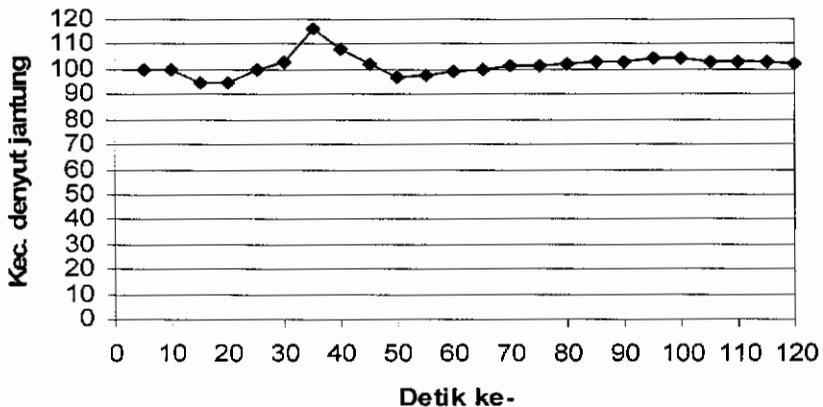
Dalam pengolahan data yang dibutuhkan, pertama kali yang dapat kita lakukan adalah membuat *tracking* antar metode untuk melihat signifikansi perubahannya secara grafis, kemudian lakukan dengan pendekatan nilai *mean*. Untuk validasinya, kita bisa lakukan dengan uji statistik menggunakan Uji Peringkat Bertanda Wilcoxon seperti diilustrasikan dalam contoh berikut:

Tujuan: Mengetahui perbedaan metode Hands & Doble Pack

Grafik hubungan denyut jantung dengan waktu pengukuran pada saat percobaan dengan metode Hands



Grafik hubungan denyut jantung dengan waktu pengukuran pada saat percobaan dengan metode Double Pack



Setelah kita *tracking*, secara grafis terlihat beberapa perbedaan yang cukup signifikan dari segi bentuk kurvanya. Kemudian kita lakukan pendekatan dari nilai *mean* dari masing-masing kelompok data yaitu dengan menghitung rata-rata konsumsi energi yang dibutuhkan dan didapat sebagai berikut (sebagai contoh):

a. Metode Hands

Rumus untuk menghitung rata-rata konsumsi energi yaitu :

$$\text{Rata-rata konsumsi energi} = \frac{\sum \text{energi yang dikeluarkan}}{24}$$

Atau $X\text{-bar} = \frac{\sum \text{data}}{\text{Banyak data}}$

Rata-rata konsumsi energi = $105.78 / 24 = 4.4075$ Kkal

b. Metode Double Pack

Rata-rata konsumsi energi = $103.773/24 = 4.3238$ Kkal

Untuk mengetahui seberapa jauh signifikansinya dilakukan uji statistik berupa Uji Peringkat Bertanda Wilcoxon yang diawali dengan pembuatan tabel yang memuat selisih antar data dari dua metode tersebut seperti dijelaskan berikut ini

Tabel 4.2 Selisih dan Peringkat dari metode Hands Vs Double Pack

Detik ke-	Kec. Denyut jantung (Hands)	Kec. Denyut jantung (Double Pack)	Selisih	Peringkat
5	95	100	-5 ⁽¹²⁾	13,5
10	91	100	-9 ⁽²⁰⁾	20
15	96	95	1 ⁽¹⁾	3
20	100	95	5 ⁽¹³⁾	13,5
25	103	100	3 ⁽⁹⁾	9,5
30	103	103	0	
35	103	116	13	21
40	100	108	8 ⁽¹⁷⁾	18
45	100	102	-2 ⁽⁶⁾	7
50	100	97	3 ⁽¹⁰⁾	9,5
55	100	98	2 ⁽⁷⁾	7
60	100	99	1 ⁽²⁾	3
65	100	100	0	
70	100	101	1 ⁽³⁾	3
75	100	101	1 ⁽⁴⁾	3
80	110	102	8 ⁽¹⁸⁾	18

85	109	103	6 ⁽¹⁶⁾	16
90	108	103	5 ⁽¹⁴⁾	13,5
95	108	104	4 ⁽¹¹⁾	11
100	103	104	-1 ⁽⁵⁾	3
105	103	103	0	
110	105	103	2 ⁽⁸⁾	7
115	108	103	5 ⁽¹⁵⁾	13,5
120	110	102	8 ⁽¹⁹⁾	18

Keterangan:

*Selisih didapat dari :

Pengurangan Kec. Denyut jantung (Hands) dengan Kec. Denyut jantung (Double Pack)

*Peringkat didapat dari :

Nilai terkecil dari selisih diurutkan tanpa memperhatikan tanda minus (-), jika ada kesamaan angka, maka angka yang sama tersebut dibuatkan urutan dari urutan yang terkecil sampai terbesar. Urutannya dipangkatkan diberi kurung seperti tabel diatas. Misalnya:

Angka 1 = 5 buah, maka peringkatnya ;

$$\frac{1+2+3+4+5}{5} = 3, \text{ dan seterusnya.}$$

a. Olah data dengan pengerjaan statistic 6 langkah:

1. Asumsi (pernyataan) → $H_0 : \mu_A = \mu_B$

$$H_1 : \mu_A \neq \mu_B$$

Dimana: μ_A = rata-rata untuk metode Hands

μ_B = rata-rata untuk metode Double pack

2. Taraf nyata $\alpha = 0.05 \rightarrow \alpha/2 = 0.025$ maka $Z_{\alpha/2} = 1.96$

3. Data-data:

W+ : Jumlah peringkat yang selisihnya positif

W- : Jumlah peringkat yang selisihnya negatif

W : Nilai terkecil dari W+ dan W-

n : Banyak data yang selisihnya $\neq 0$

$$\begin{aligned}
 W+ &= 3+13.5+9.5+21+18+9.5+7+3+3+3+18+16+13.5+11+7 \\
 &\quad + 13.5+18 \\
 &= 187.5
 \end{aligned}$$

$$W- = 13.5+20+7+3 = 43.5$$

$$W = 43.5$$

$$n = 24-3 = 21$$

4. Uji Statistik

$$\begin{aligned}
 \mu_{wt} &= \frac{n(n+1)}{4} \\
 &= \frac{21(21+1)}{4} \\
 &= 115.5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{wt} &= \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}} \\
 &= \sqrt{\frac{21(21+1)(2 \times 21+1)}{24}} \\
 &= 28.77
 \end{aligned}$$

$$Z = \frac{W - \mu_{wt}}{\sigma_{wt}}$$

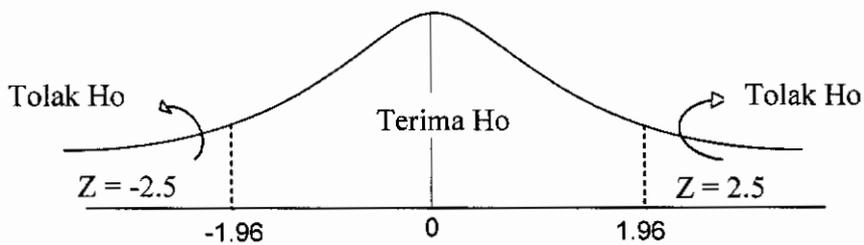
$$Z = \frac{43.5 - 115.5}{28.77}$$

$$Z = -2.5$$

5. Daerah kritis

Tolak Ho bila $Z < -Z_{\alpha/2}$ atau $Z > Z_{\alpha/2}$

Jadi tolak Ho bila $Z < -1.96$ atau $Z > 1.96$



6. Kesimpulan

Tolak H_0 , artinya terima H_1 : μ_A tidak sama dengan μ_B . Artinya tidak ada kesamaan antara Kec. Denyut jantung metode Hands dengan Kec. Denyut jantung metode Double Pack.

VI. PENGGUNAAN SOFTWARE

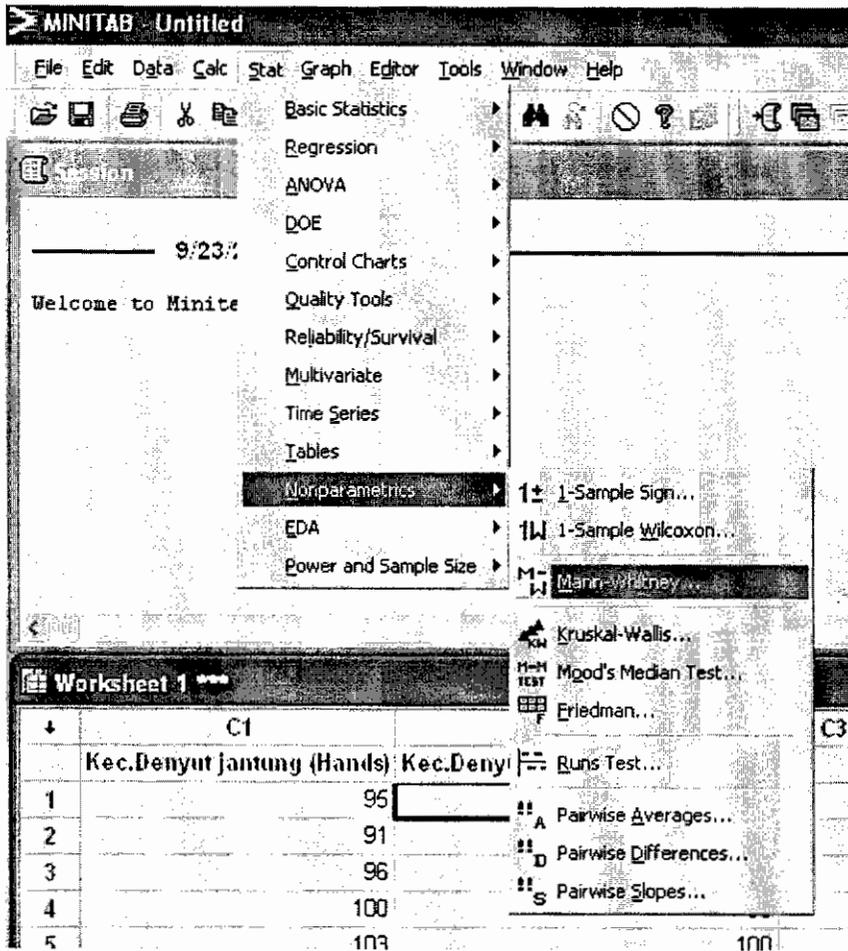
Salah satu software yang mendukung untuk perhitungan uji statistik sebagai analisisnya adalah MINITAB 14. Untuk pengolahan data seperti diatas ikuti langkah-langkah berikut ini.

1. Buka program MINITAB dengan **Start >> All Programs >> Minitab 14 >> Minitab 14** (Pilih icon yang berwarna biru tua)
2. Isilah *worksheet* sesuai dengan data yang disajikan.

	C1	C2
	Kec.Denyut jantung (Hands)	Kec.Denyut jantung (Double Pack)
1	95	100
2	91	100
3	96	95
4	100	95
5	103	100
6	103	103
7	103	116
8	100	108
9	100	102
10	100	97
11	100	98
12	100	99
13	100	100
14	100	101
15	100	101
16	110	102
17	109	103
18	108	103
19	108	104
20	103	104
21	103	103
22	105	103
23	108	103
24	110	102

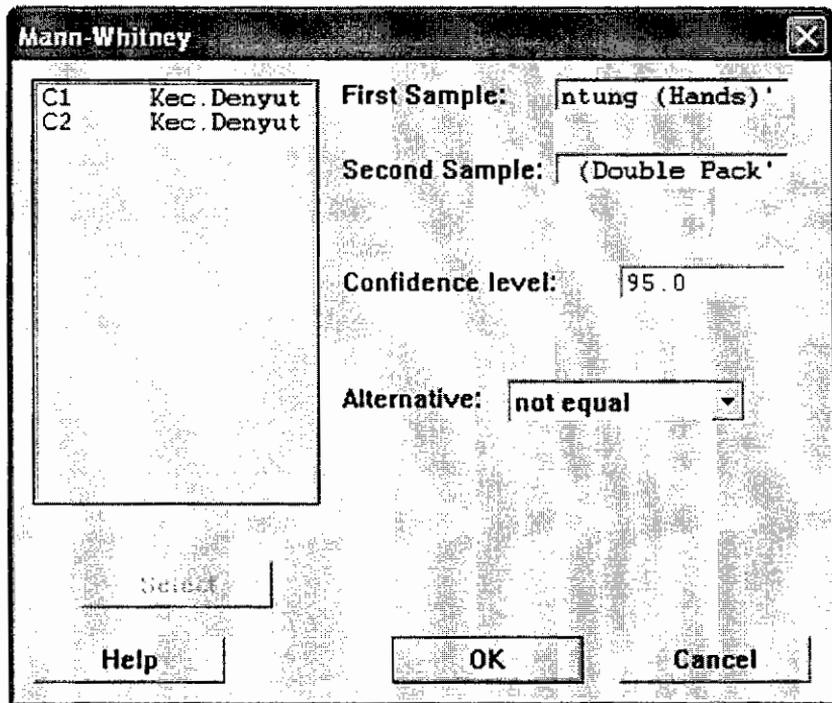
Gambar 4.2 *Worksheet* dalam Minitab 14

3. Untuk Uji Peringkat Bertanda Wilcoxon, pada Minitab sama pengujiannya dengan Uji Mann-Whitney. Klik saja **Stat >> Nonparametrics >> Mann-Whitney**



Gambar 4.3 Petunjuk menu untuk uji Mann-Whitney

4. Kemudian muncul *dialog box* dari *Mann-Whitney*. Isilah **First Sample** dengan kolom pertama (C1 misalnya) dan **Second Sample** dengan kolom kedua (C2 misalnya). Untuk **Confidence Level** diisi dengan menyesuaikan tingkat kepercayaan yang digunakan dan **Alternative** diisi dengan pernyataan hipotesisnya. Bila pernyataan hipotesisnya:
 - a. $\mu_A \leq \mu_B$ maka dipilih dengan kategori **less than**
 - b. $\mu_A \neq \mu_B$ maka dipilih dengan kategori **not equal**
 - c. $\mu_A \geq \mu_B$ maka dipilih dengan kategori **greater than**
 Jika semuanya sudah diisi, klik OK



Gambar 4.4 Dialog box untuk menu uji Mann-Whitney

5. Muncul output pada *Session window* bertuliskan sebagai berikut:

```

Mann-Whitney Test and CI: Kec.Denyut jantung, Kec.Denyut jantung

          N      Median
Kec.Denyut jantung (Hands)      24      101.50
Kec.Denyut jantung (Double Pack) 24      102.00

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0.00
95.1 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-2.00,3.00)
W = 609.5
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0.6650
The test is significant at 0.6597 (adjusted for ties)

```

Gambar 4.5 Tampilan session window pada Minitab 14

Dari hasil tersebut diatas menandakan bahwa kedua variabel tersebut tidak mempunyai kesamaan, artinya metode pengangkatan antara Hands dengan Doble Pack terdapat perbedaan yang signifikan dari kecepatan jantungnya.

LEMBAR PENELITIAN PRAKTIKUM BIOMEKANIS

**PERCOBAAN I:
METODE PENGANGKATAN BEBAN**

Operator	:	Denyut normal	:
Kelompok	:	Tanggal	:

Detik ke	Kec. Denyut Jantung Metode <i>Hands</i>		Kec. Denyut Jantung Metode <i>Rice-bag</i>		Kec. Denyut Jantung Metode <i>Double Pack</i>	
	Percobaan	Rest-time	Percobaan	Rest-time	Percobaan	Rest-time
5						
10						
15						
20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						
70						
75						
80						
85						
90						
95						
100						
105						
110						
115						
120						

LEMBAR PENELITIAN PRAKTIKUM BIOMEKANIS

**PERCOBAAN II:
SEPEDA STATIS**

Operator	:		Denyut normal	:	
Kelompok	:		Tanggal	:	

Detik ke	Kec. Denyut Jantung Kondisi I		Kec. Denyut Jantung Kondisi II	
	Percobaan	Rest-time	Percobaan	Rest-time
10		5		5
20		10		10
30		15		15
40		20		20
50		25		25
60		30		30
70		35		35
80		40		40
90		45		45
100		50		50
110		55		55
120		60		60
130		65		65
140		70		70
150		75		75
160		80		80
170		85		85
180		90		90
190		95		95
200		100		100
210		105		105
220		110		110
230		115		115
240		120		120

Jurusan Teknik Industri,



PERANCANGAN SISTEM KERJA DAN ERGONOMI



FAKTOR KERJA

I. TUJUAN PRAKTIKUM

Adapun tujuan dari praktikum faktor kerja ini adalah:

1. Menerapkan pengukuran untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh suatu kondisi lingkungan dan kondisi mental terhadap performansi kerja operator.
2. Menerapkan perhitungan dalam menentukan taraf kondisi lingkungan dan kondisi mental yang dapat menghasilkan performansi kerja yang optimal dengan tetap memperhatikan keselamatan kerja operator.
3. Merancang dan memperbaiki kondisi kerja dengan menggunakan berbagai faktor kerja yang dapat mempengaruhi performansi kerja operator.
4. Memahami Standar Internasional yang terkait dengan faktor kerja dan keselamatan kerja.

II. LANDASAN TEORI

Manusia dalam melaksanakan kegiatan selalu menginginkan performansi yang optimal. Untuk mencapai hasil kerja yang optimal, maka manusia selalu meningkatkan faktor-faktor yang mendukung dan meminimalkan faktor-faktor yang menghambat performansi kerja. Oleh karena itu manusia sebagai pembuat sistem harus memperhitungkan dengan seksama faktor-faktor yang akan berpengaruh terhadap sistem kerja tersebut.

Dalam hal ini manusia berperan sebagai subyek yang harus selalu berinteraksi dengan sistem. Manusia harus dapat mengendalikan faktor-faktor dari sistem sedemikian rupa agar tercipta suatu kondisi kerja yang baik. Suatu kondisi kerja dikatakan mendukung performansi kerja apabila dalam kondisi demikian manusia dapat melaksanakan pekerjaannya dengan optimal, aman, dan selamat. Untuk itu seorang perancang sistem kerja harus memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut:

II.1 Kondisi Umum Manusia.

Faktor-faktor ini sulit untuk diubah karena berasal dari dalam diri pekerja dan sudah ada jauh sebelum pekerja itu melakukan pekerjaannya. Performansi kerja seseorang dapat dipengaruhi baik secara positif maupun negatif oleh kondisi atau faktor yang timbul pada diri orang tersebut. Oleh karena itu, agar suatu pekerjaan dapat dijalankan dengan baik, perlu diadakan pemilihan operator yang sesuai dengan kebutuhan. Yang termasuk dalam faktor diri ini adalah keahlian, motivasi, karakteristik fisik, minat, usia, jenis kelamin, dan sebabainya.

Mengenai hubungan antar performansi kerja dengan motivasi kerja terdapat dua teori yaitu:

1. Goal Theory.

Teori ini dikembangkan oleh **Locke** (1968) dari dasar teori **Lewin's** (1935). Locke berpendapat bahwa tingkah laku manusia banyak didasarkan untuk mencapai suatu tujuan. Teori lain dikemukakan oleh **Georgopoulos** (1975) yang lebih dikenal dengan nama "**Path Goal Theory**". Prinsip dasarnya adalah kalau seseorang melihat bahwa performansi yang tinggi itu merupakan jalur (path) untuk memuaskan kebutuhan (goal) tertentu, maka ia akan berbuat mengikuti jalur itu. Disamping itu, apabila individu melihat bahwa berproduksi rendah (low) itu justru merupakan jalur untuk menuju tujuan tertentu misalnya agar bisa diterima teman-teman sekerjanya, maka ia akan cenderung menjadi berproduksi rendah. Kesimpulan yang dapat ditarik dari teori ini adalah bahwa performansi itu merupakan fungsi dari motivasi untuk berproduksi dengan level tertentu.

2. Teori Atribusi (Expectancy Theory).

Teori ini pertama kali dikemukakan oleh Heider (1958), yang merumuskan performansi kerja sebagai berikut:

$$P = M \times A$$

Keterangan:

P= performansi kerja

M= motivasi

A= ability

Berpijak dari formula diatas, performansi adalah hasil interaksi antara motivasi dan ability. Dengan demikian, orang yang tinggi motivasinya tetapi memiliki ability

yang rendah akan menghasilkan performansi rendah, demikian sebaliknya. Konsep ini akhirnya menjadi sangat populer.

II.2 Kondisi Lingkungan.

Dalam kehidupan sehari-hari, kita juga merasakan bahwa faktor lingkungan dapat menaikkan dan menurunkan performansi kita. Dan kondisi lingkungan kerja yang kurang baik akan menuntut tenaga dan waktu yang lebih banyak yang tentunya tidak mendukung diperolehnya rancangan sistem kerja yang efisien dan produktif. Konteks ini terdiri dari 2 pengertian yaitu konteks sosial dan konteks fisik.

II.2.1 Konteks Sosial.

Tidak semua kebutuhan seseorang dapat dipenuhi dengan materi, bahkan kadang-kadang kebutuhan sosial dapat mengalahkan kebutuhan materi. **Herzberg** (1959) dengan “**Two Factor Theory**” membagi situasi yang mempengaruhi sikap seseorang terhadap pekerjaannya menjadi dua kelompok yaitu:

1. Kelompok Satisfier (Motivator)

Adalah faktor atau situasi yang merupakan sumber kepuasan kerja yang terdiri dari: pencapaian tujuan, penghargaan, kerja itu sendiri, tanggung jawab, dan promosi. Dikatakan bahwa hadirnya faktor itu akan menimbulkan kepuasan tetapi tidak hadirnya faktor ini tidaklah selalu mengakibatkan ketidakpuasan.

2. Kelompok Dissatisfier (Hygiene Factors)

Adalah faktor yang terbukti menjadi sumber ketidakpuasan, terdiri dari: administrasi dan kebijaksanaan perusahaan, supervisor dilantai produksi, gaji, hubungan antar personal, kondisi kerja, dan status. Perbaikan terhadap kondisi atau situasi ini akan mengurangi atau menghilangkan ketidakpuasan, tetapi tidak akan menimbulkan kepuasan karena bukan merupakan sumber kepuasan.

Selanjutnya dikatakan oleh Herzberg, bahwa yang biasa memacu orang agar bisa bekerja baik dan bergairah hanyalah kelompok satisfier. Oleh karena itu, seorang pimpinan yang baik harus mengadakan hubungan terbuka baik secara formal maupun nonformal dengan bawahannya, melakukan sistem pengupahan yang baik, sistem penghargaan dan hukuman yang tepat, pembagian tugas dan tanggung jawab yang memadai dan sebagainya.

Beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk mewujudkan sistem pengupahan yang baik menurut **Halsey** yaitu:

1. Adil bagi pekerja dan pimpinan perusahaan. Artinya karyawan jangan dijadikan alat untuk mengejar tingkat produksi saja, tetapi juga harus diperhatikan.
2. Sistem upah sebaiknya bisa mempunyai potensi untuk mendorong semangat kerja karyawan dalam produktivitas kerja.
3. Selain upah dasar perlu disediakan pula upah perangsang imbalan tenaga yang dikeluarkan oleh karyawan.
4. Sistem upah itu sebaiknya harus mudah dimengerti, artinya jangan berbelit-belit sehingga karyawan akan sulit memahaminya. Ini penting untuk menghilangkan adanya kesan prasangka bagi karyawan terhadap perusahaan.

II.2.2 Konteks Fisik.

Konteks fisik berarti semua keadaan yang terdapat disekitar tempat kerja yang akan mempengaruhi pekerja baik langsung maupun tidak langsung. Konteks fisik dapat digolongkan ke dalam 2 kategori yaitu;

1. Berhubungan langsung dengan pekerja.

Kategori ini lebih menekankan kepada hubungan antara manusia sebagai pekerja dengan mesin sebagai peralatan kerja yang dianggap sebagai suatu hubungan yang unik dimana sering terjadi permasalahan dalam suatu rangkaian pekerjaan. Dalam kategori ini, kita harus mengetahui hal-hal apa yang dapat menyebabkan suatu peningkatan atau penurunan performansi yang meliputi: jenis pekerjaan yang sesuai dengan kemampuan pekerja, tugas apa yang harus dikombinasikan serta pelatihan apa yang perlu dilakukan dalam menjalankan pekerjaan tersebut dengan baik.

2. Berhubungan berupa perantara.

Kategori ini lebih menekankan kepada hubungan antara manusia sebagai pekerja dengan lingkungan fisik disekitarnya. Lingkungan fisik yang dapat mempengaruhi performansi kerja manusia contohnya: temperatur, cahaya, kebisingan, dan lain-lain.

II.3 Kondisi Lingkungan Fisik Yang Mempengaruhi Aktivitas Kerja Manusia.

Manusia sebagai makhluk yang sempurna tidak luput dari kekurangan, dalam arti kata segala kemampuannya masih dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satu faktor tersebut adalah faktor lingkungannya yang terdiri dari:

1. Temperatur.

Tubuh manusia akan selalu berusaha untuk mempertahankan keadaan normal dengan suatu sistem tubuh yang sempurna sehingga dapat selalu menyesuaikan diri dengan perubahan-perubahan. Namun, kemampuan untuk menyesuaikan diri pun ada batasnya yaitu 20% untuk kondisi panas dari suhu tubuh normal dan 35% untuk kondisi dingin dari suhu tubuh normal.

Menurut penyelidikan untuk berbagai tingkat temperatur akan memberikan pengaruh yang berbeda-beda seperti berikut:

- ±49°C: Temperatur tubuh yang dapat ditahan sekitar satu jam, tetapi jauh di atas tingkat kemampuan fisik dan mental. Lebih kurang 30 derajat celsius. Aktivitas mental dan daya tanggap mulai menurun dan cenderung untuk membuat kesalahan dalam pekerjaan, timbul kelelahan fisik.
- ±30°C: Aktivitas mental dan daya tanggap mulai menurun dan cenderung untuk membuat kesalahan dalam pekerjaan, timbul kelelahan fisik.
- ±24°C: Kondisi optimal.
- ±10°C: Kekakuan fisik yang ekstrim mulai muncul.

Dari hasil suatu penyelidikan pula dapat diperoleh hasil bahwa produktivitas kerja manusia akan mencapai tingkat paling tinggi pada temperatur sekitar 24 derajat celsius sampai 27 derajat celsius.

2. Kelembaban.

Kelembaban adalah banyaknya air yang terkandung dalam udara dinyatakan dalam persen (%). Kelembaban ini sangat berhubungan atau dipengaruhi oleh temperatur udara. Suatu keadaan yang udaranya sangat panas dan kelembaban tinggi akan menimbulkan pengurangan panas dari tubuh secara besar-besaran. Pengaruh lainnya adalah semakin cepatnya denyut jantung karena semakin cepat peredaran darah untuk memenuhi kebutuhan akan oksigen.

3. Sirkulasi udara.

Sebagaimana kita ketahui udara sekitar kita akan mengandung sekitar 21% oksigen, 0,03% karbondioksida, dan 0,9% gas lainnya. Udara disekitar kita dikatakan kotor apabila kadar oksigen dalam udara tersebut telah berkurang dan terus bercampur dengan gas-gas atau bau-bauan yang berbahaya bagi kesehatan tubuh. Kotornya udara disekitar kita dapat dirasakan dengan sesaknya pernapasan kita dan ini tidak boleh dibiarkan berlangsung terlalu lama, karena mempengaruhi kesehatan dan mempercepat proses kelelahan. Sirkulasi udara akan memberikan ventilasi yang cukup sehingga akan menggantikan udara yang kotor dengan yang bersih.

4. Bau-bauan.

Adanya bau-bauan yang dalam hal ini juga dipertimbangkan sebagai polusi akan dapat mengganggu konsentrasi orang bekerja. Temperatur dan kelembaban merupakan dua faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kepekaan penciuman. Oleh karena itu pemakaian air conditioning yang tepat merupakan salah satu cara yang bisa digunakan untuk menghilangkan bau-bauan yang mengganggu sekitar tempat kerja.

5. Gerakan Mekanis

Gerakan mekanis dapat diartikan sebagai getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis yang sebagian dari getaran ini sampai ketubuhan dapat menimbulkan akibat-akibat yang tidak diinginkan pada tubuh kita. Besarnya getaran ini ditentukan oleh intensitas, frekwensi getaran dan lamanya getaran itu berlangsung. Sedangkan anggota tubuh manusia juga memiliki frekuensi alami dimana apabila frekuensi ini beresonansi dengan frekuensi getaran akan menimbulkan gangguan-gangguan antara lain:

- Mempengaruhi konsentrasi kerja.
- Mempercepat datangnya kelelahan.
- Gangguan-gangguan pada anggota tubuh seperti mata, syaraf, otot-otot dan sebagainya.

6. Warna

Warna tembok ruangan dan interior yang ada disekitar tempat kerja. Warna selain berpengaruh pada kemampuan mata untuk melihat obyek, juga memberikan pengaruh yang lain terhadap manusia seperti:

- Warna merah bersifat merangsang.
- Warna kuning memnerikan kesan luas terang dan leluasa
- Warna hijau atau biru memberikan kesan sejuk, aman, dan menyegarkan.
- Warna gelap memberikan kesan leluasa dan lain-lain.

Dengan adanya sifat-sifat yang diberikan oleh setiap warna, maka pengaturan warna ruangan tempat kerja perlu diperhatikan dalam arti harus disesuaikan dengan kegiatan kerjanya. Dalam keadaan dimana terkesan sempit pemberian warna tertentu akan menghilangkan kesan tersebut.

7. Pencahayaan.

Pencahayaan mempengaruhi kemampuan manusia untuk melihat sesuatu obyek secara jelas, cepat tanpa menimbulkan kesalahan. Kemampuan mata untuk dapat melihat obyek dengan jelas ditentukan oleh: ukuran obyek, derajat kontras, luminensi, dan lamanya melihat. Untuk mencari obyek yang berukuran kecil maka cahaya yang diperlukan semakin banyak. **Derajat kontras** adalah perbedaan derajat terang relatif antara onyek dengan lingkungan sekelilingnya. **Luminansi** adalah banyaknya berkas cahaya per unit area yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan suatu obyek.

Efektivitas mata dalam melihat suatu obyek ditentukan oleh letak sumber cahaya. Sebaiknya mata tidak langsung menerima cahaya dari sumbernya akan menyebabkan silau, tetapi cahaya tersebut harus terpantul dari obyek yang ingin dilihat.

Cahaya adalah energi yang dipancarkan atau mampu merangsang retina dan menghasilkan sebuah sensasi visual. Cahaya datang dari dua sumber yaitu:

1. Dari benda panas misalnya: matahari, api dan lain-lain.
2. Dari benda dingin yaitu obyek yang memantulkan cahaya.

Cahaya yang dipantulkan dari obyek mempunyai tiga karakteristik yaitu:

1. Panjang gelombang dominan yang memungkinkan kita mengenali warna dari cahaya misalnya kuning, merah, hijau dan lain-lain.
2. Luminance (Terangnya cahaya).

3. Saturation (Jenuhnya cahaya) adalah derajat perbedaan cahaya dari warna abu-abu .

illuminance adalah cahaya yang menimpa sebuah permukaan. Cahaya ini sebagian diserap sebagai panas dan sebagian dipantulkan. Jumlah cahaya yang dipantulkan disebut luminance.

Berdasarkan sumber cahayanya lampu terbagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Incandescent Filament Lamps dimana cahaya diproduksi dengan memanaskan kawat pijar atau pembakaran lempeng logam tipis oleh gas.
2. Gas-discharge Lamps, dimana cahaya diproduksi dengan melewatkan arus listrik dalam gas tertentu . Contohnya lampu merkuri, lampu natrium tekanan tinggi dan rendah, lampu fluorescent (lampu berpendar) yang menggunakan fosfor.

Pada tahun 1974 telah berkembang suatu pengukuran berdasarkan Color Rendering Index (CRI) yang menghitung derajat akurasi pengenalan warna obyek untuk setiap jenis warna lampu. Sebaiknya menggunakan lampu dengan CRI<60 jika diperlukan pengenalan warna yang baik. Berikut ini adalah tabel CRI untuk beberapa lampu.

Tabel 5.1 Ukuran Color Rendering Index (CRI)

No	Nama sumber cahaya	CRI
1.	Gas natrium tekanan tinggi	30
2.	Raksa tekanan tinggi	38
3.	Homelite Fluorescent	60
4.	Triband Fluorescent	83
5.	Kolororrite Fluorescent	85
6.	Natural Fluorescent	83
7.	Daylight Fluorescent	60
8.	Plus white Fluorescent	70
9.	Merkuri tekanan tinggi dengan senyawa logam halida	80
10.	Artificial daylight Fluorescent	93

Lampu dengan watt yang sama tidak memberikan derajat terang yang sama. Lampu dengan bohlam dengan daya 100 watt memberikan lumen atau derajat terang

yang lebih rendah dibandingkan dengan lampu neon. Karena itu, yang harus dipertimbangkan juga lumen dan daya listrik yang diperlukan.

Bennet, Chingangtia, dan pamgrekar (1977) menemukan bahwa terang sumber cahaya tidak berhubungan secara linier dengan kecepatan penyelesaian tugas. Ada batas tertentu dimana penambahan terang sumber cahaya tidak lagi membantu penyelesaian tugas. Ross (1978) menambahkan, meningkatkan iluminansi lebih dari 500lx hanya meningkatkan sedikit performansi kerja. Hal ini yang perlu diperhatikan adalah bekerja ditempat terlalu terang justru menyilaukan mata dan berakibat buruk pada jangka panjang.

Tabel 5.2 Jenis aktivitas dengan tingkat terangnya

Kategori	Terang lx(fc)	Jenis aktivitas
A	20-50 (2-3-5)	Tempat publik dengan lingkungan yang gelap.
B	50-100 (5-7.5-10)	Daerah untuk kujungan singkat.
C	100-200 (10-20)	Area kerja diaman pandangan mata tidak penting.
D	200-500 (20-50)	Pekerjaan visual dengan keadaan yang kontras dan ukuran besar seperti membaca,mengetik, pemeriksaan, dan perakitan besar
E	500-1000(50-100)	Pekerjaan visual dengan kontras medium dan ukuran kecil seperti membaca tulisan pensil, inspeksi yang sulit, dean perakitan medium.
F	1000-2000 (100-150)	Pekerjaan visual dengan kontras rendah dan ukuran kecil seperti membaca tulisan pensil tipe H, pemeriksaan yang sangat sulit.
G	2000-5000 (300-500)	Pekerjaan visual dengan kontras rendah dan ukuran kecil dan dalam waktu yang lama seperti inspeksi yang sangat sulit, perakitan yang rumit.

H	5000-10000 (500-1000)	Pekerjaan yang sangat lama dan membutuhkan pandangan yang eksak seperti perakitan dan inspeksi yang super sulit.
I	10000-20000 (1000-2000)	Pekerjaan yang membutuhkan pandangan mata khusus pada kontras yang sangat rendah dan ukuran yang sangat kecil seperti ruang operasi gawat darurat.

Silau dilami jika mata mendapatkan terang dari sumber cahaya jauh dari yang dapat diterima sehingga menimbulkan ketidaknyamanan dan mengurangi kemampuan melihat. Jenis silau antara lain sebagai berikut:

1. Direct glare disebabkan langsung oleh sumber cahaya.
2. Reflected glare disebabkan oleh permukaan dibagi menjadi :
 - a. Specular : dipantulkan oleh permukaan mengkilap bersifat seperti cermin.
 - b. Spread : dari permukaan yang digosok atau batu seperti granit.
 - c. Diffuse : dari cat atau permukaan yang matte atau tidak mengkilap
 - d. Compound: Kombinasi 3 jenis diatas.

Jendela dapat menjadi sumber silau karena cahaya matahari yang terpantul kedalam ruangan biasanya jauh lebih terang daripada lampu ruangan:

Beberapa cara untuk mengurangi silau dapat dilakukan dengan:

1. mengurangi silau dari lampu:
 - Gunakan beberapa lampu yang derajat terangnya rendah, bukan sebuah lampu yang terang.
 - Jauhkan sumber cahaya sejauh mungkin dari garis pandang mata.
 - Gunakan tudung lampu atau lensa yang memendarkan cahaya.
2. Mengurangi silau dari jendela:
 - Gunakan jendela yang ditempatkan cukup jauh dari lantai.
 - Gunakan tirai.
 - Gunakan kanopi diluar jendela.
 - Gunakan pencahayaan yang cukup untuk mengimbangi cahaya dari jendela.
3. Mengurangi reflected glare:

- Jaga tingkat luminensi dari sumber cahaya serendah mungkin.
- Gunakan pencahayaan tidak langsung dan sumber cahaya yang cukup banyak.
- Posisikan sumber cahaya sehingga pantulan tidak langsung mengarah ke arah mata.
- Gunakan permukaan yang memendarkan cahaya seperti wallpaper yang tidak mengkilap. Hindari logam mengkilap maupun gelas.

Dalam perancangan ini, ada 3 hal yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Tingkat pencahayaan.
2. Rasio pencahayaan.
3. Pantulan layar.

8. Kebisingan

Kebisingan dapat didefinisikan sebagai bunyi yang tidak disukai, suara yang mengganggu atau bunyi yang menjengkelkan.

Ada tiga aspek yang menentukan kualitas suatu bunyi yang bisa menentukan tingkat gangguan terhadap manusia yaitu lama, intensitas dan frekuensi. Bising yang keras dan berulang-ulang dalam jangka waktu lama dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kemampuan pendengaran seseorang. Menurut Meecham (1983) menyebutkan bunyi bising bisa dapat menimbulkan pengaruh psikologis yang buruk. Ia menemukan meningkatnya jumlah kematian karena serangan jantung pada penduduk usia 75 tahun dan tingkat bunuh diri pada penduduk usia 45 sampai 54 tahun. Pada daerah bising, pesawat terbang melewati mereka pada 115 dB dan jam sibuk. Telinga manusia sensitif pada tingkat frekuensi 20 sampai 20.000 Hz, namun tidak semua manusia memiliki tingkat kesensitifan yang sama untuk setiap orang.

Kesimpulan umum mengenai pengaruh dari kebisingan:

1. Untuk dapat mempengaruhi kinerja memory jangka pendek (kegiatan logika sederhana), diperlukan kebisingan yang lebih dari 95 dBA. Sedangkan Weinstein menemukan bahwa pada tingkat kebisingan 68-70 dBA, operator mengalami kesulitan memahami arti dari bacaan, kegiatan ini memerlukan proses tata bahasa dan memory jangka pendek.
2. Kinerja dari tugas rutin mungkin tidak menampilkan pengaruh buruk dari kebisingan, terkadang justru malah meningkat.

3. Jika seseorang harus beraksi pada waktu tertentu, menerima sinyal peringatan dan memerlukan pandangan baik untuk bekerja, maka bising yang terus menerus (>95 dBA) sedikit pengaruhnya.
4. Fungsi penglihatan seperti pembedaan kontras, kecepatan gerak mata, dan lain-lain, tidak berpengaruh.
5. Pengaruh buruk dari kebisingan umumnya berkaitan dengan tugas menerus tanpa henti dan tugas yang sulit yang memerlukan pemikitan yang mendalam.

Berikut ini adalah tabel tingkat kebisingan dan waktu yang diizinkan berada pada tingkat kebisingan tersebut.

Tabel 5.3 Intensitas Suara Terhadap Waktu Aman

Intensitas suara (dBA)	Waktu yang ijin (jam)
80	32
85	16
90	8
95	4
100	2
105	1
110	0.5
115	.25

Telinga manusia dapat mendengar frekuensi mulai dari 20 sampai 20.000 Hz, namun tidak untuk semua frekuensi tersebut. Telinga manusia kurang sensitive untuk suara dengan frekuensi rendah (20 sampai 500 Hz) dan lebih sensitif untuk frekuensi yang lebih tinggi (1000 sampai 5000 Hz). Karena itu, suara dengan 4000 Hz akan terdengar lebih keras dibandingkan dengan suara dengan 200 Hz pada intensitas suara yang sama.

Ada 4 macam tugas yang berkaitan dengan manusia yang disampaikan melalui sinyal audio yaitu :

1. Deteksi atau perkiraan ada tidak sinyal.
2. Pembedaan relative yaitu membedakan 2 atau lebih sinyal yang ditampilkan secara berdekatan.

3. Identifikasi absolute yaitu mengenali sebuah sinyal dari kumpulannya melalui penyajian satu persatu.
4. Perkiraan lokasi sumber bunyi.

Dalam kondisi yang bising, intensitas sinyal utama harus ditempatkan pada tingkat yang lebih tinggi dibandingkan sinyal pengganggu tetapi tidak terlalu keras sehingga akan mengganggu. Pada penerbangan sipil, Patterson (1982) merekomendasikan sinyal utama yang meningkat secara gradual juga mengurangi tingkat gangguan. Deatherage (1972) menyarankan agar intensitas sinyal pada saat akan masuk ke dalam telinga sebaiknya diantara intensitas sinyal pengganggu sampai 110 dB.

System saraf utama manusia mempunyai kemampuan untuk menyaring kebisingan jika dilakukan dalam kondisi tertentu. Memberikan sinyal hanya pada satu telinga dan kebisingan pada kedua buah telinga akan meningkatkan kemampuan deteksi dibandingkan dengan situasi dimana kedua buah telinga menerima kebisingan dan sinyal. Sinyal sebaiknya diberikan lebih dari 0.5 detik. Patterson (1982) juga menambahkan rekomendasi lainnya yaitu sinyal sebaiknya terdiri dari 4 atau lebih macam frekuensi yang berkisar antara 1000 sampai 4000 Hz karena suara yang kompleks lebih sulit untuk ditutupi dibandingkan dengan suara yang sederhana.

II. 4 OHSAS 18001.

OHSAS 18001 (Occupational Health and Safety Assessment Series) adalah sebuah spesifikasi yang komprehensif mengenai sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja, yang didesain agar perusahaan-perusahaan atau organisasi-organisasi dapat mengendalikan resiko keselamatan dan kesehatan kerja serta meningkatkan performansinya. OHSAS 18001 dikembangkan bersamaan dengan ISO 9001 dan ISO14001 untuk tercapainya persamaan komitmen perusahaan dan perbaikan berkelanjutan. Standar OHSAS 18001 diberikan kepada perusahaan yang telah menyatakan komitmennya untuk keselamatan lingkungan kerja dan untuk melindungi karyawannya dari kecelakaan-kecelakaan ditempat kerja. Adapun elemen-elemen yang terdapat dalam OHSAS 18001 meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Kebijakan dan komitmen perusahaan terhadap keselamatan dan kesehatan kerja.
2. Identifikasi kecelakaan, penilaian resiko dan pengendalian resiko.
3. Kebutuhan-kebutuhan legal.
4. Tujuan dan program.
5. Organisasi dan personal.
6. Pelatihan, komunikasi dan konsultasi.
7. Dokumentasi dan pencatatan data.
8. Pengendalian operasi.
9. Kesiapan pertolongan.
10. Pengukuran dan Pengawasan.
11. Intestivigasi kecelakaan dan kegiatan pencegahan atau perbaikan.
12. Audit dan peninjauan kembali.

OHSAS 18001 dapat diterapkan atau diaplikasikan pada semua jenis organisasi baik besar ataupun kecil, dalam semua sektor bisnis. Standar ini menyediakan sebuah kerangka kerja berdasarkan pada prinsip manajemen Plan-Do-Check-Act (PDCA). Metode ini dibutuhkan perusahaan atau organisasi untuk mengintestvigasi resiko keselamatan dan kerja terkait dengan aktivitas dan produknya, untuk mengevaluasi dan mengendalikan resiko dan menetapkan tujuan secara jelas dan target untuk perbaikan performansinya. Ada beberapa keuntungan dari penerapan standar ini diantaranya sebagai berikut:

1. Mengurangi resiko melalui perbaikan manajemen resiko keselamatan dan kecelakaan kerja.
2. Keuntungan dalam persaingan dengan menyatakan keselamatan dan kesehatan kerja.
3. Perbaikan performansi melalui perbaikan efesiensi operasi.
4. Pengurangan biaya-biaya.

Untuk mencapai penerapan OHSAS 18001 yang optimal dalam penerapannya diperlukan beberapa kriteria diantaranya:

1. *Occupational Health and Safety Policy (OH&S).*

Menekankan pada kejelasan definisi kebijakan perusahaan yang tepat dalam skala resiko bisnis yang mencakup perbaikan berkelanjutan. Serta

- dibutuhkan suatu dokumen yang meyakinkan kekonsistenan dalam penerapan kebijaksanaan perusahaan.
2. Perencanaan atau *planning*.
Membuat siklus dan pemeliharaan prosedur untuk mengidentifikasi kecelakaan, penilaian resiko dan menerapkan pengendalian pengukuran yang diperlukan.
3. Implementasi dan Operasi (*Implementation and Operation*).
Meninjau peran dan tanggung jawab perusahaan serta memverifikasi aktivitas yang mempunyai pengaruh langsung terhadap resiko OH&S dalam perusahaan.
4. *Checking and corrective Action*.
Menekankan pada desain dalam struktur pekerjaan pada semua tingkatan sistem yang mengawasi dan mengukur performansi.
5. *Management Review*.
Menekankan pada pengembangan kapabilitas tenaga kerja untuk meyakinkan bahwa ketepatan, kecukupan dan keefektifan dari sistem manajemen resiko.
6. Perbaikan berkelanjutan (*Continuous Improvement*).
Pada tahap ini akan diperiksa bahwa perusahaan mempunyai kepedulian terhadap konsep perbaikan berkelanjutan.

Untuk meyakinkan bahwa perusahaan telah menerapkan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (OHSAS 18001), maka perusahaan membutuhkan suatu bukti tertulis yaitu sebuah sertifikat. Perusahaan yang mempunyai perencanaan yang baik mengenai sistem manajemen ini akan lebih mudah dalam mempersiapkan perusahaan untuk mendapatkan sertifikat tersebut, yang mencakup beberapa hal diantaranya:

- Mengidentifikasi kebutuhan-kebutuhan keselamatan dan kesehatan kerja.
- Mengidentifikasi kebutuhan-kebutuhan legal yang dapat aplikasikan.
- Menentukan tujuan, target dan program perbaikan

II.5 Alat Statistik Yang Digunakan.

Dalam analisa faktor kerja yang berpengaruh terhadap operator, umumnya menggunakan analisis of variance (ANOVA) ,untuk menentukan faktor yang terbaik dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kondisi kerja.

Uji ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah faktor-faktor fisik dan keadaan mental operator mempengaruhi performansi kerja atau tidak. Selain itu, untuk menyelidiki apakah terdapat perbedaan yang berarti mengenai efek-efek tiap taraf atau tidak.

Dalam perhitungan ANOVA yang digunakan dalam penyelesaian permasalahan ini terdiri dari tiga faktor yang masing-masing faktor terdiri dari 2 level.

Untuk perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n y^2_{ijk} - \frac{y^2 \dots}{abcn}$$

$$SS_A = \frac{1}{bcn} \sum_{i=1}^a y^2_{i\dots} - \frac{y^2 \dots}{abcn}$$

$$SS_B = \frac{1}{acn} \sum_{j=1}^b y^2_{.j\dots} - \frac{y^2 \dots}{abcn}$$

$$SS_C = \frac{1}{abn} \sum_{k=1}^c y^2_{\dots k} - \frac{y^2 \dots}{abcn}$$

Sedangkan perhitungan untuk interaksi dua faktor dan tiga faktor sebagai berikut:

$$SS_{AB} = \frac{1}{cn} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y^2_{ij\dots} - \frac{y^2 \dots}{abcn} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AC} = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c y^2_{ik\dots} - \frac{y^2 \dots}{abcn} - SS_A - SS_C$$

$$SS_{BC} = \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2_{.jk\dots} - \frac{y^2 \dots}{abcn} - SS_B - SS_C$$

$$SS_{ABC} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2_{ijk\dots} - \frac{y^2 \dots}{abcn} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC}$$

$$SS_E = SS_T - SS_{subtotal(ABC)}$$

Dimana Subtotal ABC,

$$SS_{subtotal ABC} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2_{ijk\dots} - \frac{y^2 \dots}{abcn}$$

Sedangkan untuk menentukan derajat kebebasan (*degree of freedom*) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}SS_A &= a - 1 \\SS_B &= b - 1 \\SS_C &= c - 1 \\SS_{AB} &= (a - 1)(b - 1) \\SS_{AC} &= (a - 1)(c - 1) \\SS_{BC} &= (b - 1)(c - 1) \\SS_{ABC} &= (a - 1)(b - 1)(c - 1) \\SS_E &= abc(n - 1) \\SS_T &= abc - 1\end{aligned}$$

Dimana, a, b dan c menyatakan banyaknya level yang dimiliki oleh setiap factor serta n menyatakan banyaknya replikasi atau perulangan yang dilakukan .

Untuk menentukan faktor-faktor dan interaksinya yang signifikan mempengaruhi performansi operator dalam perhitungan ini, menggunakan nilai distribusi yang mana jika nilai F hitung lebih besar dari nilai F tabel maka faktor atau interaksi tersebut signifikan. Jika sebaliknya maka faktor atau interaksinya tidak signifikan. Nilai F hitung dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$F_{hitung} = \frac{MS_{faktor\ atau\ interaksi}}{MS_E}$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai F table berdasarkan pada F_{α, v_1, v_2} yang mana nilai α menyatakan taraf signifikan atau galat I yaitu kemungkinan untuk menolak hipotesis yang benar, v_1 merupakan derajat kebebasan untuk faktor atau interaksinya dan nilai v_2 menyatakan nilai derajat kebebasan untuk *error*. Oleh karena itu, kita perlu melakukan perumusan terhadap hipotesis yang akan di uji atau H_0 dan hipotesis alternatifnya H_1

III. CONTOH PENGOLAHAN DATA.

Sebuah perusahaan Konveksi mempunyai permasalahan mengenai kesalahan yang dilakukan oleh operator dalam membuat rumah kancing jaket. Karena permasalahan tersebut perusahaan ingin meyelidiki faktor lingkungan mana yang paling mempengaruhi, terhadap jumlah rumah kancing yang dibuat oleh operator. Setelah

perusahaan melakukan *brainstorming* dengan manager pabrik, maka perusahaan menentukan beberapa faktor lingkungan kerja yang perlu diperhatikan yaitu tingkat kebisingan, temperature dan intensitas cahaya. Dari hasil pengamatan terhadap 1000 jaket yang dibuat dalam satu hari (setiap kondisi pengamatan dilakukan selama satu hari), diperoleh jumlah jaket yang mengalami kesalahan dalam pembuatan rumah kancing sebagai berikut.

Kebisingan (Db)	Temperatur			
	20°C		27°C	
	Intensitas Cahaya (Cd)		Intensitas Cahaya (Cd)	
60	65	80	65	80
	23	27	24	38
	24	28	23	36
80	25	26	28	35
	36	34	37	34
	35	38	39	38
	36	39	35	36

Penyelesaian

Untuk menyelidiki apakah faktor lingkungan mempengaruhi jumlah kesalahan yang dilakukan oleh operator dalam membuat rumah kancing jaket. Maka, perlu dilakukan perhitungan untuk jumlah kuadrat masing-masing faktor serta interaksinya, kemudian setelah jumlah kuadrat tersebut telah diketahui, nilai tersebut dimasukan kedalam table ANOVA. Adapun perhitungan jumlah kuadratnyua sebagai berikut.

Kebisingan (Db)	Temperatur				y _{i...}
	20°C		27°C		
	Intensitas Cahaya (Cd)		Intensitas Cahaya (Cd)		
60	65	80	65	80	337
	23	27	24	38	
	24	28	23	36	
80	25	26	28	35	437
	36	34	37	34	
	35	38	39	38	
	36	39	35	36	
Total y _{jk} .	179	192	186	217	774
y _{.j.}	371		403		=y _{...}

Total $y_{ij..}$			Total $y_{i.k.}$		
Kebisingan	Temperatur		Kebisingan	Intensitas cahaya	
	20°C	27°C		65	80
60	153	184	60	147	190
80	218	219	80	218	219

Perumusan hipotesis:

- a. $H_{o,1} : \alpha_1 = \alpha_2$
 $H_{1,1} : \alpha_1 \neq \alpha_2$
- b. $H_{o,2} : \beta_1 = \beta_2$
 $H_{1,2} : \beta_1 \neq \beta_2$
- c. $H_{o,3} : \gamma_1 = \gamma_2$
 $H_{1,3} : \gamma_1 \neq \gamma_2$
- d. $H_{o,4} : (\alpha\beta)_1 = (\alpha\beta)_2$
 $H_{1,4} : (\alpha\beta)_1 \neq (\alpha\beta)_2$
- e. $H_{o,5} : (\alpha\gamma)_1 = (\alpha\gamma)_2$
 $H_{1,5} : (\alpha\gamma)_1 \neq (\alpha\gamma)_2$
- f. $H_{o,6} : (\beta\gamma)_1 = (\beta\gamma)_2$
 $H_{1,6} : (\beta\gamma)_1 \neq (\beta\gamma)_2$
- g. $H_{o,7} : (\alpha\beta\gamma)_1 = (\alpha\beta\gamma)_2$
 $H_{1,7} : (\alpha\beta\gamma)_1 \neq (\alpha\beta\gamma)_2$

Penentuan F tabel dengan menggunakan $\alpha=0.05$ sebagai berikut:

- $$F_1 = 4.49$$
- $$F_2 = 4.49$$
- $$F_3 = 4.49$$
- $$F_4 = 4.49$$
- $$F_5 = 4.49$$
- $$F_6 = 4.49$$
- $$F_7 = 4.49$$

Dengan menggunakan tabel distribusi F diperoleh hasil seperti tampak diatas. Dari hasil tersebut terlihat bahwa semua nilai F tabel memberikan hasil yang sama dikarenakan jumlah derajat kebebasan untuk setiap faktor dan interaksinya sama besar yaitu sebesar 1 dengan derajat kebebasan *error* sebesar 16.

$$SS_T = (23^2 + 24^2 + \dots + 38^2 + 36^2) - \frac{774^2}{2 \times 2 \times 2 \times 3} = 760.50$$

$$SS_A = \frac{1}{2 \times 2 \times 3} (337^2 + 437^2) - \frac{774^2}{2 \times 2 \times 2 \times 3} = 416.67$$

$$SS_B = \frac{1}{2 \times 2 \times 3} (371^2 + 403^2) - \frac{774^2}{2 \times 2 \times 2 \times 3} = 42.67$$

$$SS_C = \frac{1}{2 \times 2 \times 3} (365^2 + 409^2) - \frac{774^2}{2 \times 2 \times 2 \times 3} = 80.67$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{2 \times 3} (153^2 + 218^2 + 184^2 + 219^2) - \frac{774^2}{2 \times 2 \times 2 \times 3} - 416.67 - 42.67 = 37.49$$

$$SS_{AC} = \frac{1}{2 \times 3} (147^2 + 218^2 + 190^2 + 219^2) - \frac{774^2}{2 \times 2 \times 2 \times 3} - 416.67 - 80.67 = 73.49$$

$$SS_{BC} = \frac{1}{2 \times 3} (179^2 + 192^2 + 186^2 + 217^2) - \frac{774^2}{2 \times 2 \times 2 \times 3} - 42.67 - 80.67 = 13.49$$

$$SS_{ABC} = \frac{1}{3} (72^2 + 107^2 + 81^2 + 111^2 + 75^2 + 111^2 + 109^2 + 108^2) - \frac{774^2}{2 \times 2 \times 2 \times 3} - 416.67 - 42.67 - 80.67 - 37.49 - 73.49 - 13.49 = 42.69$$

$$SS_E = 760.50 - 707.17 = 53.33$$

Tabel ANOVA

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	Fo
Kebisingan (A)	1	416.67	416.67	125.13
Temperatur (B)	1	42.67	42.67	12.81
Intesitas Cahaya (C)	1	80.67	80.67	24.23
AB	1	37.49	37.49	11.26
AC	1	73.49	73.49	22.07
BC	1	13.49	13.49	4.05
ABC	1	42.69	42.69	12.82
Error	16	53.33	3.33	
Total	23	760.50		

Setelah melakukan perbandingan antara nilai F hitung dengan nilai F tabel, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

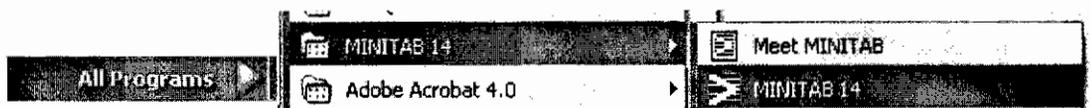
- a. Nilai F hitung > F tabel, maka tidak cukup bukti untuk menerima H_o , sehingga setiap level faktor kebisingan (A) memberikan hasil yang berbeda secara statistik.
- b. Nilai F hitung > F tabel, maka tidak cukup bukti untuk menerima H_o , sehingga setiap level faktor temperature memberikan hasil yang berbeda secara statistik.

- c. Nilai F hitung $>$ F tabel, maka tidak cukup bukti untuk menerima H_0 , sehingga setiap level faktor intensitas cahaya memberikan hasil yang berbeda secara statistik.
- d. Nilai F hitung $>$ F tabel, maka tidak cukup bukti untuk menerima H_0 , sehingga setiap interaksi antara kebisingan dengan temperature memberikan hasil yang berbeda secara statistik.
- e. Nilai F hitung $>$ F tabel, maka tidak cukup bukti untuk menerima H_0 , sehingga setiap interaksi antara kebisingan dengan intensitas cahaya memberikan hasil yang berbeda secara statistik.
- f. Nilai F hitung $<$ F tabel, maka tidak cukup bukti untuk menolak H_0 , sehingga setiap interaksi antara temperature dengan intensitas cahaya tidak memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik.
- g. Nilai F hitung $>$ F tabel, maka tidak cukup bukti untuk menerima H_0 , sehingga setiap interaksi antara kebisingan, temperature dan intensitas cahaya memberikan hasil yang berbeda secara statistik.

IV. PENGGUNAAN SOFTWARE

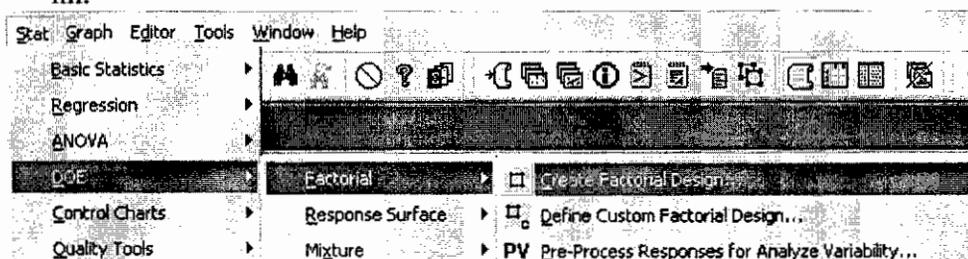
Penyelesaian dengan menggunakan software MINITAB 14.12, melalui beberapa langkah yaitu sebagai berikut.

1. Klik **Start** kemudian pilih **Minitab 14**.



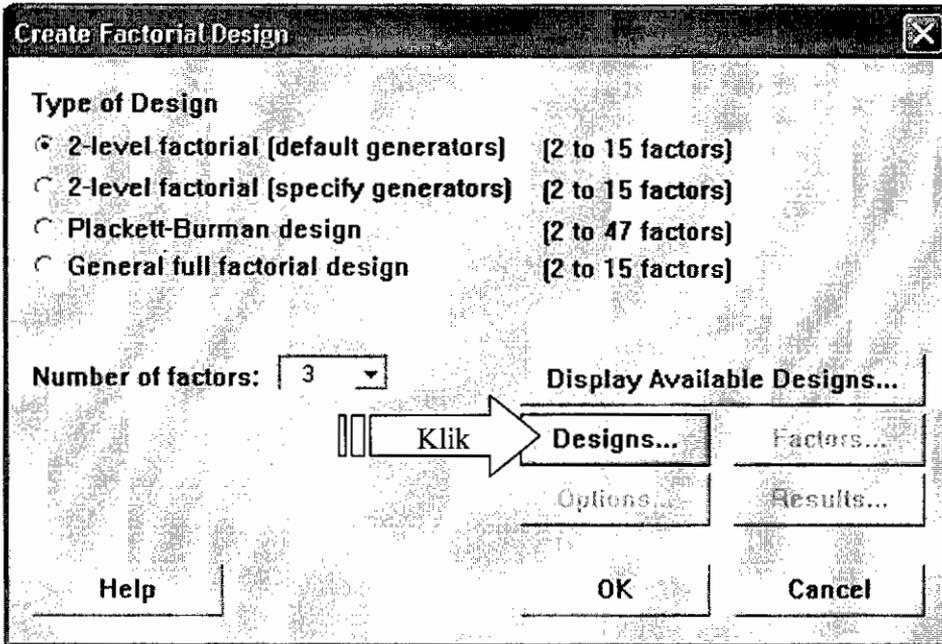
Gambar 5.1 Tampilan menu dari All Program Window

2. Klik **Stat >>DOE >> Factorial >> Create Factorial design**, seperti berikut ini.



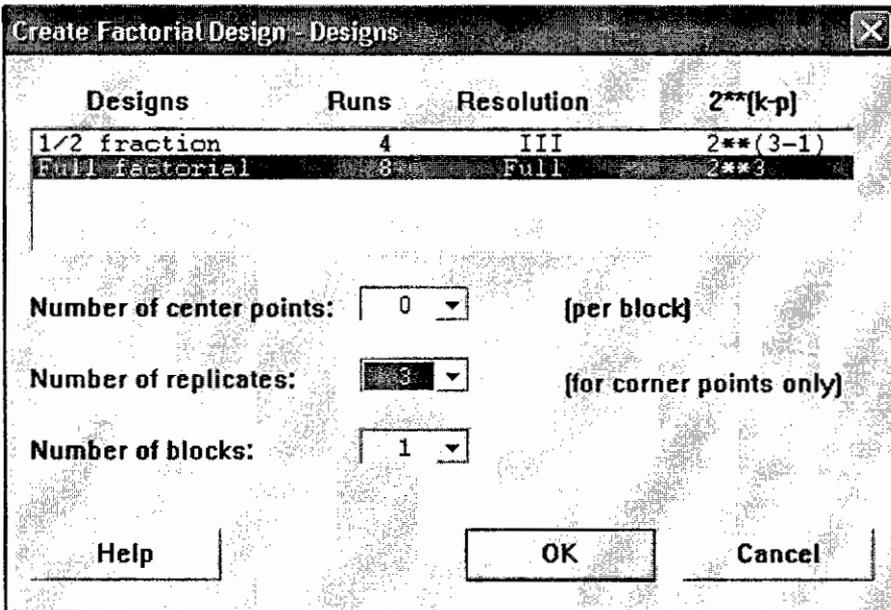
Gambar 5.2 Tampilan menu Stat untuk mencari Create Factorial Design

3. Beri tanda **Check** pada **2-level factorial (default generator)**, pada **Number of factor** masukan nilai **3**.



Gambar 5.3 Dialog Box dari menu Create Factorial Design

4. Klik **Design** pilih **Full Factorial** pada **Number of replicates** masukan **3** kemudian klik **OK**, seperti berikut ini.



Gambar 5.3 Dialog Box dari submenu Create Factorial Design (Designs)

5. Klik **Factor** kemudian isi seperti pada gambar dibawah ini, kemudian klik **OK** dua kali. Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Kebisingan	Temperatur	Intensitas cahaya
1	10	1	1	1	80	20	65
2	16	2	1	1	80	27	80
3	9	3	1	1	60	20	65
4	5	4	1	1	60	20	80
5	17	5	1	1	60	20	65
6	15	6	1	1	60	27	80
7	19	7	1	1	60	27	65
8	12	8	1	1	80	27	65
9	21	9	1	1	60	20	80
10	1	10	1	1	60	20	65
11	6	11	1	1	80	20	80
12	4	12	1	1	80	27	65

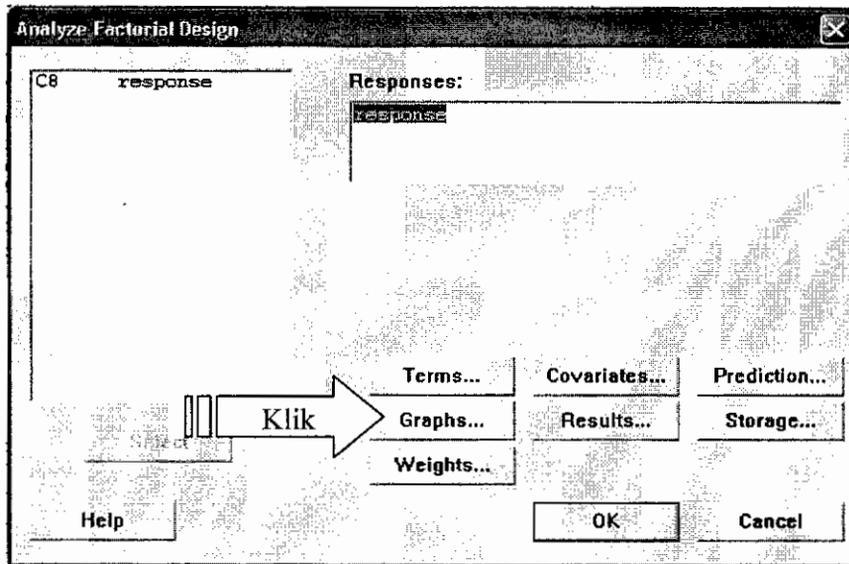
Gambar 5.4 Tampilan worksheet setelah dialog-box sebelumnya terisi

6. Masukkan data hasil percobaan yang telah dilakukan pada kolom selanjutnya seperti pada gambar dibawah ini.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Kebisingan	Temperatur	Intensitas cahaya	response
1	10	1	1	1	80	20	65	36
2	16	2	1	1	80	27	80	36
3	9	3	1	1	60	20	65	24
4	5	4	1	1	60	20	80	28
5	17	5	1	1	60	20	65	25
6	15	6	1	1	60	27	80	35
7	19	7	1	1	60	27	65	28
8	12	8	1	1	80	27	65	35
9	21	9	1	1	60	20	65	26
10	1	10	1	1	60	20	65	23
11	6	11	1	1	80	20	80	34
12	4	12	1	1	80	27	65	37
13	22	13	1	1	80	20	80	38
14	23	14	1	1	60	27	80	38
15	13	15	1	1	60	20	80	27
16	18	16	1	1	80	20	65	36
17	2	17	1	1	80	20	65	35

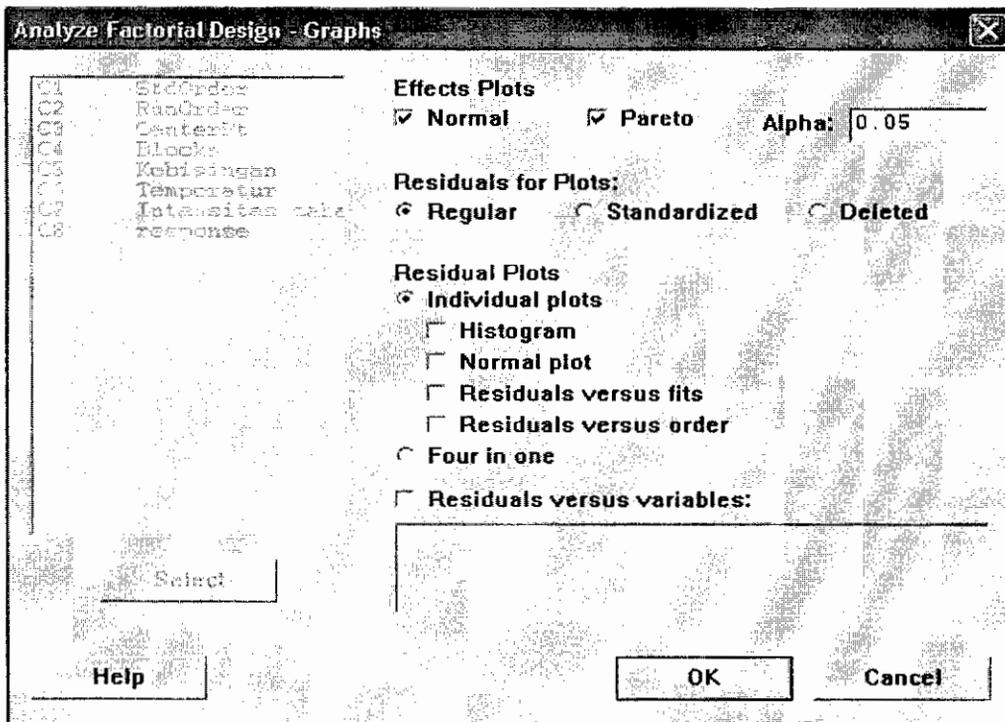
Gambar 5.5 Tampilan worksheet yang diisi kolom baru sebagai data input respon

7. Kemudian Klik Stat >> DOE >> Factorial >> Analyze Factorial Design, pada kotak response masukan kolom yang berisi data hasil percobaan dalam contoh ini pada kolom C8, seperti pada gambar dibawah ini.



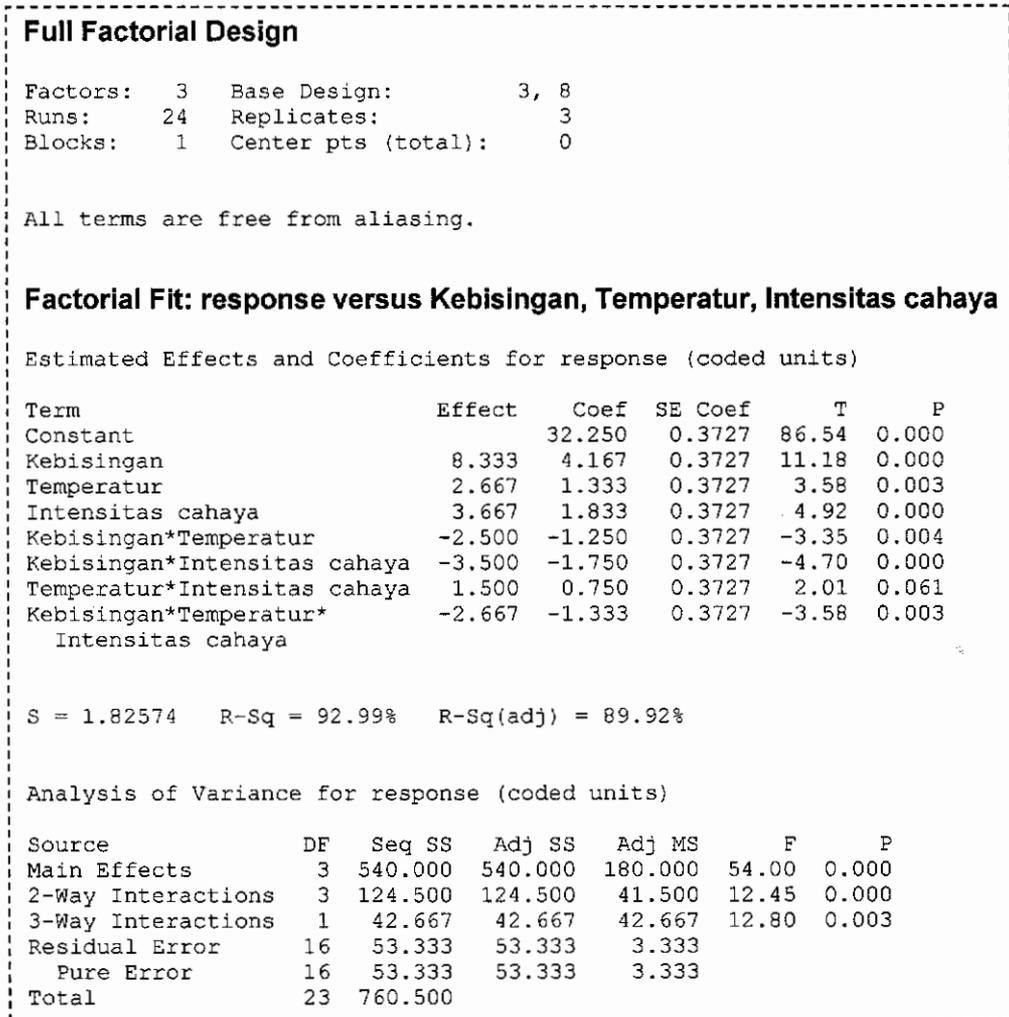
Gambar 5.6 Dalog-box dari menu Analyze Factorial Design

8. Kemudian klik Graphs pada Effects Plot, berikan tanda check pada Normal dan Pareto, seperti pada gambar berikut. Klik OK .



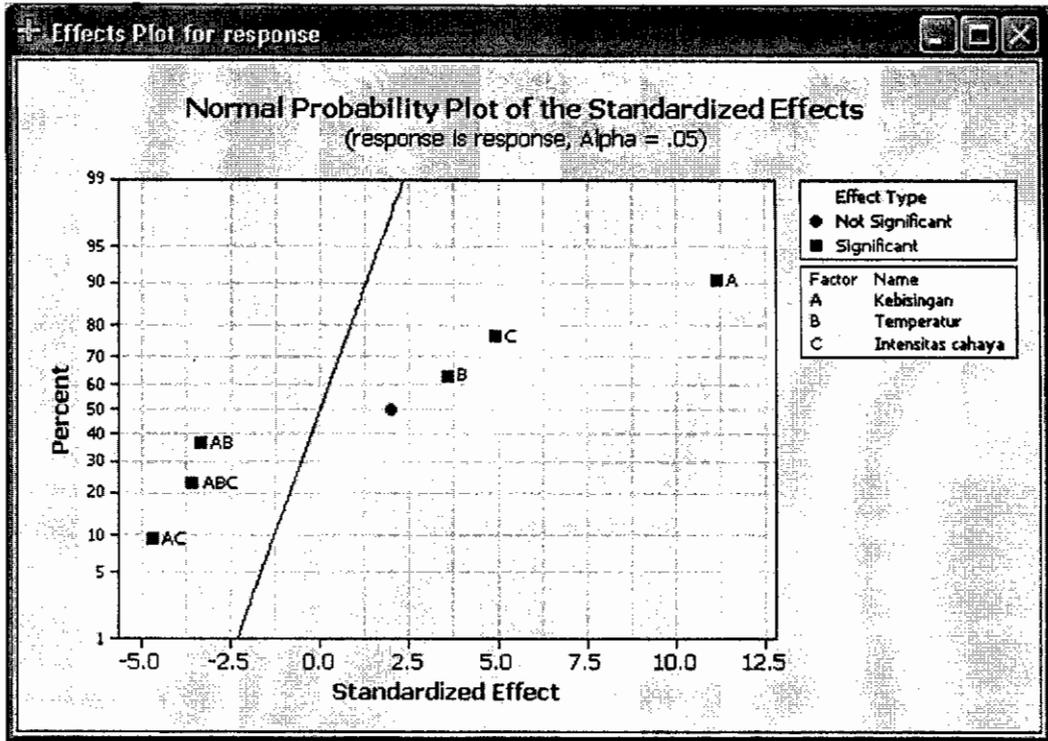
Gambar 5.7 Dalog-box dari submenu Analyze Factorial Design (Graphs)

Setelah menjalankan langkah-langkah tersebut diatas, maka diperoleh hasil sebagai berikut.



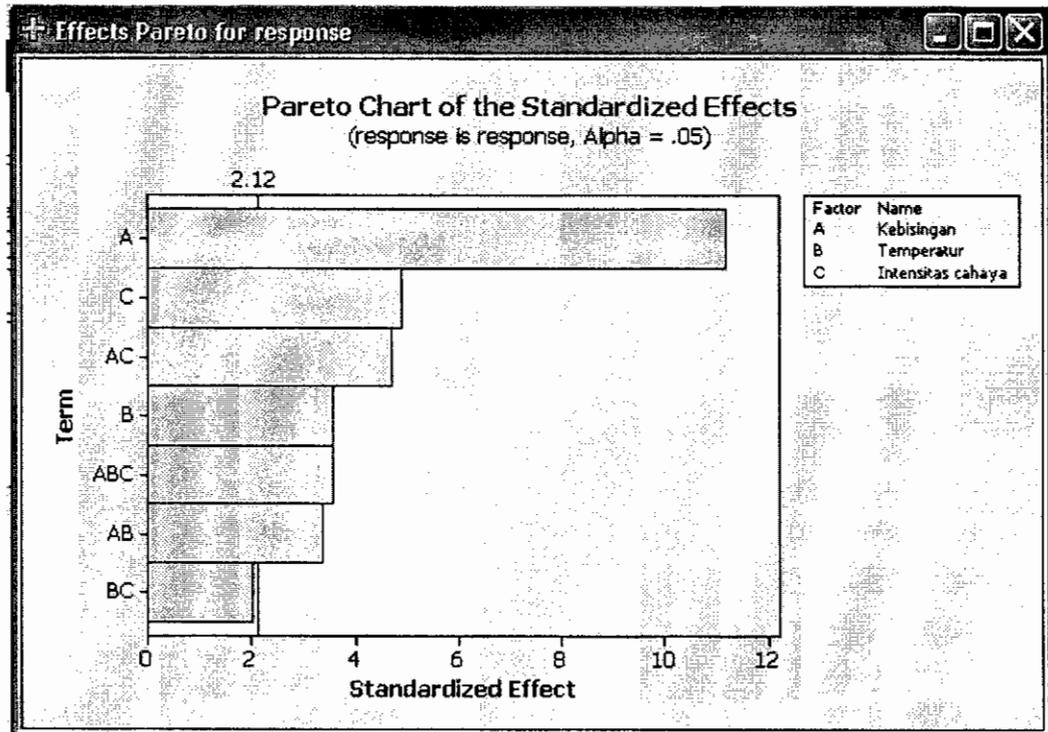
Gambar 5.8 Tampilan session window sebagai hasil perhitungan

Dengan Effect plot sebagai berikut.



Gambar 5.9 Grafik efek antar factor

Adapun pareto yang terbentuk seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.10 Diagram Pareto nilai efek antar faktor

Dari *effect probability plot* dapat diketahui faktor mana yang signifikan, yang ditandai dengan titik yang berwarna merah. Pada gambar tersebut diketahui bahwa hanya interaksi BC yang tidak berwarna merah. Hal ini menandakan bahwa interaksi BC tidak signifikan terhadap performansi operator pada perusahaan konveksi tersebut. Sedangkan dari pareto dapat kita ketahui bahwa faktor A (Kebisingan) berada pada urutan teratas yang menandakan bahwa faktor tersebut yang paling besar pengaruhnya dibandingkan dengan faktor yang lainnya. Pada pareto terlihat jelas bahwa interaksi antara temperature dan intensitas cahaya (BC), menempati urutan terbawah yang menandakan bahwa BC memiliki pengaruh yang paling kecil dibandingkan dengan interaksi faktor yang lainnya.

Jurusan Teknik Industri,



PERANCANGAN SISTEM KERJA DAN ERGONOMI



SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN

Cover

Lembar Pengesahan Laporan

Kata Pengantar

Daftar Isi

Bab I	Pendahuluan
	1.1 Latar Belakang
	1.2 Tujuan Penelitian
	1.3 Pembatasan Masalah
	1.4 Sistematika Penulisan
Bab II	Landasan Teori (min 7 lembar)
Bab III	Pengolahan Data
Bab IV	Analisa hasil pengolahan data
Bab V	Kesimpulan dan Saran
	5.1 Kesimpulan
	5.2 Saran

Daftar Pustaka,

Wajib:

1. Occupation Ergonomic
2. Human Factor Engineering

• CONTOH COVER LAPORAN (A4, min 70 g/mm²)

Ukuran: 26
Biasa

LAPORAN HASIL PRAKTIKUM

ANTHROPOMETRI

Ukuran: 26
Bold, Italic



Untuk memenuhi tugas

PRAKTIKUM PERANCANGAN SISTEM KERJA DAN ERGONOMI

Ukuran: 14
Bold

Oleh:

Ukuran: 12
Biasa

Ukuran: 13
Bold
Spasi 1,5

KELOMPOK 20

Ukuran: 12
Biasa, spasi 1,5

- | | |
|---------------------|------------------|
| Nama Praktikan 1 | NIM. 2011-21-XXX |
| 2. Nama Praktikan 2 | NIM. 2011-21-XXX |
| 3. Nama Praktikan 3 | NIM. 2011-21-XXX |
| 4. Nama Praktikan 4 | NIM. 2011-21-XXX |

Ukuran: 14
Biasa
spasi 1,5

Ukuran: 18
Bold
Spasi 1,5

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ESA UNGGUL

JAKARTA
2012

Ukuran: 14
Biasa

CONTOH LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN

Ukuran: 14
Bold

Laporan Hasil Praktikum untuk modul ANTHROPOMETRI yang telah disusun oleh Kelompok 20 dengan beranggotakan:

1. Nama Praktikan 1 NIM. 2011-21-XXX
2. Nama Praktikan 2 NIM. 2011-21-XXX
3. Nama Praktikan 3 NIM. 2011-21-XXX
4. Nama Praktikan 4 NIM. 2011-21-XXX

Dinyatakan disetujui setelah Laporan ini diuji sebelumnya pada Sidang Presentasi Pertanggungjawaban Laporan yang dilaksanakan pada hari Kamis, tanggal 21 September 2012 di Ruang 510 (Lab. Sistem Kerja), Kampus Emas Internasional, Universitas Esa Unggul dan diterima sebagai salah satu syarat kelulusan Praktikum Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi pada Semester Ganjil 2006/2007, jenjang pendidikan Strata Satu (S1), Jurusan Teknik Industri, Universitas Esa Unggul.

Ukuran: 12
Biasa
spasi 1,5

Jakarta, 10 Juni 2012

Nama Ketua Asisten Penguji
Ketua Asisten Penguji

Nama Asisten Mentor Kelompok
Asisten Pembimbing

