

MODUL 1
PENGUKURAN KERJA FISILOGIS
(1x Pertemuan)

1.1 Tujuan

Tujuan dari praktikum pengukuran fisiologis adalah sebagai berikut :

- a. Memahami perbedaan beban kerja/cara kerja dapat berpengaruh terhadap aspek fisiologi manusia
- b. Mampu melakukan pengukuran kerja dengan menggunakan metode fisiologi
- c. Menentukan besar beban kerja, berdasarkan kriteria fisiologi
- d. Merancang sistem kerja dengan memanfaatkan hasil pengukuran kerja dengan metode fisiologi

1.2 Landasan Teori

Lehmann (1995) mendefinisikan kerja sebagai semua aktivitas yang secara sengaja dan berguna dilakukan manusia untuk menjamin kelangsungan hidupnya, baik sebagai individu maupun sebagai umat manusia secara keseluruhan.

Secara umum jenis kerja dibedakan menjadi dua bagian yaitu kerja fisik (otot) dan kerja mental. Pada kerja mental pengeluaran energi relatif kecil dibandingkan dengan kerja fisik dimana pada kerja fisik ini manusia akan menghasilkan perubahan dalam konsumsi oksigen, *heart rate*, temperatur tubuh dan perubahan senyawa kimia dalam tubuh. Kerja fisik ini dikelompokkan oleh Davis dan Miller menjadi tiga kelompok besar, sebagai berikut :

1. Kerja total seluruh tubuh, yang mempergunakan sebagian besar otot biasanya melibatkan dua pertiga atau tiga perempat otot tubuh.
2. Kerja sebagian otot, yang membutuhkan lebih sedikit *energy expenditure* karena otot yang digunakan lebih sedikit.
3. Kerja otot statis, otot yang digunakan untuk menghasilkan gaya konstrasi otot.

Sampai saat ini, metode pengukuran kerja fisik dilakukan dengan menggunakan standar sebagai berikut:

1. Konsep *Horse Power (foot-pounds of work per minute)* oleh Taylor, tapi tidak memuaskan
2. Tingkat konsumsi energi untuk mengukur pengeluaran energi
3. Perubahan tingkat kerja jantung dan konsumsi oksigen (metode baru)

Pengukuran konsumsi energi

Kerja fisik mengakibatkan pengeluaran energi yang berhubungan erat dengan konsumsi energi. Konsumsi energi pada waktu kerja biasanya ditentukan dengan cara tidak langsung, yaitu dengan pengukuran tekanan darah, aliran darah, komposisi kimia dalam darah, temperatur tubuh, tingkat penguapan dan jumlah udara yang dikeluarkan oleh paru-paru. Dalam penentuan konsumsi energi biasa digunakan parameter indeks kenaikan bilangan kecepatan denyut jantung. Indeks ini merupakan perbedaan antara kecepatan denyut jantung pada waktu kerja tertentu dengan kecepatan denyut jantung pada saat istirahat.

Untuk merumuskan hubungan antara *energy expenditure* dengan kecepatan *heart rate* (denyut jantung), dilakukan pendekatan kuantitatif hubungan antara *energy expenditure* dengan kecepatan denyut jantung dengan menggunakan analisa regresi. Bentuk regresi hubungan energi dengan kecepatan denyut jantung secara umum adalah regresi kuadratis dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = 1,80411 - 0,0229038X + 4,71733 \cdot 10^{-4} X^2$$

Dimana:

Y : Energi (kilokalori per menit)

X : Kecepatan denyut jantung (denyut per menit)

Setelah besaran kecepatan denyut jantung disetarakan dalam bentuk energi, maka konsumsi energi untuk kegiatan kerja tertentu bisa dituliskan dalam bentuk matematis sebagai berikut :

$$KE = E_t - E_i$$

Dimana :

KE : Konsumsi energi untuk suatu kegiatan kerja tertentu (kilokalori/menit)

Et : Pengeluaran energi pada saat waktu kerja tertentu (kilokalori/menit)

Ei : Pengeluaran energi pada saat istirahat (kilokalori/menit)

Terdapat tiga tingkat energi fisiologi yang umum : Istirahat, limit kerja aerobik, dan kerja anaerobik. Pada tahap istirahat pengeluaran energi diperlukan untuk mempertahankan kehidupan tubuh yang disebut tingkat metabolisme basal. Hal tersebut mengukur perbandingan oksigen yang masuk dalam paru-paru dengan karbondioksida yang keluar. Berat tubuh dan luas permukaan adalah faktor penentu yang dinyatakan dalam kilokalori/area permukaan/jam. Rata-rata manusia mempunyai berat 65 kg dan mempunyai area permukaan 1,77 meter persegi memerlukan energi sebesar 1 kilokalori/menit.

Kerja disebut aerobik bila suply oksigen pada otot sempurna, sistem akan kekurangan oksigen dan kerja menjadi anaerobik. Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas fisiologi yang dapat ditingkatkan melalui latihan. Aktivitas dan tingkat energi dan Klasifikasi beban kerja dan reaksi fisiologis terlihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Aktivitas Dan Tingkat Energi

ENERGI (Kkal/menit)	1	2.5	5	7.5	10
DETAH JANTUNG (per menit)	60	75	100	125	150
OKSIGEN (liter/menit)	0.2	0.5	1	1.5	2
	Metabolis me basah	Kerja ringan	Jalan (6.5kph)	Kerja berat	Naik Pohon
	Istirahat	Duduk	Angkat roda 100 kg		Membuat tungku
	Tidur	Mengendarai Mobil		Bekerja ditambang	Jalan di Bulan

Tabel 2. Klasifikasi Beban Kerja Dan Reaksi Fisiologis

Tingkat Pekerjaan	Energy Expenditure	Detak Jantung	Konsumsi Energi
-------------------	---------------------------	----------------------	------------------------

	Kkal / menit	Kkal / 8jam	Detak / menit	Liter / menit
Undully Heavy	>12.5	>6000	>175	>2.5
Very Heavy	10.0 – 12.5	4800 – 6000	150 – 175	2.0 – 2.5
Heavy	7.5 – 10.0	3600 – 4800	125 – 150	1.5 – 2.0
Moderate	5.0 – 7.5	2400 – 3600	100 – 125	1.0 – 1.5
Light	2.5 – 5.0	1200 – 2400	60 – 100	0.5 – 1.0
Very Light	< 2.5	< 1200	< 60	< 0.5

Konsumsi energi berdasarkan kapasitas oksigen terukur

Konsumsi energi dapat diukur secara tidak langsung dengan mengukur konsumsi oksigen. Jika satu liter oksigen dikonsumsi oleh tubuh, maka tubuh akan mendapatkan 4,8 kkal energi.

$$R = \frac{T(B - S)}{B - 0.3}$$

Dimana :

R : Istirahat yang dibutuhkan dalam menit (*Recovery*)

T : Total waktu kerja dalam menit

B : Kapasitas oksigen pada saat kerja (liter/menit)

S : Kapasitas oksigen pada saat diam (liter/menit)

Konsumsi energi berdasarkan denyut jantung (*heart rate*)

Jika denyut nadi dipantau selama istirahat, kerja dan pemulihan, maka *recovery* (waktu pemulihan) untuk beristirahat meningkat sejalan dengan beban kerja. Dalam keadaan yang ekstrim, pekerja tidak mempunyai waktu istirahat yang cukup sehingga mengalami kelelahan yang kronis. Murrel membuat metode untuk menentukan waktu istirahat sebagai kompensasi dari pekerjaan fisik :

$$R = \frac{T(W - S)}{W - 1,5}$$

Dimana :

R : Istirahat yang dibutuhkan dalam menit (*Recovery*)

T : Total waktu kerja dalam menit

W : Konsumsi energi rata-rata untuk bekerja dalam kkal/menit

S : Pengeluaran energi rata-rata yang direkomendasikan dalam kkal/menit (biasanya 4 atau 5 Kkal/menit)

Menentukan Waktu Standar Dengan Metode Fisiologis

Pengukuran fisiologi dapat dipergunakan untuk membandingkan cost energy pada suatu pekerjaan yang memenuhi waktu standar, dengan pekerjaan serupa yang tidak standard, tetapi perbandingan harus dibuat untuk orang yang sama. hasilnya mungkin beberapa orang yang memiliki performansi 150% hingga 160% menggunakan *energi expenditure* sama dengan orang yang performansinya hanya 110% sampai 115%. Waktu standar ditentukan untuk tugas, pekerjaan yang spesifik dan jelas definisinya. Dr. Lucien Brouha telah membuat tabel klasifikasi beban kerja dalam reaksi fisiologi, untuk menentukan berat ringannya suatu pekerjaan, seperti terlihat pada tabel 3..

Tabel 3. Jenis Pekerjaan Dengan Konsumsi Oksigen

WORK LOAD	OXYGEN CONSUMPTION (Liter/Minute)	ENERGY EXPENDITURE (Calories/minute)	HEART RATE DURING WORK (Beats per minute)
Light	0.5 – 1.0	2.5 – 5.0	60 – 100
Moderate	1.0 – 1.5	5.0 – 7.5	100 – 125
Heavy	1.5 – 2.0	7.5 – 10.0	125 – 150
Very Heavy	2.0 – 2.5	10.0 – 12.5	150 - 175

Fatigue

Fatigue adalah suatu kelelahan yang terjadi pada syaraf dan otot-otot manusia sehingga tidak berfungsi lagi sebagaimana mestinya. Kelelahan dipandang dari sudut industri adalah pengaruh dari kerja pada pikiran dan tubuh manusia yang cenderung untuk mengurangi kecepatan kerja mereka atau menurunkan kualitas produksi, atau kedua-duanya dari performansi optimum seorang operator. Cakupan dari kelelahan, yaitu :

1. Penurunan dalam performansi kerja

Pengurangan dalam kecepatan dan kualitas output yang terjadi bila melewati suatu periode tertentu, disebut *industry fatigue*.

2. Pengurangan dalam kapasitas kerja

perusakan otot atau ketidakseimbangan susunan saraf untuk memberikan stimulus, disebut *Psikologis fatigue*

3. Laporan-laporan subyektif dari pekerja

Berhubungan dengan perasaan gelisah dan bosan, disebut *fungsiional fatigue*.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi *fatigue* adalah besarnya tenaga yang dikeluarkan, kecepatan, cara dan sikap melakukan aktivitas, jenis kelamin dan umur. *Fatigue* dapat diukur dengan :

- a. Mengukur kecepatan denyut jantung dan pernapasan
- b. Mengukur tekanan darah, peredaran udara dalam paru-paru, jumlah oksigen yang dipakai, jumlah CO₂ yang dihasilkan, temperatur badan, komposisi kimia dalam urin dan darah
- c. Menggunakan alat uji kelelahan *Riken Fatigue*.

Untuk lebih jelas mengenai *fatigue* dapat dibaca pada buku *Motion & Time Study: Design & measurement of Work*, Barnes Ralph, 1980

1.3 Tugas Pendahuluan

1. Apa yang dimaksud dengan pengukuran kerja dengan metode fisiologis?
2. Jelaskan kriteria-kriteria yang dapat digunakan untuk mengetahui pekerjaan terhadap manusia dalam suatu sistem!
3. Apa yang dimaksud dengan kondisi kerja yang optimum! Jelaskan!
4. Jelaskan secara lengkap beserta contoh dari grafik *expenditure*!
5. Seorang operator material handling pada saat istirahat denyut nadinya 70 per menit. Sedangkan pada saat bekerja denyut nadinya 90 per menit. Hitunglah konsumsi energi yang dikeluarkan oleh operator tersebut dalam kilokalori per menit ! Berapa konsumsi oksigen yang diperlukan untuk pekerjaan tersebut (dalam liter per menit)
6. Apa penyebab terjadinya kelelahan pada manusia? Terangkan proses terjadinya kelelahan tersebut dan bagaimana cara menguranginya serta sebutkan beberapa metode pengukuran kelelahan yang ada

1.4 Peralatan yang Digunakan

Dalam praktikum pengukuran kerja fisiologis alat-alat dan bahan yang digunakan adalah:

- *Running Belt*
- Lori
- Beban lori
- Sepeda Statis
- Beban Statis /*Dumbler* (1,2,3,dan 4 Kg)
- *Pulse Meter*
- *Stopwatch*
- Termometer tubuh
- Lembar pengamatan

1.5 Prosedur Praktikum

• Percobaan 1

Pada percobaan 1, kegiatan praktikum yang dilakukan adalah mengukur kegiatan kerja fisiologis dalam aktivitas dengan menggunakan ***running belt*** yang dilakukan di laboratorium APK, dengan peralatan dan bahan yang telah ditetapkan. Percobaan ini terdiri dari dua variabel, yaitu kecepatan beraktivitas dan lamanya beraktivitas.

Langkah-langkah percobaan 1 ini sebagai berikut:

1. Siapkan satu orang operator, satu orang pengamat dan satu orang pencatat waktu. Operator bertindak sebagai OP (orang percobaan), pengamat bertugas mencatat suhu tubuh dan kecepatan denyut jantung OP, sedangkan pencatat waktu bertugas untuk memberi aba-aba kepada operator untuk memulai dan mengakhiri aktivitas dan memberikan aba-aba pada pengamat dan mencatat kecepatan denyut jantung pada waktu yang ditentukan.
2. Operator berdiri di atas *running belt*. Pasangkanlah *pulse-meter* pada jari telunjuk operator.
3. Ukur dan catat denyut jantung awal (D0) dan ukur pula suhu tubuh operator (T0).

4. Operator berlari di atas *running belt* selama 2 menit dengan kecepatan konstan 2 Km/jam.
5. Pada saat operator berlari, pengamat mencatat keepatan denyut jantung OP setiap 30 detik (D_n , dimana $n = 30$ etik ke 1, 2, 3, dst).
6. Setelah aktivitas berakhir ukur kembali suhu tubuh OP (T_1) dan kecepatan denyut jantung OP setiap 30 detik sampai $D_n = D_0$.
7. Setelah $D_n = D_0$ berarti OP sudah *recovery*. Ulangi lagi percobaan ini mulai langkah ke-4 sampai dengan langkah ke-6 dengan variasi waktu lari 4 menit dan 6 menit, serta kecepatan berlari konstan 4, 6 dan 8 Km/jam.
8. Kita akan mendapatkan 12 jenis data percobaan, yang diakumulasikan melalui *form* isian. Isilah *form* isian tersebut.

•Percobaan 2

Percobaan 2 adalah mengukur kerja fisiologis pada aktivitas **Mendorong lori**. Pelaksanaannya dilakukan di luar areal Laboratorium APK&E namun masih berada dalam kawasan Kampus E Universitas Gunadarma, sedangkan variabel dalam percobaan ini adalah beban dan jarak.

Langkah-langkah percobaan 2 ini sebagai berikut :

1. Siapkan satu orang operator, satu orang pengamat dan satu orang pencatat waktu. Operator bertindak sebagai OP (orang percobaan), pengamat bertugas mencatat suhu tubuh dan kecepatan denyut jantung OP, sedangkan pencatat waktu bertugas untuk membaca kecepatan jantung yang tertera pada *display pulse meter* yang dibawa operator.
2. Isi lori dengan beban 20 Kg dan persiapkan jalan/*track* untuk lori sepanjang 200 meter (akan lebih baik jika *track* tersebut berbentuk lingkaran dengan keliling lingkaran 25 meter).
3. Operator bersiap untuk mendorong lori. Pasangkanlah *pulse meter* pada jari telunjuk operator.
4. Ukur dan catat denyut jantung awal (D_0) dan ukur suhu tubuh operator (T_0).

5. Operator mulai mendorong lori dengan kecepatan wajar dan konstan. Pada saat operator mendorong lori pengamat mencatat kecepatan denyut jantung OP setiap 25 meter. (D_n , dimana $n = 30$ detik ke 1, 2, 3, dst).
6. Setelah aktivitas berakhir (200 meter) ukur kembali suhu tubuh OP (T_1) dan kecepatan denyut jantung OP setiap 30 detik (D_n'), samapai $D_n' = D_0$.
7. Setelah $D_n' = D_0$ berarti OP sudah *recovery*. Ulangi lagi penelitian ini mulai langkah ke-2 samapai dengan langkah ke-6 dengan variasi beban lori sebesar 40 Kg, 60 Kg dengan jarak variasi antara 300 meter samapai 400 meter.
8. Kita kan mendapatkan 9 jenis data percobaan, yang diakumulasikan melalui *form* isian. Isilah *form* isian tersebut.

•Percobaan 3

Pada percobaan 3, kegiatan praktikum yang dilakukan adalah mengukur kegiatan kerja fisiologis dalam aktivitas dengan menggunakan *Sepeda Statis* yang dilakukan di laboratorium APK&E. Percobaan 3 ini terdiri dari tiga variabel, yaitu kecepatan beraktivitas, lamanya beraktivitas dan beban aktivitas.

Langkah-langkah percobaan 3 ini sebagai berikut:

1. Siapkan satu orang operator, satu orang pengamat dan satu orang pencatat waktu. Operator bertindak sebagai OP (orang percobaan), pengamat bertugas mencatat suhu tubuh dan denyut jantung OP, sedangkan pencatat waktu bertugas untuk memberikan aba-aba kepada operator untuk memulai dan mengakhiri aktivitas dan memberikan aba-aba kepada pengamat untuk mencatat kecepatan denyut jantung pada waktu yang ditentukan.
2. Operator duduk di sepeda statis. Pasangkan pulsa meter pada jari telunjuk operator.
3. Ukur dan catat denyut jantung awal (D_0) dan ukur pula suhu tubuh operator (T_0).
4. Operator mengayuh sepeda selama 5 menit dengan kecepatan konstan 20 km/jam tanpa pembebanan.
5. Pada saat operator mengayuh, pengamatan mencatat kecepatan denyut jantung OP setiap 30 detik (D_n , dengan $n = 30$ detik ke 1, 2, 3, ..., dst)

6. Setelah aktivitas berakhir, ukur kembali suhu tubuh OP (T_1) dan kecepatan denyut jantung OP setiap 30 detik sampai $D_n = D_0$.
7. Setelah $D_n = D_0$ berarti OP sudah *recovery*. Ulangi lagi penelitian ini mulai langkah ke 4 sampai langkah ke 6 dengan kecepatan bersepeda konstan 50 km/jam.
8. Ulangi aktivitas di atas, tetapi dengan pembebanan.
9. Kita akan mendapatkan 8 jenis data percobaan yang diakumulasikan melalui form isian. Isilah form isian tersebut.

•Percobaan 4

Pada percobaan 4, kegiatan praktikum yang dilakukan adalah mengukur kegiatan kerja fisiologis dalam aktivitas dengan menggunakan *Beban Statis (Dumbler)* yang dilakukan di laboratorium APK&E. Variabel dalam Percobaan 4 ini terdiri dari beban dan anggota badan.

Langkah-langkah percobaan 4 ini sebagai berikut:

1. Siapkan satu orang operator, satu orang pengamat, dan satu orang pencatat waktu. Operator bertindak sebagai OP (Orang Percobaan), pengamat bertugas mencatat suhu tubuh dan kecepatan denyut jantung OP, sedangkan pencatat waktu bertugas untuk mencatat waktu operator bertahan dalam melakukan kerja statis.
2. Ukur dan catat denyut jantung awal (D_0) dan ukur pula suhu tubuh operator (T_0).
3. Operator mulai beraktivitas dengan mengangkat beban dan menahan beban dengan tangan terjulur lurus ke samping (ke kiri dan ke kanan) dengan beban masing-masing di tangan 1 kg.
4. Pada saat beraktivitas, pengamat mencatat kecepatan denyut jantung OP setiap 15 detik (D_n , dengan $n = 30$ detik ke 1,2,3,..., dst).
5. Aktivitas berakhir setelah operator merasa sangat lelah dan tidak dapat bertahan dengan sikap tangan terjulur seperti semula. Ukur kembali suhu tubuh OP (T_1) dan kecepatan denyut jantung OP setiap 15 detik (D_n'') sampai $D_n'' = D_0$.

6. Setelah $D_n'' = D_0$ berarti OP sudah *recovery*. Ulangi lagi penelitian ini mulai langkah ke 2 sampai dengan langkah ke 5 dengan variasi beban angkat sebesar 2 kg, 3 kg, dan 4 kg.
7. Ulangi langkah ke 2 sampai dengan langkah ke 6 dengan anggota badan kaki yang terjulur. Operator dalam posisi duduk dan menjulurkan tegak lurus kakinya ke depan.
8. Kita akan mendapatkan 8 jenis data percobaan, yang akan diakumulasikan melalui form isian. Isilah form isian tersebut.

1.6 Pengarahan Penulisan Laporan Akhir

• Percobaan 1

1. Buatlah suatu grafik kerja dan *recovery* sekaligus, dengan waktu sebagai sumbu X (30 detik ke-n) dan kecepatan denyut jantung sebagai sumbu Y. grafik dibuat untuk setiap kecepatan dan setiap lamanya beraktivitas, jadi terdapat 7 grafik, yaitu :
 - a. dengan lama berlari 2 menit, buatlah 4 garis grafik untuk kecepatan 2, 4, 6 dan 8 Km/jam.
 - b. Dengan lama berlari 4 menit, buatlah 4 garis grafik untuk kecepatan 2, 4, 6 dan 8 Km/jam.
 - c. Dengan lama berlari 6 menit, buatlah 4 garis grafik untuk kecepatan 2, 4, 6 dan 8 Km/jam.
 - d. Dengan kecepatan berlari 2 Km/jam, buatlah 3 garis grafik untuk lama berlari 2, 4 dan 6 menit.
 - e. Dengan kecepatan berlari 4Km/jam, buatlah 3 garis grafik untuk lama berlari 2, 4 dan 6 menit.
 - f. Dengan kecepatan berlari 6 Km/jam, buatlah 3 garis grafik untuk lama berlari 2, 4 dan 6 menit.
 - g. Dengan kecepatan berlari 8 Km/jam, buatlah 3 garis grafik untuk lama berlari 2, 4 dan 6 menit.
2. Apakah yang dapat disimpulkan dari masing-masing grafik tersebut ?

3. Lihatlah apakah walaupun dalam kecepatan yang sama, bila waktu berlarnya berbeda akan didapatkan waktu *recovery* yang berbeda?
4. Lihatlah pula apakah walaupun dengan lama waktu berlari yang sama, bila kecepatan berlarnya berbeda akan mendapatkan waktu *recovery* yang berbeda?
5. Buatlah suatu perbandingan untuk tiap-tiap jenis aktivitas yang memperlihatkan perbedaan temperatur tubuh sebelum dan sesudah aktivitas ?
6. Buatlah rata-rata kecepatan denyut jantung dari tiap aktivitas, kemudian hitunglah secara teoritis waktu *recovery*-nya. Bandingkan dengan hasil percobaan.
7. Buatlah kesimpulan dari percobaan tahap 1 tersebut !

• **Percobaan 2**

1. Buatlah suatu grafik kerja dan *recovery*, dengan jarak sebagai sumbu X (25 meter ke-n) dan kecepatan denyut jantung sebagai sumbu Y. Grafik dibuat untuk setiap jarak tempuh dan setiap beban bawaan, jadi terdapat 6 grafik, yaitu :
 - a. Dengan jarak 200 meter, buatlah 3 garis grafik untuk beban lori 20, 40 dan 60 Kg.
 - b. Dengan jarak 300 meter, buatlah 3 garis grafik untuk beban lori 20, 40 dan 60 Kg.
 - c. Dengan jarak 400 meter, buatlah 3 garis grafik untuk beban lori 20, 40 dan 60 Kg.
 - d. Dengan beban 20 Kg, buatlah 3 garis grafik untuk jarak 200, 300 dan 400 meter.
 - e. Dengan beban 40 Kg buatlah garis grafik untuk jarak 200, 300 dan 400 meter.
 - f. Dengan beban 60 Kg, buatlah 3 garis grafik untuk jarak 200, 300 dan 400 meter.
2. Buatlah suatu grafik kerja dan *recovery*, dengan jarak sebagai sumbu X (30 meter ke-n), dan kecepatan denyut jantung sebagai sumbu Y. grafik dibuat

untuk setiap jarak tempuh dan setiap beban bawaan, jadi terdapat 6 grafik, yaitu :

- a. Dengan jarak 200 meter, buatlah 3 garis grafik untuk beban lori 20, 40, dan 60 Kg.
 - b. Dengan jarak 300 meter, buatlah 3 garis grafik untuk beban lori 20, 40 dan 60 Kg.
 - c. Dengan jarak 400 meter, buatlah 3 garis grafik untuk beban lori 20, 40 dan 60 Kg.
 - d. Dengan beban 20 Kg buatlah 3 garis grafik untuk jarak 200, 300 dan 400 meter.
 - e. Dengan beban 40 Kg buatlah 3 garis grafik untuk jarak 200, 300 dan 400 meter.
 - f. Dengan beban 60 Kg buatlah 3 garis grafik untuk jarak 200, 300 dan 400 meter.
3. Apakah yang dapat disimpulkan dari masing-masing grafik tersebut?
 4. Lihatlah apakah walaupun bebannya sama, bila waktu jaraknya berbeda akan didapatkan waktu *recovery* yang berbeda ?
 5. Lihatlah pula apakah walaupun jaraknya sama, bila bebannya berbeda akan mendapatkan waktu *recovery* yang berbeda ?
 6. Buatlah suatu perbandingan untuk tiap-tiap jenis aktivitas yang memperlihatkan perbedaan temperatur tubuh sebelum dan sesudah beraktivitas.
 7. Buatlah rata-rata kecepatan denyut jantung dari tiap aktivitas, kemudian hitunglah secara teoritis waktu *recovery*-nya. Bandingkan dengan hasil percobaan. Buatlah kesimpulan pada percobaan dua ini !!

• Percobaan 3

1. Buatlah suatu grafik kerja dan *recovery* sekaligus, dengan waktu sebagai sumbu X (30 detik ke n), dan kecepatan denyut jantung sebagai sumbu Y. Grafik dibuat untuk setiap kecepatan dan setiap lamanya beraktivitas. Jadi terdapat 7 grafik yaitu:

- a) Dengan lamanya bersepeda 5 menit, buatlah 2 garis grafik untuk kecepatan 20 dan 50 km/jam, tanpa beban.
 - b) Dengan lamanya bersepeda 10 menit, buatlah 2 garis grafik untuk kecepatan 20 dan 50 km/jam, tanpa beban.
 - c) Dengan kecepatan bersepeda 20 km/jam, buatlah 2 garis grafik untuk lama bersepeda 5 menit dan 10 menit, tanpa beban.
 - d) Dengan kecepatan bersepeda 50 km/jam, buatlah 2 garis grafik untuk lama bersepeda 5 menit dan 10 menit, tanpa beban.
 - e) Dengan lamanya bersepeda 5 menit, buatlah 2 garis grafik untuk kecepatan 20 dan 50 km/jam, dengan beban.
 - f) Dengan lamanya bersepeda 10 menit, buatlah 2 garis grafik untuk kecepatan 20 dan 50 km/jam, dengan beban.
 - g) Dengan kecepatan bersepeda 20 km/jam, buatlah 2 garis grafik untuk lama bersepeda 5 menit dan 10 menit, dengan beban.
 - h) Dengan kecepatan bersepeda 50 km/jam, buatlah 2 garis grafik untuk lama bersepeda 5 menit dan 10 menit, dengan beban.
2. Apakah yang dapat disimpulkan dari masing-masing grafik tersebut?
 3. Lihatlah apakah walaupun dalam kecepatan yang sama apabila waktu bersepeda berbeda akan didapatkan waktu *recovery* yang berbeda, baik dengan beban maupun tanpa beban?
 4. Lihatlah pula apakah walaupun dengan lama waktu bersepeda yang sama, apabila kecepatan bersepedanya berbeda akan mendapatkan waktu *recovery* yang berbeda baik dengan beban atau tanpa beban?
 5. Lihatlah apakah beban mempengaruhi waktu *recovery*?
 6. Buatlah suatu perbandingan untuk tiap-tiap jenis aktivitas yang memperlihatkan perbedaan temperatur tubuh sebelum dan sesudah beraktivitas.
 7. Buatlah rata-rata kecepatan denyut jantung dari tiap aktivitas kemudian hitunglah secara teoritis waktu *recovery*-nya. Bandingkan dengan hasil percobaan.

8. Buatlah kesimpulan dari percobaan 3 ini!

• **Percobaan 4**

1. Buatlah suatu grafik kerja dan recovery sekaligus, dengan waktu sebagai sumbu X (15 detik ke n) dan kecepatan denyut jantung sebagai sumbu Y. Grafik dibuat untuk setiap anggota badan dan setiap beban pembawaannya, jadi terdapat 6 grafik yaitu:
 - a) Dengan memakai anggota badan tangan, buatlah 4 garis grafik untuk beban 1, 2, 3, dan 4 kg.
 - b) Dengan memakai anggota badan kaki, buatlah 4 garis grafik untuk beban 1, 2, 3, dan 4 kg.
 - c) Dengan beban pembawaan 1 kg buatlah 2 garis grafik untuk anggota badan tangan dan kaki.
 - d) Dengan beban pembawaan 2 kg buatlah 2 garis grafik untuk anggota badan tangan dan kaki.
 - e) Dengan beban pembawaan 3 kg buatlah 2 garis grafik untuk anggota badan tangan dan kaki.
 - f) Dengan beban pembawaan 4 kg buatlah 2 garis grafik untuk anggota badan tangan dan kaki.
2. Apakah yang dapat disimpulkan dari masing-masing grafik?
3. Lihatlah apakah walaupun dalam beban yang sama, bila anggota yang dipakai berbeda maka akan didapatkan waktu *recovery* yang berbeda?
4. Lihatlah pula apakah walaupun dengan anggota yang digunakan sama, apabila bebannya berbeda akan mendapatkan waktu *recovery* yang berbeda?
5. Buatlah suatu perbandingan untuk tiap-tiap jenis aktivitas, yang memperlihatkan perbedaan temperatur tubuh sebelum dan sesudah beraktivitas?
6. Buatlah rata-rata kecepatan denyut jantung dari tiap aktivitas, kemudian hitunglah secara teoritis waktu *recovery*-nya. Bandingkan dengan hasil percobaan.
7. Buatlah kesimpulan dari percobaan 4 ini!

1.7 Output Penulisan

1. Melengkapi pengetahuan dan keterampilan mahasiswa dalam praktikum pengukuran kerja fisiologis sebagai pelengkap dan pendukung mata kuliah Analisa dan Perancangan Kerja 2.
2. Mampu membuat grafik yang menghubungkan antara intensitas beban kerja (lari pada kecepatan tertentu) dengan *Heart Rate* dan lama waktu pemulihan (*recovery period*)
3. Mampu menghitung lama waktu istirahat total (*total rest time*)
4. Mampu menghitung besarnya *energy expenditure* pada suatu pekerjaan tertentu berdasarkan intensitas *Heart Rate*
5. Mampu menentukan besar beban kerja untuk pekerjaan tertentu

MODUL 2

ANTROPOMETRI

(2 X Pertemuan)

2.1 Tujuan

Tujuan dari praktikum Antropometri adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui dan memahami tatacara pengukuran antropometri.
2. Membekali praktikan dengan konsep-konsep mengenai perancangan suatu sistem kerja/produk, yang berhubungan dengan data-data atau informasi mengenai sifat, keterbatasan dan kemampuan manusia.
3. Menganalisa, menilai dan memperbaiki serta merancang suatu sistem kerja yang berhubungan dengan manusia sebagai pemakai.

4.

2.2 Landasan Teori

Pengertian Anthropometri

Dilihat dari sisi rekayasa, informasi hasil penelitian ergonomi dapat dikelompokkan ke dalam lima bidang penelitian yaitu : (Sutaaksana, *Teknik tata cara kerja*)

- Anthropometri
- Biomekanika
- Fisiologi
- Pengindraan
- Lingkungan Fisik Kerja

Antropometri adalah suatu studi yang berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam proses perencanaan (*design*) produk maupun sistem kerja yang memerlukan interaksi manusia. Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal :

- Perancangan areal kerja
- Perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas (*tools*) dan sebagainya.
- Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian , kursi, meja, komputer dan lain-lain.
- Perancangan lingkungan kerja fisik.

Antropometri dibagi dalam dua bagian yaitu :

1. Antropometri statis, dimana pengukuran dilakukan pada saat tubuh dalam keadaan diam/posisi diam/ tidak bergerak.
2. Antropometri dinamis, dimana dimensi tubuh diukur dalam berbagai posisi tubuh yang sedang bergerak.

Dimensi yang diukur pada antropometri statis diambil secara *linear* (lurus) dan dilakukan pada permukaan tubuh. Agar hasilnya dapat representatif , maka pengukuran harus dilakukan dengan metode tertentu terhadap individu.

Faktor-faktor yang mempengaruhi dimensi tubuh manusia diantaranya :

1. Umur

Seperti diketahui bersama bahwa manusia tumbuh sejak lahir hingga kira-kira berumur 20 tahun untuk pria dan 17 tahun untuk wanita. Pada saat tersebut ukuran tubuh manusia tetap dan cenderung untuk menyusut setelah kurang lebih berumur 60 tahun.

2. Jenis Kelamin

Jenis kelamin manusia yang berbeda akan mengakibatkan dimensi anggota tubuhnya berbeda. Perbedaan dimensi tubuh ini dikarenakan fungsi yang berbeda.

3. Suku bangsa

Suku bangsa juga memberikan ciri khas mengenai dimensi tubuhnya. Ekstrimnya orang Eropa merupakan etnis kaukasoid berbeda dengan orang Indonesia yang merupakan Etnis Mongoloid. Kecenderungan dimensi tubuh manusia yang termasuk Etnis Kaukasoid lebih panjang bila dibandingkan dengan dimensi tubuh manusia yang termasuk etnis Mongoloid.

4. Jenis pekerjaan atau latihan

Suatu sifat dasar otot manusia, dimana bila otot tersebut sering dipekerjakan akan mengakibatkan otot tersebut bertambah lebih besar. Misalnya : dimensi seorang buruh pabrik. Dimensi seorang binaragawan dan sebagainya.

Untuk mengukur antropometri dinamis , terdapat tiga kelas pengukuran, yaitu (1) Pengukuran tingkat keterampilan sebagai pendekatan untuk mengerti keadaan mekanis dari suatu aktifitas, contohnya mempelajari performansi seseorang, (2) Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan saat bekerja dan (3) Pengukuran variabilitas kerja.

Perancangan Produk / alat.

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik sistem fisik maupun non fisik yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada.

Perancangan suatu alat termasuk dalam metode teknik, dengan demikian langkah-langkah pembuatan perancangan akan mengikuti metode teknik. Merris Asimov menerangkan bahwa perancangan teknik adalah suatu aktivitas dengan maksud tertentu menuju kearah tujuan dari pemenuhan kebutuhan manusia, terutama yang dapat diterima oleh faktor teknologi peradaban kita. Dari definisi tersebut terdapat tiga hal yang harus diperhatikan dalam perancangan yaitu : 1) aktifitas dengan maksud tertentu, 2) sasaran pada pemenuhan kebutuhan manusia dan 3) berdasarkan pada pertimbangan teknologi,

Dalam membuat suatu perancangan produk atau alat, perlu mengetahui karakteristik perancangan dan perancangannya. Beberapa karakteristik perancangan adalah sebagai berikut :

1. Berorientasi pada tujuan
2. Variform

Suatu anggapan bahwa terdapat sekumpulan solusi yang mungkin terbatas, tetapi harus dapat memilih salah satu ide yang diambil.

3. Pembatas

Dimana pembatas ini membatasi jumlah solusi pemecahan diantaranya :

- Hukum alam seperti ilmu fisika, ilmu kimia dan seterusnya.
- Ekonomis ; pembiayaan atau ongkos dalam meralisir rancangan yang telah dibuat
- Perimbangan manusia ; sifat, keterbatasan dan kemampuan manusia dalam merancang dan memakainya.
- Faktor-faktor legalisasi; mulai dari model, bentuk sampai hak cipta.
- Fasilitas produksi: sarana dan prasarana yang dibutuhkan untuk menciptakan rancangan yang telah dibuat.
- Evolutif; berkembang terus/ mampu mengikuti perkembangan jaman.
- Perbandingan nilai: membandingkan dengan tatanan nilai yang telah ada.

Sedangkan karakteristik perancang merupakan karakteristik yang harus dipunyai oleh seorang perancang antara lain:

1. Mempunyai kemampuan untuk mengidentifikasi masalah.
2. Memiliki Imajinasi untuk meramalkan masalah yang mungkin akan timbul.
3. Berdaya cipta.
4. Mempunyai kemampuan untuk menyederhanakan persoalan.
5. Mempunyai keahlian dalam bidang Matematika, Fisika atau Kimia tergantung dari jenis rancangan yang dibuat.
6. Dapat mengambil keputusan terbaik berdasarkan analisa dan prosedur yang benar.
7. Mempunyai sifat yang terbuka (*open minded*) terhadap kritik dan saran dari orang lain.

Proses perancangan yang merupakan tahapan umum teknik perancangan dikenal dengan sebutan **NIDA**, yang merupakan kepanjangan dari *Need, Idea, Decision* dan *Action*. Artinya tahap pertama seorang perancang menetapkan dan mengidentifikasi kebutuhan (*need*). Sehubungan dengan alat atau produk yang harus dirancang. Kemudian dilanjutkan dengan pengembangan ide-ide (*idea*) yang akan melahirkan berbagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan tadi dilakukan suatu penilaian dan penganalisaan terhadap berbagai alternatif yang ada, sehingga perancang akan dapat memutuskan (*decision*) suatu alternatif yang terbaik. Dan pada akhirnya dilakukan suatu proses pembuatan (*Action*). Perancangan suatu peralatan kerja dengan berdasarkan data antropometri pemakainya bertujuan untuk mengurangi tingkat kelelahan kerja, meningkatkan performansi kerja dan meminimasi potensi kecelakaan kerja (Mustafa, Pulat, *Industrial ergonomics case studies*, 1992)

Tahapan perancangan sistem kerja menyangkut *work space design* dengan memperhatikan faktor antropometri secara umum adalah (Roebuck, 1995):

1. Menentukan kebutuhan perancangan dan kebutuhannya (*establish requirement*).
2. Mendefinisikan dan mendeskripsikan populasi pemakai.

3. Pemilihan sampel yang akan diambil datanya.
4. Penentuan kebutuhan data (dimensi tubuh yang akan diambil).
5. Penentuan sumber data (dimensi tubuh yang akan diambil) dan pemilihan persentil yang akan dipakai.
6. Penyiapan alat ukur yang akan dipakai.
7. Pengambilan data.
8. Pengolahan data
9. Visualisasi rancangan.

Hasil rancangan yang dibuat dituntut dapat memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi si pemakai. Oleh karena itu rancangan yang akan dibuat harus memperhatikan faktor manusia sebagai pemakainya.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam membuat suatu rancangan selain faktor manusia antara lain :

1. Analisa Teknik
Banyak berhubungan dengan ketahanan, kekuatan, kekerasan dan seterusnya.
2. Analisa Ekonomi
Berhubungan perbandingan biaya yang harus dikeluarkan dan manfaat yang akan diperoleh.
3. Analisa Legalisasi
Berhubungan dengan segi hukum atau tatanan hokum yang berlaku dan dari hak cipta.
4. Analisa Pemasaran
Berhubungan dengan jalur distribusi produk / hasil rancangan sehingga dapat sampai kepada konsumen.
5. Analisa Nilai

Analisa nilai pertama kali didefinisikan oleh L.D. Miles dari General Electric (AS, 1940), yaitu suatu prosedur untuk mengidentifikasi ongkos-ongkos yang tidak ada gunanya. Kemudian pengertian ini berkembang sesuai

dengan perkembangan tuntutan jaman. Seperti yang dikemukakan oleh C.M. Walsh yang membagi analisa nilai menjadi 4 katagori, yaitu :

1. *Uses Value*
Berhubungan dengan nilai kegunaan
2. *Esteem Value*
Berhubungan dengan nilai keindahan atau estetika.
3. *Cost Value*
Berhubungan dengan pembiayaan
4. *Excange Value*
Berhubungan dengan kemampuan tukar.

Terdapat tiga tipe perancangan, yaitu :

1. Perancangan untuk pemakaian nilai ekstrem
Data dengan persentil ekstrim minimum 5% dan ekstrim maksimum 95%.
2. Perancangan untuk pemakaian rata-rata
Data dengan persentil 50 %.
3. Perancangan untuk pemakaian yang disesuaikan (*adjustable*)

2.3 Soal-soal Test Pendahuluan

Berikut contoh soal-soal yang diberikan pada saat test pendahuluan.

1. Jelaskan pengertian antropometri !
2. Sebutkan dan jelaskan pembagian antropometri !
3. Sebutkan dan jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi dimensi tubuh manusia !
4. Apakah yang dimaksud dengan perancangan ?
5. Sebutkan karakteristik dari perancangan !
6. Sebutkan karakteristik yang harus dimiliki seorang perancang !

2.4 Peralatan yang dibutuhkan :

1. Kursi antropometri duduk
2. Alat ukur tinggi antropometri berdiri

3. Meteran kain
4. Timbangan badan
5. Lembar pengamatan

2.5 Prosedur Praktikum

Langkah-langkah dalam melakukan praktikum pengukuran Antropometri adalah sebagai berikut :

1. **Dengan menggunakan alat-alat yang telah disediakan, ukurlah dimensi-dimensi tubuh manusia.**
2. **Untuk memudahkan pengamatan, gambar antropometri bisa dilihat di lampiran dengan keterangan sebagai berikut :**
 - Lampiran 1,2,3,4,5 menunjukkan gambar pengukuran antropometri pada masing-masing anggota tubuh manusia.
 - Lampiran 6,7 menunjukkan gambar pengukuran antropometri lainnya pada saat duduk dan berdiri.
 - Lampiran 8 menunjukkan gambar pengukuran jari tangan dan pengukuran data untuk Antropometri Dinamis
 - Lampiran 9 menunjukkan gambar ukuran dalam perancangan ruang kendaraan.
 - Lampiran 10,11 menunjukkan ukuran umum tubuh wanita dewasa dengan persentil 2,5 %, 50 %, dan 97,5%.
 - Lampiran 12,13 menunjukkan ukuran umum tubuh pria dewasa dengan persentil 2,5 %, 50 %, dan 97,5%.
3. **Catatlah hasil pengukuran pada lembar pengamatan sebagai berikut :**

Lembar Pengamatan Pengukuran Data Antropometri Statis

Nama :

Umur :

Jenis Kelamin :

Suku Bangsa :

No	Data yang diukur	Simbol	Hasil Pengukuran (cm)
1	Tinggi duduk tegak	Tdt	
2	Tinggi duduk normal	Tdn	
3	Tinggi bahu duduk	Tbd	
4	Tinggi mata duduk	Tmd	
5	Tinggi siku duduk	Tsd	
6	Tinggi sandaran punggung	Tsp	
7	Tinggi pinggang	Tpg	
8	Tebal perut duduk	Tpd	
9	Tebal paha	Tp	
10	Tinggi popliteal	Tpo	
11	Pantat popliteal	pp	
12	Pantat ke lutut	Pkl	
13	Lebar bahu	Lb	
14	Lebar sandaran duduk	Lsd	
15	Lebar pinggul	Lp	
16	Lebar pinggang	Lpg	
17	Siku ke siku	Sks	
18	Tinggi badan tegak	Tbt	
19	Tinggi mata berdiri	Plb	
20	Tinggi bahu berdiri	Tbb	
21	Tinggi siku berdiri	Tsb	
22	Tinggi pinggang berdiri	Tpgb	
23	Tinggi lutut berdiri	Tlb	
24	Panjang lengan bawah	Plb	
25	Tebal dada berdiri	Tdb	
26	Tebal perut berdiri	Tpb	

27	Berat badan	Bb	
28	Jangkauan tangan ke atas	Jtk	
29	Jangkauan tangan ke depan	Jktd	
30	Rentangan tangan	Rt	
31	Panjang jari 1,2,3,4,5	Pj	
32	Pangkal ke tangan	Pkt	
33	Lebar jari 2,3,4,5	Lj	
34	Lebar tangan	Lt	

Lembar Pengamatan Pengukuran Data Antropometri Dinamis

No	Data Yang Diukur	Simbol	Hasil Pengukuran (cm)
1.	Putaran lengan	Pl	
2.	Putaran telapak tangan	Ptt	
3.	Sudut telapak kaki	Stk	

Keterangan :

1. **Tinggi tubuh tegak** : Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung atas kepala. Subjek duduk tegak dengan memandang lurus ke depan dan lutut membentuk sudut siku-siku. (Lihat gambar di lampiran)
2. **Tinggi duduk normal** : Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung atas kepala. Subjek duduk normal dengan memandang lurus ke depan dan lutut membentuk sudut siku-siku. (Lihat gambar di lampiran)
3. **Tinggi bahu duduk** : Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung tulang bahu yang menonjol pada saat subjek duduk tegak. (Lihat gambar di lampiran)
4. **Tinggi mata duduk** : Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung mata bagian dalam. Subjek duduk tegak dengan mata memandang lurus ke depan. (Lihat gambar di lampiran)
5. **Tinggi siku duduk** : Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung bawah siku kanan. Subjek duduk tegak dengan lengan atas vertikal di

sisi badan dan lengan bawah membentuk sudut siku-siku dengan lengan bawah. (Lihat gambar di lampiran)

6. **Tinggi sandaran punggung** : Subjek duduk tegak, ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai pucuk belikat bawah.
7. **Tinggi pinggang** : Subjek duduk tegak, ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai pinggang.
8. **Tebal perut duduk** : Subjek duduk tegak, ukur jarak samping dari belakang perut sampai ke depan perut.
9. **Tebal paha** : Subjek duduk tegak , ukur jarak dari permukaan alas duduk sampai ke permukaan atas pangkal paha. (Lihat gambar di lampiran)
10. **Tinggi popliteal** : ukur jarak vertikal dari lantai sampai bagian bawah paha. (Lihat gambar di lampiran)
11. **Pantat popliteal** : subjek duduk tegak. Ukur jarak horizontal dari bagian terluar pantat sampai lekukan lutut sebelah dalam popliteal. Paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku. (Lihat gambar di lampiran)
12. **Pantat ke lutut** : Subjek duduk tegak. Ukur jarak horizontal dari bagian terluar pantat sampai ke lutut. Paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku. (Lihat gambar di lampiran)
13. **Lebar bahu** : Ukur jarak horizontal antara kedua lengan atas. Subjek duduk tegak dengan lengan atas merapat ke badan dan lengan bawah direntangkan ke depan. (Lihat gambar di lampiran)
14. **Lebar sandaran Duduk** : Ukur jarak horizontal dari bagian terluar pinggul sisi kiri sampai bagian terluar pinggul sisi kanan.
15. **Lebar Pinggang** : Subjek duduk tegak. ukur jarak horizontal dari bagian terluar pinggang sisi kiri sampai bagian terluar sisi kanan.
16. **Siku ke siku** : Subjek duduk tegak dengan lengan atas merapat ke badan dan lengan bawah direntangkan ke depan. Ukur jarak horizontal dari bagian terluar siku sisi kiri sampai bagian terluar siku sisi kanan.
17. **Tinggi badan tegak** : Jarak vertikal telapak kaki sampai ujung kepala yang paling atas. Sementara subjek berdiri tegak dengan mata memandang lurus ke depan. (Lihat gambar di lampiran)

18. **Tinggi Mata Berdiri** : Ukur jarak vertikal dari lantai sampai ujung mata bagian dalam (dekat pangkal hidung). Subjek berdiri tegak dan memandang lurus ke depan.
19. **Tinggi Bahu Berdiri** : Ukur jarak vertikal dari lantai sampai bahu yang menonjol pada saat subjek berdiri tegak. (Lihat gambar di lampiran)
20. **Tinggi Siku berdiri** : Ukur jarak vertikal dari lantai ke titik pertemuan antara lengan atas dan lengan bawah. Subjek berdiri tegak dengan kedua tangan bergantung secara wajar.
21. **Tinggi pinggang berdiri** : Ukur jarak vertikal lantai sampai pinggang pada saat subjek berdiri tegak.
22. **Tinggi lutut berdiri** : Ukur jarak vertikal lantai sampai lutut pada saat subjek berdiri tegak.
23. **Panjang lengan bawah** : Subjek berdiri tegak tangan disamping, ukur jarak dari siku sampai pergelangan tangan.
24. **Tebal dada berdiri** : Subjek berdiri tegak ukur jarak dari dada (bagian ulu hati) sampai punggung secara horizontal.
25. **Tebal perut berdiri** : Subjek berdiri tegak ukur menyamping jarak dari perut depan sampai perut belakang secara horizontal.
26. **Berat badan** : Menimbang berat badan dengan posisi normal diatas timbangan badan.
27. **Jangkauan tangan ke atas** : Subjek berdiri tegak, tangan diacungkan lurus ke atas. Ukur dari ujung jari tangan sampai pangkal lengan.
28. **Jangkauan tangan ke depan** : Ukur jarak horizontal dari punggung sampai ujung jari tengah. Subjek berdiri tegak dengan betis, pantat dan punggung merapat ke dinding. Tangan direntangkan ke depan. (Lihat gambar di lampiran)
29. **Rentangan tangan** : Ukur jarak horizontal dari ujung jari terpanjang tangan kiri sampai ujung jari terpanjang tangan kanan. Subjek berdiri tegak dan kedua tangan direntangan horizontal ke samping sejauh mungkin.
30. **Panjang jari 1,2,3,4,5** : diukur dari masing-masing pangkal ruas jari sampai ujung jari. Jari-jari subjek merentang lurus dan sejajar.

31. **Pangkal ke tangan** : diukur dari pangkal pergelangan tangan sampai pangkal ruas jari. Lengan bawah sampai telapak tangan subjek lurus.
 32. **Lebar Jari 2,3,4,5** : diukur dari sisi luar jari telunjuk sampai sisi luar jari kelingking. Jari-jari subjek lurus dan merapat satu sama lain.
 33. **Lebar tangan** : Diukur dari sisi luar ibu jari sampai sisi luar jari kelingking.
 34. **Putaran lengan** : ukur sudut putaran lengan tangan bagian bawah dari posisi awal sampai ke putaran maksimum. Posisi awal, lengan tangan bagian bawah ditekuk ke kiri semaksimal mungkin. Kemudian putar dari posisi awal ke kiri sejauh mungkin.
 35. **Putaran telapak tangan** : Ukur sudut putaran cengkraman jari tangan. Posisi awal, Jari-jari mencengkram batang tengah busur. Kemudian diputar ke kanan sejauh mungkin (pergelangan dan lengan tangan tetap diam). Lalu dengan cara yang sama diputar ke kiri sejauh mungkin.
 36. **Sudut telapak kaki** : Ukur sudut putaran telapak kaki. Posisi awal, telapak kaki siku-siku dengan betis, kemudian diputar ke bawah sejauh mungkin. Kaki kembali ke posisi awal, lalu ujung kaki dinaikan setinggi mungkin. Total putaran vertikal telapak kaki adalah $\beta = \beta_1 + \beta_2$
4. **Ujilah masing-masing data yang telah didapat (uji normal, uji seragam dan uji normal), kemudian hitunglah persentilnya 5%, 50% dan 95%.**
 5. **Dengan menggunakan data-data yang diperoleh, rancanglah suatu alat bantu yang dibutuhkan manusia dengan mempertimbangkan aspek-aspek yang harus diperhatikan dalam melakukan perancangan.**
 6. **Bila alat bantu tersebut belum pernah ada, analisislah keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dengan adanya alat tersebut.**
 7. **Bila alat bantu tersebut sudah ada, analisislah apakah rancangan saudara mempunyai nilai tambah bila dibandingkan dengan alat bantu sejenis.**

2.6 Output Penulisan

Adapun out put yang diharapkan dari penulisan laporan antropometri ini adalah :

1. Mahasiswa memperoleh data hasil pengukuran antropometri sesuai dengan tatacara pengukuran dan mengisi tabel pengamatan data antropometri
2. Mahasiswa diharapkan membuat analisa, menilai dan memperbaiki serta merancang suatu sistem kerja yang berhubungan dengan manusia sebagai pemakai
3. Mahasiswa mempunyai pengetahuan yang lebih dalam tentang konsep-konsep mengenai perancangan suatu sistem kerja/produk, yang berhubungan dengan data-data atau informasi mengenai sifat, keterbatasan dan kemampuan manusia..

MODUL 3

PERANCANGAN LINGKUNGAN FISIK KERJA

(3 x Pertemuan)

3.1 Tujuan

Praktikum Perancangan Lingkungan Fisik Kerja bertujuan:

1. Meneliti pengaruh faktor temperatur terhadap keberhasilan kerja.
2. Meneliti pengaruh faktor tingkat pencahayaan terhadap keberhasilan kerja.
3. Meneliti pengaruh faktor warna cahaya terhadap keberhasilan kerja.
4. Meneliti pengaruh faktor tingkat kebisingan terhadap keberhasilan kerja.

3.2 Landasan Teori

Kehidupan manusia di dunia ini tidak terlepas dari adanya faktor kerja. Setiap hari manusia melakukan kerja, dengan tujuan untuk melangsungkan hidupnya. Lehmann (1953); seorang ilmuwan mendefinisikan kerja sebagai semua aktivitas yang secara sengaja dan berguna dilakukan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, baik sebagai individu maupun sebagai umat manusia secara keseluruhan.

Seringkali manusia dalam bekerja tidak berfikir bahwa apakah pekerjaan yang dikerjakannya dilakukan dengan benar, tepat dan aman, serta mendapatkan produktivitas yang optimal. Manusia sebagai pekerja cenderung langsung untuk mengerjakan apa yang ada dihadapannya, tanpa memikirkan faktor-faktor apa yang bisa menghambat atau mendukung keberhasilan pekerjaannya.

Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam sistem kerja antara lain: faktor manusia, faktor bahan/material, faktor alat atau mesin dan faktor lingkungan fisik kerja. Dari ke empat faktor tersebut, faktor lingkungan fisik kerja sering kali diabaikan, padahal faktor lingkungan fisik kerja ini turut menunjang keberhasilan kerja. Yang nantinya akan mempengaruhi kondisi fisik dan kondisi psikis pekerja dalam melakukan pekerjaannya.

Adakah perbedaan yang signifikan, seorang pekerja bekerja dalam lingkungan fisik yang dingin dengan yang panas? Atau, seorang pekerja bekerja dalam lingkungan fisik yang agak gelap atau terlalu terang? Atau, seorang pekerja

bekerja dalam lingkungan kerja yang terlalu hening atau terlalu bising? Berapa standar optimal temperatur, tingkat pencahayaan dan tingkat kebisingan untuk melakukan suatu pekerjaan? Hal-hal inilah yang perlu diamati dan dianalisa, sehingga kita mampu menciptakan suatu lingkungan fisik yang benar-benar menunjang keberhasilan suatu pekerjaan.

3.3 Tugas Pendahuluan

1. Sebutkan kondisi lingkungan fisik yang mempengaruhi performansi kerja?
2. Jelaskan perbedaan kebisingan internal dengan kebisingan eksternal dan berikan contohnya masing – masing?
3. Berapakah range tingkat kebisingan normal yang dapat didengar oleh manusia?
4. Apa yang dimaksud dengan *heat acclimatization* dan sebutkan tandatandanya?
5. Jelaskan tiga aspek yang menentukan kualitas bunyi yang bisa menentukan tingkat gangguan terhadap manusia?

3.4 Peralatan Yang Digunakan

Dalam praktikum ini, alat-alat dan bahan yang digunakan adalah:

- Ruang Iklim (*Climatic Chamber*)
- Set kartu perak dan warna
- *Lux meter*
- *Sound level meter*

3.5 Pelaksanaan Praktikum

A. Prosedur Penelitian I (Dengan set kartu perak – B)

1. Tetapkan seseorang sebagai orang yang akan diteliti / operator (OP = orang percobaan), yang tidak mempunyai cacat mata.
2. Tetapkan dua orang, masing-masing sebagai pengamat pekerjaan dan penghitung waktu. Pengamat mengambil salah satu paket deteksi (*detection card*) dan kunci jawabannya.
3. Atur kondisi ruangan dengan ketentuan sebagai berikut:
Kondisi 1 Suhu ruangan 18 derajat Celcius
 Tingkat pencahayaan 2 Lux
 Warna cahaya putih
 Tingkat kebisingan 60 dB
4. Setelah kondisi ruangan tercapai, operator, pengamat dan pencatat waktu memasuki ruangan, dan duduk di kursi yang telah ditentukan.
5. Operator meletakkan tumpukan kartu deteksi dalam keadaan terbalik diatas meja. (menghadap ke bawah).
6. Penghitung waktu menentukan waktu pengamatan tiap 10 detik dan memberitahunya kepada operator melalui bel. (sebagai tanda memulai dan tanda berakhir).
7. Pada saat penghitung waktu menekan bel tanda memulai, operator membalikkan kartu pertama dan mulai menghitung jumlah image yang terdeteksi, sampai terdengar bel tanda berakhir, Kemudian, operator menyebutkan jumlah image yang telah diidentifikasi.
8. Pengamat mencocokkan hasil identifikasi operator dengan kunci jawaban yang ada.
9. Ulangi langkah 6 sampai dengan langkah 8 sampai keseluruhan kartu terdeteksi.
10. Ulangi langkah 5 sampai dengan langkah 9 untuk set kartu yang berbeda. (Total 5 set).
11. Ulangi lagi langkah 4 sampai dengan langkah 9 dengan kondisi lingkungan fisik yang berbeda, dengan ketentuan

Kondisi 2

- Suhu ruangan 18 derajat Celcius
- Tingkat pencahayaan 2 Lux
- Warna cahaya putih
- Tingkat kebisingan 100 dB

Kondisi 3

- Suhu ruangan 18 derajat Celcius
- Tingkat pencahayaan 50 Lux
- Warna cahaya putih
- Tingkat kebisingan 60 dB

Kondisi 4

- Suhu ruangan 18 derajat Celcius
- Tingkat pencahayaan 50 Lux
- Warna cahaya putih
- Tingkat kebisingan 100 dB

Kondisi 5

- Suhu ruangan 30 derajat Celcius
- Tingkat pencahayaan 2 Lux
- Warna cahaya putih
- Tingkat kebisingan 60 dB

Kondisi 6

- Suhu ruangan 30 derajat Celcius
- Tingkat pencahayaan 2 Lux
- Warna cahaya putih
- Tingkat kebisingan 100 dB

Kondisi 7

- Suhu ruangan 30 derajat Celcius
- Tingkat pencahayaan 50 Lux
- Warna cahaya putih
- Tingkat kebisingan 60 dB

Kondisi 8

- Suhu ruangan 30 derajat Celcius
- Tingkat pencahayaan 50 Lux
- Warna cahaya putih
- Tingkat kebisingan 100 dB

Bahan Analisa Penelitian I

1. Olah data-data yang telah didapatkan dengan uji hipotesa statistik.
2. Analisalah, apakah kondisi temperatur 18 derajat celcius sama dengan kondisi temperatur 30 derajat Celcius.
3. Analisalah, apakah kondisi tingkat pencahayaan 2 Lux sama dengan kondisi pencahayaan 50 Lux.
4. Analisalah, apakah kondisi tingkat kebisingan 60 dB sama dengan kondisi tingkat kebisingan 100dB.
5. Analisalah, apakah warna pencahayaan mempunyai dampak yang sama.

Lembar Pengamatan Penelitian I

Nama Operator :
 Nama Pengamat :
 Tempreatur :
 Tingkat Pencahayaan :
 Warna cahaya :
 Tingkat kebisingan :

Pencahayaan 2 Lux		Pencahayaan 50 Lux	
Kebisingan	Kebisingan	Kebisingan	Kebisingan

	60 dB	100 dB	60 dB	100 dB
Temperatur 18°C				
Temperatur 30°C				

Tiap sel diisi jumlah salah tiap paket/kondisi

Prosedur Penelitian II (Dengan set kartu berwarna – A)

1. Tetapkan seseorang sebagai orang yang akan diteliti / operator (OP = orang percobaan), yang tidak mempunyai cacat mata.
2. Tetapkan dua orang, masing-masing sebagai pengamat pekerjaan dan penghitung waktu. Pengamat mengambil salah satu paket kartu deteksi (*detection card*) dan kunci jawabannya.
3. Atur kondisi ruangan sesuai dengan kenyamanan operator (Suhu, Pencahayaan dan Tingkat Kebisingan), kemudian nyalakan lampu sorot warna merah.
4. Setelah kondisi ruangan tercapai, operator, pengamat dan pencatat waktu memasuki ruangan, dan duduk di kursi yang telah ditentukan.
5. Operator meletakkan tumpukan kartu deteksi dalam keadaan terbalik di atas meja. (menghadap ke bawah).
6. Penghitung waktu menentukan waktu pengamatan tiap 5 detik dan memberitahunya kepada operator melalui bel. (sebagai tanda mulai dan berakhir).
7. Pada saat penghitung waktu menekan bel tanda memulai, operator membalikkan kartu pertama dan mulai mengidentifikasi warna yang

terdeteksi, sampai terdengar bel tanda berakhir. Kemudian, operator menyebutkan warna yang telah diidentifikasi, masing-masing untuk 5 detik pertama adalah jumlah image warna merah, 5 detik kedua adalah image warna biru, 5 detik ketiga adalah jumlah image warna hijau dan 5 detik terakhir adalah jumlah image warna kuning.

8. Pengamat mencocokkan hasil identifikasi operator dengan kunci jawaban yang ada.
9. Ulangi langkah 6 sampai dengan langkah 8 sampai keseluruhan kartu deteksi.
10. Ulangi langkah 5 sampai dengan langkah 9 untuk set kartu yang berbeda. (Total 5 set).
11. Ulangi lagi langkah 3 sampai dengan langkah 9 dengan kondisi lampu sorot yang berbeda. Yaitu Biru, Hijau dan Kuning.

Bahan Analisa Penelitian II

1. Olah data-data yang telah didapatkan dengan uji hipotesa statistik.
2. Analisalah, kondisi yang bagaimana yang memperlihatkan tingkat kesalahan yang paling sering.
3. Analisalah, apakah warna pencahayaan dan warna image yang berbeda mempunyai dampak yang berbeda pula.
4. Karena warna dasar kartu deteksi berwarna putih, maka bisa dipadankan menjadi warna background. Analisalah, tingkat efektivitas penglihatan berdasarkan warna image dan warna background yang berbeda.

Lembar Pengamatan Penelitian II

Nama Operator :

Nama Pengamat :

Temperatur :

Tingkat Pencahayaan :

Tingkat kebisingan :

Warna Lampu	Warna Image			
	Merah	Biru	Hijau	Kuning

Merah				
Biru				
Hijau				
Kuning				

Tiap baris diisi dengan jumlah image yang teridentifikasi salah dalam tiap sel kartu. (Berapa kali salah dalam satu set kartu)

Uji Hipotesa

Langkah-langkah pengolahan dan interpretasi data hasil eksperimen Penelitian I

1. Uji hipotesis yang akan dilakukan untuk menguji perbedaan tiap perlakuan pada eksperimen adalah menurut persamaan berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_{ijl} + \varepsilon_{m(ijk)}$$

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + B_j + CB_{ij} + T_k + CT_{ik} + BT_{jk} + CBT_{ijk} + \varepsilon_{m(ijk)}$$

dimana:

i = jumlah perlakuan pencahayaan (a)

j = jumlah perlakuan kebisingan (b)

- k = jumlah perlakuan temperatur (c)
 Y_{ijk} = hasil eksperimen
 τ_{ijk} = efek dari perlakuan dalam eksperimen
 $\varepsilon_{m(ijk)}$ = error dalam tiap perlakuan dalam eksperimen
 A_i = efek dari perlakuan pencahayaan
 B_j = efek dari perlakuan kebisingan
 C_k = efek dari perlakuan temperatur
 AB_{ij} = efek interaksi perlakuan pencahayaan dengan kebisingan
 AC_{ik} = efek interaksi perlakuan pencahayaan dengan temperatur
 BC_{jk} = efek interaksi perlakuan kebisingan dengan temperatur
 ABC_{ijk} = efek interaksi perlakuan pencahayaan dengan temperatur dan kebisingan

2. Untuk tiap jenis eksperimen dihitung sub jumlahnya dan total jumlah keseluruhan, seperti pada tabel berikut:

	Pencahayaan 2 Lux		Pencahayaan 50 Lux		Jumlah
	Kebisingan 60 dB	Kebisingan 100 dB	Kebisingan 60 dB	Kebisingan 100 dB	$T_{..1} = T_{111} + T_{121}$
Temperatur 18 ⁰ C					$+ T_{211} + T_{221}$

Jumlah	$T_{111} = \sum_1^n Y_{111}$	$T_{121} = \sum_1^n Y_{121}$	$T_{211} = \sum_1^n Y_{211}$	$T_{221} = \sum_1^n Y_{221}$	
Temperatur 30° C					$T_{..2} = T_{112} + T_{122}$
					$+ T_{212} + T_{222}$
Jumlah	$T_{112} = \sum_1^n Y_{112}$	$T_{122} = \sum_1^n Y_{122}$	$T_{212} = \sum_1^n Y_{212}$	$T_{222} = \sum_1^n Y_{222}$	
jumlah	$T_{11.} =$ $T_{111} + T_{112}$	$T_{12.} =$ $T_{121} + T_{122}$	$T_{21.} =$ $T_{211} + T_{212}$	$T_{22.} =$ $T_{221} + T_{222}$	$T_{...} = T_{..1} + T_{..2}$ $= T_{11.} + T_{12.}$ $+ T_{21.} + T_{22.}$

3. Hitung jumlah untuk tiap perlakuan yang sama:

$$T_{i..}^2 = T_{1..}^2 + T_{2..}^2 = (T_{111} + T_{112} + T_{121} + T_{122})^2 + (T_{211} + T_{221} + T_{212} + T_{222})^2$$

$$T_{.j.}^2 = T_{.1.}^2 + T_{.2.}^2 = (T_{111} + T_{112} + T_{211} + T_{212})^2 + (T_{121} + T_{122} + T_{221} + T_{222})^2$$

$$T_{.k.}^2 = T_{..1}^2 + T_{..2}^2 = (T_{111} + T_{121} + T_{211} + T_{221})^2 + (T_{112} + T_{122} + T_{212} + T_{222})^2$$

4. Buat tabel ANOVA sebagai berikut:

Sumber	Derajat Kebebasan	Sum Square (SS)	Mean Square
Pencahayaan C_i	a-1	$\sum_i \frac{T_{i..}^2}{nbc} - \frac{T_{...}^2}{nabc}$	$\frac{SS_{C_i}}{df_{C_i}}$
Kebisingan B_j	b-1	$\sum_j \frac{T_{.j.}^2}{nac} - \frac{T_{...}^2}{nabc}$	$\frac{SS_{B_j}}{df_{B_j}}$
Interaksi Pencahayaan dengan Kebisingan CB_{ij}	(a-1)(b-1)	$\sum_i \sum_j \frac{T_{ij.}^2}{nc} - \frac{T_{...}^2}{nabc} - SS_{C_i} - SS_{B_j}$	$\frac{SS_{C_i B_j}}{df_{CB_{ij}}}$
Temperatur T_k	c-1	$\sum_k \frac{T_{...k}^2}{nab} - \frac{T_{...}^2}{nabc}$	$\frac{SS_{T_k}}{df_{T_k}}$
Interaksi Pencahayaan dengan Temperatur CT_{ij}	(a-1)(c-1)	$\sum_i \sum_k \frac{T_{i.k}^2}{nb} - \frac{T_{...}^2}{nabc} - SS_{C_i} - SS_{T_k}$	$\frac{SS_{C_i T_k}}{df_{CT_{ij}}}$
Interaksi Kebisingan dengan Temperatur BT_{jk}	(b-1)(c-1)	$\sum_j \sum_k \frac{T_{.jk}^2}{na} - \frac{T_{...}^2}{nabc} - SS_{B_j} - SS_{T_k}$	$\frac{SS_{B_j T_k}}{df_{BT_{jk}}}$
Interaksi Pencahayaan Dengan Kebisingan Dengan Temperatur CBT_{ijk}	(a-1)(b-1)(c-1)	$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{T_{ijk}^2}{n} - \frac{T_{...}^2}{nabc} - SS_{C_i} - SS_{B_j} - SS_{T_k} - SS_{C_i B_j} - SS_{C_i T_k} - SS_{B_j T_k}$	$\frac{SS_{C_i B_j T_k}}{df_{CBT_{ijk}}}$
Error	abc(n-1)	$SS_{TOTAL} - SS_{C_i} - SS_{B_j} - SS_{T_k} - SS_{C_i B_j} - SS_{C_i T_k} - SS_{B_j T_k}$	$\frac{SSE}{df_{Error}}$
Total	abcn-1	$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_m Y_{ijkm}^2 - \frac{T_{...}^2}{nabc}$	

5. Uji F

Ho : tidak ada efek perlakuan terhadap hasil

H₁ = ada efek perlakuan terhadap hasil

$$F_{hitung} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} \text{ Bandingkan dengan:}$$

F_{tabel} : dari tabel F statistik

Dengan - $\alpha = 5 \%$

- derajat kebebasan = $df_{perlakuan}; df_{error}$

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka Ho ditolak, diinterpretasikan bahwa ada pengaruh perlakuan terhadap hasil

Bila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka Ho diterima, dan diinterpretasikan bahwa tidak ada pengaruh perlakuan terhadap hasil.

Langkah-langkah pengolahan dan interpretasi data hasil eksperimen Penelitian II

1. Uji hipotesis yang akan dilakukan untuk menguji perbedaan tiap perlakuan pada eksperimen adalah menurut persamaan berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_{ijk} + \varepsilon_{m(ijk)}$$

$$Y_{ijk} = \mu + I_i + L_j + IL_{ij} + \varepsilon_{m(ijk)}$$

dimana:

i = jumlah perlakuan image (a)

j = jumlah perlakuan lampu (b)

y_{ij} = hasil eksperimen

τ_{ij} = efek dari perlakuan dalam eksperimen

$\varepsilon_{m(ij)}$ = error dalam tiap perlakuan dalam eksperimen

I_i = efek dari perlakuan image

L_j = efek dari perlakuan lampu

IL_{ij} = efek interaksi perlakuan pencahayaan dengan kebisingan

2. Untuk tiap jenis eksperimen dihitung sub jumlahnya dan total jumlah keseluruhan, seperti pada tabel berikut:

Warna	WARNA IMAGE				Jumlah
	Merah	Biru	Hijau	Kuning	
Lampu					
MERAH					$T_{.1} = T_{11} + T_{21} + T_{31} + T_{41}$
Jumlah	$T_{11} = \sum_{\top}^n Y_{11}$	$T_{21} = \sum_{\top}^n Y_{21}$	$T_{31} = \sum_{\top}^n Y_{31}$	$T_{41} = \sum_{\top}^n Y_{41}$	
BIRU					$T_{.2} = T_{12} + T_{22} + T_{32} + T_{42}$
Jumlah	$T_{12} = \sum_{\top}^n Y_{12}$	$T_{22} = \sum_{\top}^n Y_{22}$	$T_{32} = \sum_{\top}^n Y_{32}$	$T_{42} = \sum_{\top}^n Y_{42}$	
HIJAU					$T_{.3} = T_{13} + T_{23} + T_{33} + T_{43}$
Jumlah	$T_{13} = \sum_{\top}^n Y_{13}$	$T_{23} = \sum_{\top}^n Y_{23}$	$T_{33} = \sum_{\top}^n Y_{33}$	$T_{43} = \sum_{\top}^n Y_{43}$	
Kuning					$T_{.4} = T_{14} + T_{24} + T_{34} + T_{44}$
Jumlah	$T_{14} = \sum_{\top}^n Y_{14}$	$T_{24} = \sum_{\top}^n Y_{24}$	$T_{34} = \sum_{\top}^n Y_{34}$	$T_{44} = \sum_{\top}^n Y_{44}$	
Jumlah	$T_{1.} = T_{11} + T_{12} + T_{13} + T_{14}$	$T_{2.} = T_{21} + T_{22} + T_{23} + T_{24}$	$T_{3.} = T_{31} + T_{32} + T_{33} + T_{34}$	$T_{4.} = T_{41} + T_{42} + T_{43} + T_{44}$	$T_{..} = T_{1.} + T_{2.} + T_{3.} + T_{4.}$

3. Buat tabel ANOVA sebagai berikut:

Sumber	Derajat Kebebasan (df)	Sum Square (SS)	Mean Square
Image I_i	a-1	$\sum_i^a \frac{T_i^2}{nb} - \frac{T_{...}^2}{nab}$	$\frac{SS_{Ci}}{df_{Ci}}$
Lampu L_j	b-1	$\sum_j^b \frac{T_j^2}{na} - \frac{T_{...}^2}{nab}$	$\frac{SS_{Bj}}{df_{Bj}}$
Interaksi Image dengan Lampu IL_{ij}	(a-1)(b-1)	$\sum_i^a \sum_j^b \frac{T_{ij}^2}{n} - \frac{T_{...}^2}{nab} - SS_{Ii} - SS_{Lj}$	$\frac{SS_{CIXBj}}{df_{CBij}}$
Error	ab(n-1)	$SS_{TOTAL} - SS_{Lj} + SS_{Lj} - SS_{IL_{ij}}$	$\frac{SSE}{df_{Error}}$
Total	abn-1	$\sum_i^a \sum_j^b Y_{ijm}^2 - \frac{T_{...}^2}{nab}$	

4. Uji F

Ho : tidak ada efek perlakuan terhadap hasil

H₁ = ada efek perlakuan terhadap hasil

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

Bandingkan dengan:

F_{tabel} : dari tabel F statistik

Dengan - $\alpha = 5\%$

- derajat kebebasan = df_{perlakuan}; df_{error}

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka Ho ditolak, diinterpretasikan bahwa ada pengaruh perlakuan terhadap hasil

Bila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka Ho diterima, dan diinterpretasikan bahwa tidak ada pengaruh perlakuan terhadap hasil.

3.6 Output Penulisan

1. Mahasiswa mengidentifikasi adanya faktor-faktor lingkungan kerja yang akan mempengaruhi keberhasilan kerja.
2. Mahasiswa membuat analisa dengan melakukan uji hipotesa statistik terhadap pengaruh faktor temperatur, tingkat pencahayaan, warna cahaya, tingkat kebisingan terhadap keberhasilan kerja.
3. Mahasiswa menyimpulkan dan memberikan usulan standar kondisi lingkungan kerja untuk suatu pekerjaan

4.1 Tujuan

Tujuan dari praktikum penginderaan dan informasi adalah agar praktikan mengerti keterbatasan kemampuan manusia dalam mengindera, khususnya secara visual dan praktikan diharapkan mengetahui jenis-jenis pemberi informasi, tipe dan bentuk display, prinsip-prinsip dalam mendesain *visual display* dan mampu merancang berbagai tampilan visual (teks, simbol, dan display) dengan baik.

4.2 Landasan Teori

Pengertian Display

Display merupakan bagian dari lingkungan yang perlu memberi informasi kepada pekerja agar tugas-tugasnya menjadi lancar.. Arti informasi disini cukup luas, menyangkut semua rangsangan yang diterima oleh indera manusia baik langsung maupun tidak langsung.

Contoh dari display diantaranya adalah jarum penunjuk speedometer, keadaan jalan raya memberikan informasi langsung ke mata, peta yang menggambarkan keadaan suatu kota. Jalan raya merupakan contoh dari display langsung, karena kondisi lingkungan jalan bisa langsung diterima oleh pengemudi. Jarum penunjuk speedometer merupakan contoh display tak langsung karena kecepatan kendaraan diketahui secara tak langsung melalui jarum speedometer sebagai pemberi informasi (Sutalaksana, 1979)

Agar display dapat menyajikan informasi-informasi yang diperlukan manusia dalam melaksanakan pekerjaannya maka display harus dirancang dengan baik. Perancangan display yang baik adalah bila display tersebut dapat menyampaikan informasi selengkap mungkin tanpa menimbulkan banyak kesalahan dari manusia yang menerimanya.

Sedangkan menurut Sutalaksana (1996), Display yang baik harus dapat menyampaikan pesan tertentu sesuai dengan tulisan atau gambar yang dimaksud dalam display atau sejenis poster. Ciri-ciri display dan poster yang baik adalah:

1. Dapat menyampaikan pesan.
2. Bentuk/gambar menarik dan menggambarkan kejadian.

3. Menggunakan warna-warna mencolok dan menarik perhatian.
4. Proporsi gambar dan huruf-huruf memungkinkan untuk dapat dilihat/dibaca.
5. Menggunakan kalimat-kalimat pendek, lugas, dan jelas.
6. Menggunakan huruf yang baik sehingga mudah dibaca.
7. Realistis sesuai dengan permasalahan.
8. Tidak membosankan.

Berdasarkan tujuannya, secara garis besar poster terdiri atas dua bagian, yaitu poster untuk tujuan umum dan poster untuk tujuan khusus. Poster umum, diantaranya mengenai aturan keselamatan kerja umum, poster tentang kebersihan dan kesehatan lingkungan, poster mengenai kesalahan-kesalahan manusia dalam bekerja. Sedangkan poster untuk tujuan khusus diantaranya, poster-poster dalam industri, pekerjaan konstruksi. Dengan demikian pesan-pesan yang dikandung bersifat spesifik untuk lingkungan yang bersangkutan. Misalnya poster untuk bahaya penggunaan lift, tangga, penyimpanan benda-benda mudah terbakar atau mudah meledak.

Ukuran poster bervariasi mulai dari stiker yang berukuran kecil sampai yang berukuran besar. Tetapi umumnya berukuran sebesar kalender. Poster berukuran kecil biasanya dalam bentuk stiker yang mudah ditempel dimana-mana, misalnya “Dilarang Menumpang” dapat ditempel di bagian forklift dan bulldoser.

Display yang berbentuk rambu-rambu berbahaya, biasanya dipasang pada dinding, pintu masuk atau pada tiang-tiang. Display ini berbentuk seperti rambu-rambu lalu lintas (berbentuk bulat, segitiga, segiempat atau belah ketupat)

Peran ergonomi sangat penting dalam membuat rancangan display dan poster yang memiliki daya sambung yang tinggi dengan pembaca. Display dan poster harus mampu memberikan informasi yang jelas. Konsep “Human Centered Design” sangat kuat dalam pembuatan display dan poster karena terkait dengan sifat-sifat manusia sebagai “penglihat dan pemaham isyarat”.

Tipe-Tipe Display

Sehubungan dengan lingkungan, display terbagi dalam dua macam yaitu: Display Statis dan Display Dinamis. Display Dinamis adalah display yang

menggambarkan perubahan menurut waktu, contohnya mikroskop dan speedometer. Display Statis memberikan informasi yang tidak tergantung terhadap waktu, misalnya informasi yang menggambarkan suatu kota (Sutalaksana, 1996).

Menurut Galer (1989), Display dan Informasi yang disampaikan terbagi atas tiga tipe, yaitu (1) Display Kualitatif, (2) Display Kuantitatif, dan (3) Display Representatif. Untuk jenis Display Kualitatif merupakan penyederhanaan dari informasi yang semula berbentuk data numerik. Contoh display kualitatif misalnya informasi atau tanda ON, OFF pada generator, DINGIN, NORMAL, PANAS pada pembacaan temperatur, BELL dan BUZZER untuk menunjukkan informasi kehadiran, lampu kelap-kelip dan sirine sebagai tanda peringatan (*Warning devices*). Jenis Display Kuantitatif memperlihatkan informasi numerik dan biasanya disajikan dalam bentuk Digital ataupun Analog untuk suatu *Visual Display*. Untuk Display Representatif, biasanya berupa sebuah “working model” atau “mimic diagram” dari suatu mesin. Salah satu contohnya adalah diagram sinyal lintasan kereta api.

Warna pada Visual Display

Informasi dapat juga diberikan dalam bentuk kode warna. Indera mata sangat sensitif terhadap warna BIRU-HIJAU-KUNING, tetapi sangat tergantung juga pada kondisi terang dan gelap. Dalam Visual Display sebaiknya tidak menggunakan lebih dari 5 warna. Hal ini berkaitan dengan adanya beberapa kelompok orang yang memiliki gangguan penglihatan atau mengalami kekurangan dan keterbatasan penglihatan pada matanya. Warna merah dan hijau sebaiknya tidak digunakan bersamaan begitu pula warna kuning dan biru (Galer, 1989). Sedangkan menurut Bridger, R.S (1995) terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan warna pada pembuatan display. Kelebihannya antara lain: memberi tanda untuk data-data yang spesifik, informasi dapat lebih cepat diterima, dan dapat terlihat lebih natural. Sedangkan kekurangan dalam penggunaan warna pada pembuatan display diantaranya: dapat menyebabkan

“fatigue”, membingungkan dan mungkin dapat memberikan reaksi yang salah, dan tidak bermanfaat bagi orang yang butawarna.

Prinsip-Prinsip Mendesain Visual Display

Menurut Bridger,R.S (1995) ada 4 (empat) prinsip dalam mendesain suatu visual display yaitu:

1. Prinsip PROXIMITY
2. Prinsip SIMILARITY
3. Prinsip SYMETRY
4. Prinsip CONTINUITY

Uraian lengkap lihat dan baca buku *Introduction to Ergonomic*, chapter 13.

Berger dalam Sतालaksana (1979) pernah menyelidiki, berapa jauh orang dapat melihat huruf berdasarkan perbandingan antara tabel dan tinggi huruf yang berbeda-beda. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa untuk huruf yang berwarna putih dengan dasar hitam perbandingan 1:13,3 merupakan yang paling baik, dalam arti kata dapat dilihat dari tempat yang paling jauh terhadap yang lainnya yaitu dari jarak 36,5 meter. Sedangkan untuk huruf yang berwarna hitam dengan dasar putih, perbandingan 1:8 merupakan perbandingan terbaik, yaitu dapat dilihat dari jarak 33,5 meter.

4.3 Tugas Pendahuluan

1. Sebutkan dan jelaskan 4 prinsip dalam mendesain suatu display.
2. Sebutkan kelebihan dan kekurangan penggunaan warna dalam mendesain display (minimal 5)
3. Dalam penerapannya dibidang Industri sebutkan kode/arti warna-warna yang biasanya dipakai sebagai indikator pada suatu display.
4. Apa perbedaan antara *Blindspot* dengan *Colour Blindness*?

5. Jelaskan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing *Analogue* dan *Digital Indicator* pada suatu display.

4.4 Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan adalah beberapa macam/tipe display seperti: stopwatch, termometer, tombol-tombol pada perangkat atau mesin elektronik, peta, poster, set display huruf/angka, bel atau bunyi sirine.

4.5 Pelaksanaan Praktikum

1. Praktikan diminta untuk mengelompokkan berbagai contoh display yang tersedia ke dalam jenis atau tipe-tipe display.
2. Praktikan diminta untuk membuat suatu rancangan *visual display* dengan memperhatikan prinsip-prinsip mendesain *visual display*, ukuran huruf/angka, dan pemakaian warna.
3. Praktikan diminta untuk membuat rancangan display dalam bentuk POSTER yang berkaitan dengan ERGONOMI (misal: tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), slogan/Motto, dll)

4.6 Output yang Diharapkan

1. Pengelompokan berdasarkan jenis atau tipe display harus dilengkapi dengan alasan atau argumentasi/penjelasan yang tepat.
2. Poster atau display untuk menunjukkan LARANGAN, biasanya berwarna MERAH dengan latar belakang PUTIH. Display untuk menunjukkan PETUNJUK/ANJURAN biasanya berwarna BIRU dengan PUTIH, sedangkan untuk PERHATIAN biasanya berwarna KUNING dengan garis tepi dan gambar berwarna HITAM.
3. Pembuatan DISPLAY dan POSTER menuntut KREATIVITAS dari praktikan tanpa melupakan aturan-aturan suatu rancangan display yang baik.

