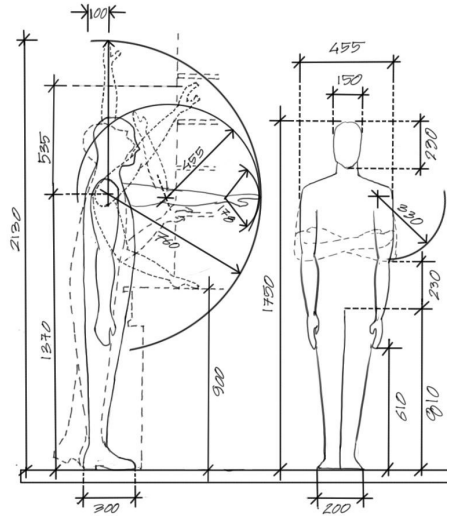
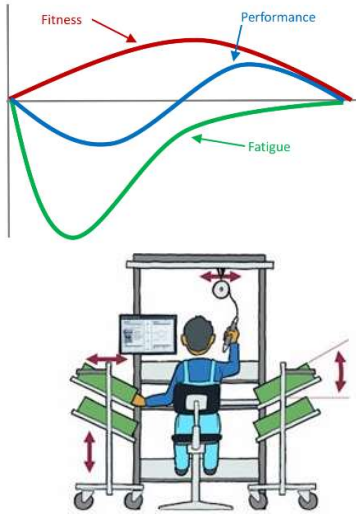


ISBN: 978-623-7746-00-3



Modul Praktikum

Analisa Perancangan Kerja dan Ergonomi

Oleh:

Ferida Yuamita, ST., M.Sc

**Program Studi Teknik Industri
Fakultas Sains dan Teknologi
Univerusitas Teknologi Yogyakarta
2019**

DAFTAR ISI

	Halaman
Cover	1
Daftar Isi	2
Modul 1. Perancangan Sistem Kerja	5
1.1 Peta Kerja	5
1.2 Motion Study	8
Modul 2. Worksampling	25
Modul 3. Desain Stasiun Kerja	38
3.1 Antropometri	41
Modul 4. Analisis Beban Kerja	54
4.1 Fisiologi	54
4.2 Biomekanik	64
4.3 Lingkungan Kerja Fisik	81
Daftar pustaka	83

PENGANTAR

Praktikum Analisa Perancangan Kerja dan Ergonomi merupakan mata kuliah yang mempelajari interaksi manusia mesin dan lingkungan kerja serta dampaknya pada produktivitas kerja. Mata kuliah ini berkaitan dengan disiplin ilmu Teknik industri yakni tentang perancangan suatu sistem kerja atau produk yang berdampak langsung pada keamanan dan keselamatan kerja pada pekerja sehingga akan berpengaruh pada produktivitas kerja di dalam sistem tersebut. Proses analisis dan konsep berpikir yang sistematis sangat ditekankan sehingga mahasiswa nantinya dapat memberikan solusi berdasar hasil analisis data di lapangan dalam kaitannya tentang interaksi manusia (pekerja), mesin dan lingkungan kerjanya terhadap dan perancangan alat atau stasiun kerja.

Capaian pembelajaran pada mata kuliah ini yakni mahasiswa mampu mengetahui, menganalisis, dan merancang teknik-teknik dan pengukuran kerja atas dasar kriteria waktu serta ketrampilan penggunaan teknik-teknik tersebut untuk perancangan sistem kerja secara ergonomis..

Yogyakarta, 30 Oktober 2019

Ferida Yuamita, ST., M.Sc

JADWAL PRAKTIKUM

	Pertemuan
Modul 1. Perancangan Sistem Kerja	
1.1 Peta Kerja	(Pertemuan 1)
1.2 Motion Study	(Pertemuan 2-3)
Modul 2. Worksampling	(Pertemuan 4-5)
Modul 3. Desain Stasiun Kerja	
3.1 Antropometri	(Pertemuan 6)
3.2 Desain Produk Berdasar Antropometri	(Pertemuan 7-8)
Modul 4. Analisis Beban Kerja	
4.1 Fisiologi	(Pertemuan 9)
4.2 Biomekanik	(Pertemuan 10-11)
4.3 Lingkungan Kerja Fisik	(Pertemuan 12)
Tugas Besar	(Pertemuan 13-14)

Fakultas	: Sains dan Teknologi	Pertemuan ke	: 1
Jurusan / Program Studi	: Teknik Industri	Modul ke	: 1
Kode Mata Praktikum	: 207404-17	Jumlah Halaman	: 19
Nama Mata Praktikum	: APK & E	Mulai Berlaku	: Genap 2018/2019

MODUL 1

PERANCANGAN SISTEM KERJA

I. Tujuan Praktikum

1. Mampu menjelaskan proses kerja secara berurutan
2. Mampu mengidentifikasi masalah yang terjadi dalam proses kerja
3. Mampu menganalisis gerakan kerja efektif dan tidak efektif
4. Mampu memberikan usulan rancangan sistem kerja terbaik

II. Alat dan Bahan

1. Lembar pengamatan
2. Kamera
3. Stopwatch
4. Objek praktikum untuk dirakit

1.1. Peta Kerja







Peta kerja (peta proses – *process chart*) merupakan alat komunikasi yang sistematis dan logis guna menganalisa proses kerja dari tahap awal sampai akhir (Wignjosoebroto, 2008). Peta kerja berfungsi untuk menganalisa suatu pekerjaan sehingga mempermudah dalam melakukan evaluasi pada sebuah proses produksi. Melalui peta kerja beberapa informasi yang dapat diperoleh antara lain waktu operasi setiap prosesnya, bahan atau material yang digunakan, mesin yang

digunakan. Dari peta kerja dapat dilakukan estimasi biaya yang dibutuhkan setiap kali proses produksi berjalan.

Untuk memudahkan dalam membaca informasi pada peta kerja dibuatlah lambang-lambang yang digunakan pada peta-peta kerja telah dikembangkan oleh Gilberth sejumlah 40 buah lambang yang kemudian disederhanakan menjadi 4 lambang. *American Society of Mechanical Engineers (ASME)* membuat 5 standar lambang yang ditunjukkan pada Gambar 1 antara lain:

1. Operasi
2. Pemeriksaan (*Inspection*)
3. Perpindahan tempat (*Transportation*)
4. Penyimpanan (*Storage*)
5. Menunggu (*Delay*)

Gambar 1.1. Lambang Peta Kerja

Simbol	Keterangan
	Operasi
	Transportasi
	Pemeriksaan
	Penyimpanan
	Aktivitas gabungan
	Menunggu

a. Macam-macam Peta Kerja

Peta Kerja Setempat adalah peta kerja yang terjadi dalam satu sistem kerja saja dan biasanya melibatkan pekerja yang jumlahnya terbatas, meliputi:

1. Peta Pekerja dan Mesin berupa kolom yang menjelaskan aktivitas yang dilakukan operator dan mesin yang digunakan serta waktu yang diperlukan sehingga akan tampak waktu produktif antara keduanya (mesin dan pekerja). Contoh Peta Pekerja dan Mesin dapat dilihat pada tabel 1.2.

motion). Hasil dari identifikasi peta tangan kanana dan kiri akan tampak gerakan atau *delay* sesuai dengan dasar gerakan THERBLIGH.

1.2. Studi Gerakan (Motion Study)

Motion study dapat digunakan untuk menganalisa gerakan-gerakan kerja setempat yang terjadi dalam sebuah proses kerja. *Motion study* merupakan salah satu metode perancangan cara kerja dengan melakukan proses analisis terhadap beberapa gerakan bagian badan dalam melakukan suatu pekerjaan dengan tujuan untuk menghilangkan gerakan-gerakan yang tidak efektif sehingga dapat menghemat waktu kerja maupun pemakaian peralatan fasilitas kerja. Dalam proses analisis gerakan ini, menurut Gilbreth dan Lilian suatu pekerjaan pada umumnya dibagi menjadi 17 elemen gerakan yang disebut elemen Therbligs, yaitu:

1. Mencari (*Search*), yaitu elemen dasar gerakan pekerja untuk menentukan lokasi suatu objek yang dilakukan oleh mata, dimulai dari pada saat mata bergerak mencari objek yang dimaksud sampai objek ditemukan.
2. Memilih (*Select*), yaitu gerakan kerja untuk menemukan atau memilih suatu objek di antara dua atau lebih objek, dimulai pada saat tangan dan mata memilih objek yang dimaksud sampai objek tersebut ditemukan.
3. Memegang (*Grasp*), yaitu gerakan tangan yang dilakukan dengan menutupjari-jari tangan objek yang dikehendaki dalam suatu operasi kerja yang dimulai dengan gerakan menjangkau (*reach*) dan dilanjutkan dengan gerakanmembawa (*move*)
4. Menjangkau (*Reach*), yaitu gerakan tangan berpindah tempat tanpa beban atau hambatan baik gerakan menuju atau menjauhi objek atau lokasi tujuan lainnya dan berakhir segera setelah mencapai objek yang dimaksud.
5. Membawa (*move*), yaitu gerakan perpindahan tangan dimana kondisi tangan dalam keadaan membawa beban (objek).
6. Memegang Untuk Memakai (*Hold*), yaitu gerakan tangan memegang objek

tan pa menggerakkan objek tersebut untuk memakai objek yang dimaksud.

7. Melepas (*Release Load*), yaitu gerakan melepas kembali objek yang dipegang sebelumnya diawali saat jari-jari tangan membuka melepas objek yang sebelumnya dibawa dan berakhir ketika semua jari tidak lagi menyentuh objek tersebut.
8. Mengarahkan (*Position*), yaitu gerakan tangan untuk menempatkan objek pada lokasi yang dituju secara tepat, dimulai pada saat tangan memegang atau mengontrol objek tersebut ke arah lokasi yang dituju dan berakhir pada saat gerakan memakai atau melepas dimulai.
9. Mengarahkan Awal (*Preposition*), yaitu gerakan tangan mengarahkan objek pada suatu tempat sementara sehingga pada saat bekerja mudah dipegang dan dibawa ke arah tujuan yang dikehendaki.
10. Memeriksa (*Inspect*), yaitu gerakan yang dilakukan dengan pengecekan secara rutin oleh operator selama proses kerja berlangsung untuk menjamin bahwa objek telah memenuhi persyaratan kualitas yang ditetapkan.
11. Merakit (*Assemble*), yaitu gerakan untuk menggabungkan dua objek atau lebih menjadi suatu kesatuan, dimulai pada saat objek sudah siap dipasangkan dengan objek yang lain dan berakhir ketika objek-objek tersebut telah bergabung sempurna.
12. Mengurai Rakit (*Disassemble*), yaitu gerakan menguraikan atau memisahkan dua objek atau lebih yang bergabung menjadi satu menjadi objek-objek yang terpisah, dimulai pada saat pemegangan objek dan dilanjutkan dengan pemisahan dan berakhir setelah objek benar-benar terpisah sempurna.
13. Memakai (*Use*), yaitu gerakan dimana kedua tangan digunakan untuk memakai atau mengontrol suatu alat atau objek untuk tujuan-tujuan tertentu selama kerja berlangsung.
14. Keterlambatan yang tak terhindarkan (*Unavoidable Delay*), yaitu keterlambatan yang diakibatkan oleh hal-hal di luar kontrol operator dan

merupakan interupsi terhadap proses kerja yang sedang berlangsung.

15. Keterlambatan yang dapat dihindarkan (*Avoidable Delay*), yaitu keterlambatan yang diakibatkan hal-hal yang dapat dikontrol oleh operator yang terjadi pada siklus kerja.
16. Merencanakan (*Plan*), yaitu proses mental dimana operator berhenti sejenak bekerja dan memikirkan untuk menentukan tindakan-tindakan yang harus dilakukan selanjutnya.
17. Istirahat untuk melepas lelah (*Rest To Overcome Fatigue*), yaitu waktu untuk memulihkan kondisi badan dari kelelahan fisik sebagai akibat dari kerja yang berbeda-beda, tidak saja tergantung pada karakteristik pekerjaan yang ada tetapi tergantung individu pekerjanya.

Untuk mendapatkan hasil kerja yang baik harus dirancang dengan memadukan gerakan-gerakan yang benar dan hemat tenaga atau ekonomis atau disebut dengan prinsip ekonomi gerakan, dimana secara garis besar terdiri dari 3 kelompok besar, yaitu:

1. Berhubungan dengan penggunaan anggota tubuh manusia dan gerakannya. Prinsip ekonomi gerakan yang berhubungan dengan penggunaan anggota tubuh, yaitu:
 - a. Bila memungkinkan kedua tangan harus memulai dan menyelesaikan gerakannya dalam waktu yang bersamaan
 - b. Kedua tangan jangan menganggur pada waktu yang bersamaan kecuali sedang istirahat
 - c. Gerakan tangan harus simetri dan berlawanan arah
 - d. Untuk menyelesaikan pekerjaan, maka hanya bagian-bagian tubuh yang memang diperlukan saja yang bekerja agar tidak terjadi penghamburan tenaga dan kelelahan yang tidak perlu
 - e. Sebaiknya para pekerja dapat memanfaatkan momentum untuk membantu pekerjaannya sehingga kerja otot berkurang

- f. Hindari gerakan patah-patah dan banyak perubahan arah akan memperlambat gerakan tersebut
 - g. Gerakan balistik akan lebih cepat, menyenangkan dan lebih teliti daripada gerakan yang dikendalikan
 - h. Pekerjaan sebaiknya dirancang semudah-mudahnya dan jika memungkinkan irama kerja harus mengikuti irama alamiah bagi si pekerja.
 - i. Pekerjaan diatur sedemikian rupa sehingga gerakan mata terbatas pada bidang yang menyenangkan tanpa perlu sering mengubah fokus
2. Berhubungan dengan tata letak tempat kerja. Prinsip ekonomi gerakan yang berhubungan dengan tata letak tempat kerja, yaitu:
- a. Sebaiknya diusahakan agar peralatan dan bahan baku dapat diambil dari tempat tertentu dan tetap
 - b. Letakkan bahan dan peralatan pada jarak yang dapat dengan mudah dijangkau, pada tempat yang mudah, dan enak bagi pekerja sehingga mengurangi usaha mencari-cari.
 - c. Tempat penyimpanan bahan dirancang dengan memanfaatkan prinsip gaya berat akan memudahkan kerja karena bahan yang akan diproses selalu siap di tempat yang susah untuk di ambil sehingga menghemat tenaga.
3. Berhubungan dengan alat-alat dan perlengkapan kerja. Prinsip ekonomi gerakan yang berhubungan alat-alat dan perlengkapan kerja, yaitu:
- a. Usahakan menggunakan peralatan kerja yang dapat melaksanakan berbagai macam pekerjaan sekaligus, baik yang sejenis maupun yang berlainan
 - b. Jika setiap jari-jari melakukan gerakan tertentu misalnya mengetik makabeban untuk masing-masing jari tersebut harus dibagi seimbang sesuai dengan energi dan kekuatan yang dimiliki oleh masing-masing

jari.

Prinsip-prinsip ekonomi gerakan di atas dapat digunakan untuk menganalisa gerakan-gerakan kerja yang terjadi dalam sebuah stasiun kerja maupun untuk kegiatan-kegiatan yang berlangsung secara menyeluruh pada setiap stasiun kerja.

Penetapan awal waktu baku (Predetermined Time Standard) pada metode motion study menggunakan tabel MTM (*Motion Time Measurement*) yang terdiri dari beberapa geakan efektif.

Tabel 1.3 Gerakan Menjangkau (*Reach*)

Distance Moved (inches)	Time TMU				Hand in Motion		Case and Description
	A	B	C or D	E	A	B	
¼ or less	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	A. Reach the object in fixed location, or to object in other hand or on which other hand rest.
1	2.5	2.5	3.6	2.4	2.3	2.3	
2	4.0	4.0	5.9	3.8	3.5	2.7	
3	5.3	5.3	7.3	5.3	4.5	3.6	B. Reach to single object in location which may very slightly from cycle to cycle.
4	6.1	6.4	8.4	6.8	4.9	4.3	
5	6.5	7.8	9.4	7.4	5.3	5.0	
6	7.0	8.6	10.1	8.0	5.7	5.7	
7	7.4	9.3	10.8	8.7	6.1	6.5	
8	7.9	10.1	11.5	9.3	6.5	7.2	C. Reach to object jumbled with other objects in a group so that search and select occur.
9	8.3	10.8	12.2	9.9	6.9	7.9	
10	8.7	11.5	12.9	10.5	7.3	8.6	
12	9.6	12.9	14.2	11.8	8.1	10.1	
14	10.5	14.4	15.6	13.0	8.9	11.5	D. Reach to a very small object or where accurate grasp is required.
16	11.4	15.8	17.0	14.2	9.7	12.9	
18	12.3	17.2	18.4	15.5	10.5	14.4	
20	13.1	18.6	19.8	16.7	11.3	15.8	
22	14.0	20.1	21.2	18.0	12.1	17.3	E. Reach to indefinite location to get hand in position for body balance or next motion or out of way.
24	14.9	21.5	22.5	19.2	12.9	18.8	
26	15.8	22.9	23.9	20.4	13.7	20.2	
28	16.7	24.4	25.3	21.7	14.5	21.7	
30	17.5	25.8	26.7	22.9	15.3	23.2	
Additional	0.4	0.7	0.7	0.6			TMU per inch over 30 inches

Tabel 1.4 Gerakan Membawa (*Move*)

Distance Moved (inches)	Time TMU				Wt. Allowance			Case and Description
	A	B	C	Hand in Motion B	Wt. (lb) Up to	Dynamic Factor	Static Constant TMU	
¼ or less	2.0	2.0	2.0	1.7				A. Move object to other hand or against stop.
1	2.5	2.9	3.4	2.3	2.5	1.00	0	
2	3.6	4.6	5.2	2.9				
3	4.9	5.7	6.7	3.6	7.5	1.06	2.2	
4	6.1	6.9	8.0	4.3				
5	7.3	8.0	9.2	5.0	12.5	1.11	3.9	
6	8.1	8.9	10.3	5.7				B. Move object to approximate or indefinite location.
7	8.9	9.7	11.1	6.5	17.5	1.17	5.6	
8	9.7	10.6	11.8	7.2				
9	10.5	11.5	12.7	7.9	22.5	1.22	7.4	
10	11.3	12.2	13.5	8.6				
12	12.9	13.4	15.2	10.0	27.5	1.28	9.1	
14	14.4	14.6	16.9	11.4				C. Move object to exact location.
16	16.0	15.8	18.7	12.8	32.5	1.33	10.8	
18	17.6	17.0	20.4	14.2				
20	19.2	18.2	22.1	15.6	37.5	1.39	12.5	
22	20.8	19.4	23.8	17.0				
24	22.4	20.6	25.5	18.4	42.5	1.44	14.3	
26	24.0	21.8	27.3	19.8				C. Move object to exact location.
28	25.5	23.1	29.0	21.2	47.5	1.50	16.0	
30	27.1	24.3	30.7	22.7				
Additional	0.8	0.6	0.85		TMU per inch over 30 inches			

Tabel 1.5 Gerakan Memutar (*Turn*)

Weight	Time TMU for Degrees Turned										
	30°	45°	60°	75°	90°	100°	120°	130°	150°	165°	180°
Small – 0 to 2 pounds	2.8	3.5	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.4	8.1	8.7	9.4
Medium – 2.1 to 10 pounds	4.4	5.5	6.5	7.5	8.5	9.6	10.6	11.6	12.7	13.7	14.8
Large – 10.1 to 35 pounds	8.4	10.5	12.3	14.4	16.2	18.3	20.4	22.2	24.3	26.1	28.2

Tabel 1.6 Gerakan Menenkan (*Apply Pressure*)

Full Cycle			Components		
Symbol	TMU	Description	Symbol	TMU	Description
APA	10.6	AF + DM + RLF	AF	3.4	Apply Force
APB	16.2	APA + G2	DM	4.2	Dwell, Minimum
			RLF	3.0	Release Force

Tabel 1.7 Gerakan Memegang (Grasp)

Type of Grasp	Case	Time TMU	Description	
Pick-up	1A	2.0	Any size object by itself, easily grasped	
	1B	3.5	Object very small or lying close against a flat surface	
	1C1	7.3	Diameter larger than ½"	Interference with Grasp on bottom and one side of nearly cylindrical object.
	1C2	8.7	Diameter ¼" to ½"	
	1C3	10.8	Diameter less than ¼"	
Regrasp	2	5.6	Change grasp without relinquishing control	
Transfer	3	5.6	Control transferred from one hand to the other	
Select	4A	7.3	Larger than 1" × 1" × 1"	Object jumbled with other objects so that search and select occur.
	4B	9.1	¼" × ¼" × ⅛" to 1" × 1" × 1"	
	4C	12.9	Smaller than ¼" × ¼" × ⅛"	
Contact	5	0	Contact, Sliding, or Hook Grasp	

Tabel 1.8 Gerakan Melepas (Release)

Case	Time TMU	Description
1	2.0	Normal release performed by opening finger as independent motion
2	0	Contact release

Tabel 1.9 Gerakan Mengarahkan (Position)

Class of Fit		Symmetry	Easy to Handle	Difficult to Handle
1 – Loose	No pressure required	S	5.6	11.2
		SS	9.1	14.7
		NS	10.4	16.0
2 – Close	Light pressure required	S	16.2	21.8
		SS	19.7	25.3
		NS	21.0	26.6
3 – Exact	Heavy pressure required	S	43.0	48.6
		SS	46.5	52.1
		NS	47.8	53.4
Supplementary Rule for Surface Alignment				
P1SE per alignment: > ⅛" ≤ ¼"		P2SE per alignment: ≤ ⅛"		

* Distance moved to engage - 1" or less

Tabel 1.10 Gerakan Melepas Rakit (Disengage)

Class of Fit	Height of Recoil	Easy to Handle	Difficult to Handle
1 – Loose – Very slight effort, blends with subsequent move	Up to 1"	4.0	5.7
2 – Close – Normal effort, slight recoil	Over 1" to 5"	7.5	11.8
3 – Tight – Considerable effort, hand recoils markedly	Over 5" to 12"	22.9	34.7

Tabel 1.11 Gerakan Mata (*Eye Travel and Eye Focus Times*)

<p>Eye Travel Time = $15.2 \times \frac{T}{D}$ TMU, with a maximum value of 20 TMU</p> <p>where T = the distance between points from and to which the eye travels</p> <p>D = the perpendicular distance from the eye to the line of travel T</p> <p>Eye Focus Time = 7.3 TMU</p>
<p>Supplementary Information</p> <ul style="list-style-type: none"> – Area of Normal Vision = Circle 4" in Diameter 16" from Eyes – Reading Formula = 5.05 N (where N = The Number of Words)

Tabel 1.12 Gerakan Anggota Badan, Kaki, Telapak Tangan (Body, leg, foot)

Type	Symbol	TMU	Distance	Description
Leg-Foot Motion	FM	8.5	To 4"	Hinged at ankle.
	FMP	19.1	To 4"	With heavy pressure.
	LM_	7.1	To 6"	Hinged at knee or hip in any

			1.2	Ea. add'1 inch	direction.
Horizontal Motion	Side Step	SS_C1	*	<12"	Use Reach or Move time when less than 12". Complete when leading leg contacts floor.
			17.0	12"	
			0.6	Ea. add'1 inch	
	Turn Body	SS_C2	34.1	12"	Lagging leg must contact floor before next motion can be made.
			1.1	Ea. add'1 inch	
	Walk	TBC1	18.6	-	Complete when leading leg contacts floor.
			TBC2	37.2	-
	W_FT	5.3	Per Foot	Unobstructed	
	W_P	15.0	Per Pace	Unobstructed	
	W_PO	17.0	Per Pace	When obstructed or with weight.	
Vertical Motion	SIT	34.7	-	From standing position.	
	STD	43.4	-	From sitting position.	
	B,S,KOK	29.0	-	Bend, Stoop, Kneel on One Knee.	
	AB,AS,AKOK	31.9	-	Arise from Bend, Stoop, Kneel on One Knee.	
	KBK	69.4	-	Knee on Both Knees.	
	AKBK	76.7	-	Arise from Kneel on Both Knees.	

* Official MTM-1 Data Card information

Keterangan:

B : Bend

S : Stoop

AB : Arise from Bend

AS : Arise from Stoop

KOK : Kneel on One Knee

KBK : Kneel on Both Knees

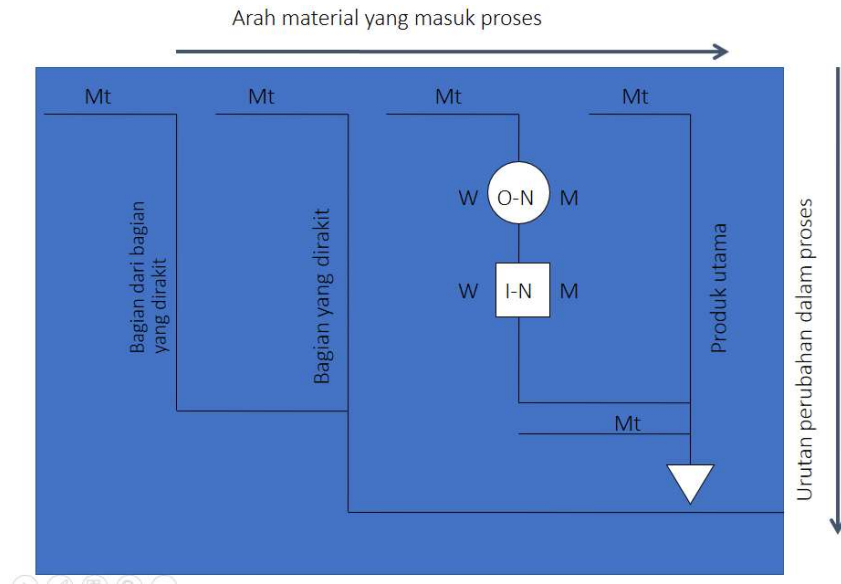
AKOK : Arise from Kneel on One Knee

AKBK : Arise from Kneel on Both Knees

Peta kerja keseluruhan melibatkan seluruh fasilitas produksi. Peta kerja keseluruhan meliputi:

1. Peta proses operasi

Diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses yang akan dialami bahan-bahan baku sejak awal sampai produk jadi atau setengah jadi ,mengenai urutan-urutan operasi dan pemeriksaan. Contoh: waktu yang dibutuhkan, material yang digunakan,tempat /alat/mesin yang digunakan.



Gambar 1.1. Peta Proses Operasi

Kegunaan Peta Aliran Proses adalah sebagai berikut:

1. Bisa mengetahui kebutuhan mesin dan penganggarnya/cost
2. Bisa memperkirakan kebutuhan bahan baku (hitung efisiensi di tiap operasi)
3. Alat untuk menentukan tata letak pabrik
4. Alat untuk melakukan perbaikan cara kerja yang sedang dipakai
5. Alat untuk latihan kerja

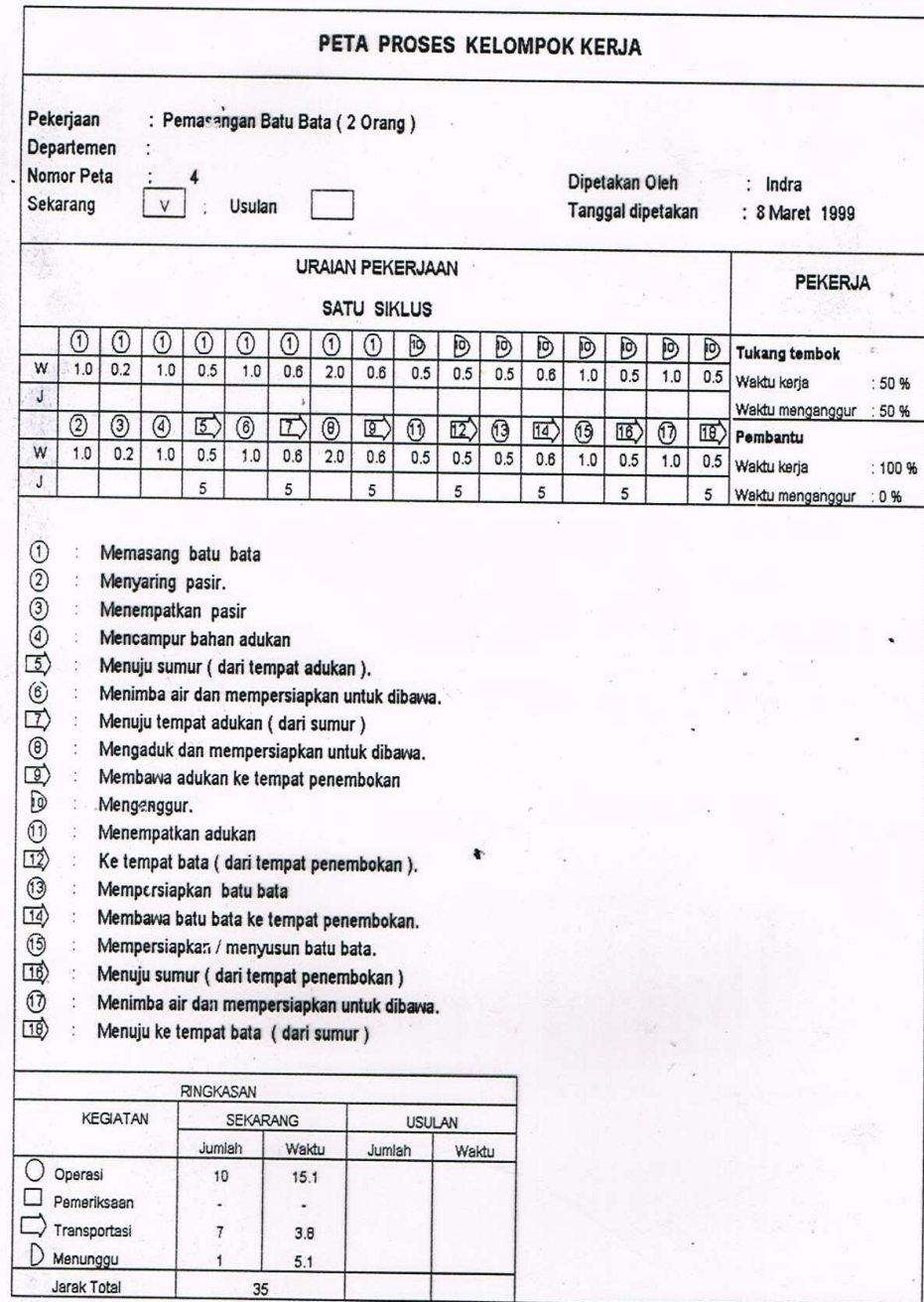
2. Peta Aliran Proses

Peta aliran proses adalah Suatu diagram yang menunjukkan urutan-urutan dari operasi, pemeriksaan, transportasi, menunggu, dan penyimpanan yang terjadi selama suatu proses atau prosedur berlangsung, serta didalamnya memuat pula informasi-informasi yang diperlukan untuk analisa waktu yang diutuhkan dan jarak perpindahan. Peta aliran proses: memperlihatkan semua aktivitas – aktivitas dasar (transportasi, menunggu, dan penyimpanan). Pada peta aliran proses terdapat keterangan jarak (dalam satuan meter) kaitannya dengan aktivitas transportasi yang tercatat pada peta aliran proses.

3. Peta Proses Kelompok Kerja

Definisi dari peta proses kelompok kerja adalah Kumpulan dari beberapa peta aliran proses dimana tiap peta aliran proses tersebut menunjukkan satu seri kerja (contoh pada Gambar 1.2). Maksudnya disini adalah beberapa kumpulan peta aliran proses yang digunakan untuk melaksanakan pekerjaan yang memerlukan kerjasama yang baik dari sekelompok pekerja. Kegunaan Peta proses kelompok adalah:

1. Mengetahui proses kerja kelompok
2. Mengetahui adanya aktivitas saling bergantung atau delay
3. Melakukan pengurangan ongkos produksi
4. Melakukan perbaikan waktu penyelesaian produksi
5. Melakukan pembagian kerja



Gambar 1.2. Peta Proses Kelompok Kerja

4. Diagram Aliran

Peta aliran proses memuat informasi-informasi yang berkaitan dengan proses, tetapi TIDAK MENUNJUKKAN GAMBAR DARI ARAH ALIRAN SELAMA BEKERJA.

Diagram aliran: Suatu gambaran menurut skala dari susunan lantai dan gedung , yang menunjukkan lokasi dari semua aktivitas yang terjadi dalam Peta Aliran Proses

1.3. Prosedur Praktikum

Adapun prosedur pelaksanaan praktikum ini adalah sebagai berikut:

1. Amati proses operasi suatu kegiatan produksi (produk barang bukan jasa).
2. Rekam proses tersebut (video)
3. Buat PETA PROSES OPERASI, PETA ALIRAN PROSES dan DIAGRAM ALIRAN (input-proses-output, harus jelas) dan Peta tangan kanan dan kiri.
4. Analisis permasalahan dan buatlah usulan tata letak yang baru dari proses produksi tersebut.

1.4. Pengolahan Data

Dari data hasil pengamatan di atas tentukanlah waktu baku dengan cara menjumlahkan waktu hasil pengamatan pada setiap elemen gerakan Therbligh kemudian buatlah layout tempat kerja usulan atau metode kerja yang baru dengan mengidentifikasi elemen-elemen gerakan yang lebih efektif.

LEMBAR KERJA PRAKTIKUM PETA KERJA

Nama Objek Penelitian :(L/P)

Aktivitas :

Kelompok :

- a. PETA PROSES OPERASI
- b. PETA ALIRAN PROSES
- c. DIAGRAM ALIRAN
- d. PETA TANGAN KANAN DAN KIRI

(gambarkan layout awalan)

Layout awalan

Tabel 1.3. Hasil Pengamatan

No	Tangan Kiri				Tangan Kanan			
	Keterangan	Kode	Jarak	Waktu	Keterangan	Kode	Jarak	Waktu

	Jumlah TMU			Jumlah TMU				

Rekomendasi Layout Usulan

Fakultas	: Sains dan Teknologi	Pertemuan ke	: 1
Jurusan / Program Studi	: Teknik Industri	Modul ke	: 1
Kode Mata Praktikum	: 207404-17	Jumlah Halaman	: 19
Nama Mata Praktikum	: APK & E	Mulai Berlaku	: Genap 2018/2019

MODUL 2

WORK SAMPLING

2.1. Tujuan Praktikum

Tujuan praktikum *work sampling* ini adalah agar praktikan mengenal metode *work sampling* sebagai alat yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran kerja selain itu juga diharapkan agar praktikan memiliki pengalaman praktis untuk melaksanakan kegiatan penelitian kerja untuk meningkatkan efisiensi, efektifitas, dan produktifitas kerja.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Pengertian Worksampling

Work Sampling adalah salah satu metode pengukuran waktu kerja langsung selain *stop-watch time study* dan merupakan teknik statistic untuk menentukan proporsi waktu yang digunakan oleh pekerja/operator dalam kategori yang didefinisikan sebagai suatu aktivitas pekerjaan misalnya *setting* mesin, perakitan, *idle* dan lain-lain.

Work Sampling ini sama pentingnya dengan teknik statistic lainnya karena memungkinkan analisis yang cepat, pengakuan, dan peningkatan tanggung jawab pekerjaan, tugas, kompetensi kinerja, dan arus kerja organisasi. Dalam studi *Work Sampling*, sejumlah pengamatan merupakan pengamatan langsung kepada para pekerja dalam jangka waktu tertentu. Untuk akurasi statistik, pengamatan harus diambil pada waktu yang acak selama periode penelitian/pengamatan, dan periode harus representative dari jenis kegiatan yang dilakukan oleh pekerja yang diamati.

Metode *Work Sampling* ini sangat cocok digunakan untuk jenis pekerjaan yang sifatnya tidak berulang dan memiliki siklus waktu yang relatif panjang.

Salah satu pemakaian penting dari pekerjaan teknik *sampling* adalah penentuan waktu standar untuk suatu pekerjaan yang manual. Dalam kehidupan sehari-hari penerapan *Work Sampling* sangatlah penting, beberapa contoh aplikasinya adalah mengukur *allowance time* (waktu longgar), mengukur tingkat kinerja (*performance level*) dan pendayagunaan dari sebuah *asset*, dan lain-lain.

Work Sampling merupakan sebuah teknik yang digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan seseorang dalam menyelesaikan pekerjaannya, *Work Sampling* dilakukan secara acak dan berdasarkan hukum probabilitas. *Work Sampling* adalah salah satu cara untuk mengetahui waktu standard, jumlah operator standard dan juga untuk mengetahui kinerja dari karyawan. Untuk lebih memahami pengertian *Work Sampling* berikut pemaparan beberapa ahli tentang apa itu *Work Sampling*:

- a. *Work sampling* merupakan teknik pengukuran kerja langsung untuk mengamati aktivitas mesin, *operator* atau proses dimana pengamatan dilakukan secara acak menurut hukum probabilitas. (Wignjosoebroto, 2000).
- b. *Work Sampling* adalah teknik untuk menganalisa produktivitas dari aktivitas mesin, proses, atau pekerja. Metode ini merupakan metode pengukuran kerja secara langsung karena pengamatan dilakukan secara langsung terhadap objek pengamatan (Sutalaksana, 1979).
- c. *Work Sampling* adalah suatu teknik untuk mengadakan sejumlah besar pengamatan terhadap aktifitas kinerja dari mesin, proses atau operator (Nurmianto, 2003).

Pengamatan dengan *Work Sampling* dilakukan pada waktu yang telah ditentukan secara acak sehingga sangat efektif dan efisien untuk mengumpulkan informasi mengenai kinerja mesin atau pekerja, karena tidak memerlukan waktu yang lama. Metode *Work Sampling* juga dapat digunakan untuk mengetahui distribusi pemakaian waktu kerja oleh pekerja atau mesin. Pengamatan metode *Work*

Sampling tidak perlu dilakukan pada keseluruhan jumlah populasi, cukup dengan menggunakan sampel yang diambil secara acak dari populasi.

Metode sampling kerja dikembangkan berdasarkan hukum probabilitas atau sampling. Oleh karena itu pengamatan terhadap suatu obyek yang ingin diteliti tidak perlu dilaksanakan secara menyeluruh (populasi) melainkan cukup dilaksanakan secara mengambil sampel pengamatan yang diambil secara acak (random). Suatu sampel yang diambil secara random dari suatu kelompok populasi yang besar akan cenderung memiliki pola distribusi yang sama seperti yang dimiliki oleh populasi tersebut. Apabila sampel yang dimiliki tersebut diambil cukup besar, maka karakteristik yang dimiliki oleh sampel tersebut tidak akan jauh berbeda dibanding dengan karakteristik dari populasinya.

Works sampling juga merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk melakukan pengukuran kerja dalam *time study*. Dalam *work sampling* dilakukan sejumlah besar pengamatan terhadap aktivitas kerja dari mesin-mesin, operator atau proses secara langsung. Dalam pengamatan tersebut akan diketahui apakah mesin, operator, atau proses sedang dalam keadaan bekerja atau menganggur sehingga sering disebut sebagai *ratio delay study*. Metode ini dikembangkan berdasarkan hukum probabilitas dan sampling. Sehingga pengukuran kerja dari suatu aktivitas dalam suatu stasiun kerja tidak perlu dilakukan secara menyeluruh melainkan hanya dengan mengambil sampel secara acak. Banyaknya pengamatan atau sampel yang harus diambil harus memperhatikan tingkat kepercayaan dan tingkat ketelitian.

Work sampling dapat digunakan untuk:

- a. Menentukan *ratio delay* dari sejumlah mesin, operator, dan atau fasilitas kerja lain nya
- b. Menetapkan *performance level* dari mesin, atau operator pada saat melakukan aktivitasnya berdasarkan waktu-waktu di mana mesin, atau operator tersebut berada dalam keadaan bekerja atau menganggur.
- c. Menentukan waktu baku untuk suatu operasi kerja atau proses seperti

halnya

yang bisa dilakukan oleh pengukuran kerja dengan metode yang lainnya.

2.2.2. Rating Factor (RF)

Menurut Westing House Company (1927), ada beberapa faktor yang mempengaruhi performance manusia ketika melakukan suatu pekerjaan yaitu kecakapan (skill), usaha (effort), kondisi kerja (working condition), dan konsistensi (consistency) dari operator dalam melakukan kerja. Westing House telah berhasil membuat tabel performance rating yang berisikan nilai-nilai angka berdasarkan tingkatan yang ada untuk masing- masing faktor tersebut. Tabel dari performance rating tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1. *Westing House System's Rating*

SKILL			EFFORT		
+0.15	A1	Superskill	+0.13	A1	Superskill
+0.13	A2		+0.12	A2	
+0.11	B1	Excellent	+0.10	B1	Excellent
+0.08	B2		+0.08	B2	
+0.06	C1	Good	+0.05	C1	Good
+0.03	C2		+0.02	C2	
+0.00	D	Average	+0.00	D	Average
-0.05	E1	Fair	-0.04	E1	Fair
-0.10	E2		-0.08	E2	
-0.16	F1	Poor	-0.12	F1	Poor
-0.22	F2		-0.17	F2	
CONDITION			CONSISTENCY		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Ideal
+0.04	B	Excellent	+0.03	B	Excellent
+0.02	C	Good	+0.01	C	Good
+0.00	D	Average	+0.00	D	Average
-0.03	E	Fair	-0.02	E	Fair
-0.07	F	Poor	-0.04	F	Poor

Sumber: Wignjosoebroto, 2006

2.2.3. Kelonggaran (*allowance*)

Dalam melakukan perhitungan waktu normal perlu mempertimbangkan factor kelonggaran (*allowance*) yakni waktu yang dibutuhkan seorang operator untuk melakukan aktivitas pribadi seperti beristirahat untuk menghilangkan rasa letih yang dipengaruhi Karena aktivitas kerjanya atau dari lingkungan kerjanya. Tabel 2.2 menunjukkan prosentase kelonggaran yang dapat dijadikan acuan (Sutalaksana, 2006).

Tabel 2.2. Kelonggaran Berdasar Faktor-faktor yang mempengaruhi

FAKTOR	CONTOH PEKERJAAN	KELONGGARAN (%)	
		EKIVALEN BEBAN	
		PRIA	WANITA
A. TENAGA YANG DIKELUARKAN			
1. Dapat diabaikan	Bekerja dimeja, duduk	Tanpa beban	0.0-6.0
2. Sangat ringan	Bekerja dimeja, berdiri	0.0-2.25 kg	6.0-7.5
3. Ringan	Menyekop, ringan	2.25-9.00	7.5-12.0
4. Sedang	Mencangkul	9.00-18.00	12.0-19.0
5. Berat	Mengayun palu yang berat	19.0-27.0	19.0-30.0
6. Sangat berat	Memanggul beban	27.0-50.0	30.0-50.0
7. Luar biasa berat	Memanggul karung berat	Diatas 50 kg	
B. SIKAP KERJA			
1. Duduk	Bekerja duduk, ringan	0.0 – 1.0	
2. Berdiri diatas dua kaki	Badan tegak, ditumpu dua kaki	1.0 – 2.5	
3. Berdiri diatas satu kaki	Satu kaki mengerjakan alat kontrol	2.5 – 4.0	
4. Berbaring	Pada bagian sisi, belakang atau depan badan	2.5 – 4.0	
5. Membungkuk	Badan dibungkukkan bertumpu pada dua kaki	4.0 – 10.0	
C. GERAKAN KERJA			
1. Normal	Ayunan bebas dari bahu	0	
2. Agak terbatas	Ayunan terbatas dari palu	0 – 5	
3. Sulit	Membawa beban berat dengan satu tangan	0 – 5	
4. Pada anggota badan terbatas	Bekerja dengan tangan diatas kepala	5 – 10	
5. Seluruh anggota badan terbatas	Bekerja dilorong pertambangan yang sempit	10 – 15	
D. KELELAHAN MATA		PENCAHAYAAN	
		BAIK	BURUK

1. Pandangan yang terputus-putus	Membawa alat ukur	0.0-6.0	0.0-6.0
2. Pandangan yang hamper terus-menerus	Pekerjaan-pekerjaan yang teliti	6.0-7.5	6.0-7.5
3. Pandangan terus menerus dengan fokus berubah-ubah	Memeriksa cacat-cacat pada kain	7.5-12.0	7.5-16.0
4. Pandangan terus menerus dengan fokus tetap	Pemeriksaan yang sangat teliti	19.0-30.0	16.0-30.0

FAKTOR	CONTOH PEKERJAAN	KELONGGARAN (%)	
E. KEADAAN TEMPERATUR TEMPAT KERJA	TEMPERATUR (°C)	KELEMBABAN, NORMAL, BERLEBIHAN	
1. Beku	dibawah 0	Diatas 10	Diatas 12
2. Rendah	0 – 13	10-5	12-5
3. Sedang	13 – 22	5-0	8-0
4. Normal	22 – 28	0-5	0-8
5. Tinggi	28 – 38	5-40	8-100
6. Sangat tinggi	diatas 38	Diatas 40	Diatas 100
F. KEADAAN ATMOSFER			
1. Baik	Ruang yang berventilasi baik, udara segar	0	
2. Cukup		0 – 5	
3. Kurang baik	Ventilasi kurang baik, ada bau	5 – 10	
4. Buruk	Adanya debu dan bau-bauan beracun	10 – 20	
G. KEADAAN LINGKUNGAN YANG BAIK			
1. Bersih, sehat, cerah dengan kebisingan rendah		0	
2. Siklus kerja berulang-ulang antara 5 – 10 detik		0 – 1	
3. Siklus kerja berulang-ulang antara 0 – 5 detik		1 – 3	
4. Sangat bising		0 – 5	
5. Jika faktor yang berpengaruh dapat menurunkan kualitas		0 – 5	
6. Terasa adanya getaran lantai		0 – 5	
7. Keadaan-keadaan yang luar biasa (bunyi, kebersihan, dll)		5 – 10	
		5-15	

Sumber: Sutalaksana, 2006

2.2.4. Langkah – Langkah Sebelum Melakukan Work Sampling

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang dapat dipertanggung jawabkan maka secara statistik, maka perlu dilakukan beberapa langkah – langkah tertentu sebelum smpling kerja dilakukan:

- 1). Menetapkan tujuan pengukuran, yaitu untuk apa sampling dilakukan, yang nantinya akan berpengaruh pada penentuan besarnya tingkat ketelitian dan tingkat kepercayaan.
- 2). Apabila sampling kerja ditujukan untuk mendapatkan waktu baku,

maka lakukan penelitian pendahuluan untuk ada tidaknya suatu sistem kerja yang baik. Jika belum ada system kerja yang baik, maka lakukan perbaikan kondisi kerja dan tata cara kerja terlebih dahulu.

- 3). Pilih operator – operator yang representatif.
- 4). Apabila memang diperlukan dapat diadakan pelatihan bagi operator yang dipilih agar bisa dan terbiasa dengan sistem kerja yang digunakan.
- 5). Menyiapkan peralatan yang digunakan, yaitu papan atau lembar pengamatan.
- 6). Melakukan pemisahan kegiatan menjadi elemen – elemen pekerjaan yang akan di ukur. Kegiatan tersebut harus bersifat *mutually exclusive* dan *mutually exhaustive*, artinya suatu kegiatan yang terpisah dari kegiatan lainnya, dan jumlah semua kegiatan tersebut adalah semua kegiatan yang mungkin terjadi di tempat pekerjaan berlangsung.
- 7). Menentukan waktu pengamatan secara acak dengan menggunakan bilangan random dari table bilangan random.

2.2.5. Penentuan Waktu Acak

1. Cara Menentukan Jumlah Pengamatan

Cara menentukan waktu pengamatan secara acak adalah dengan membagi satu hari kerja ke dalam satuan – satuan waktu yang besarnya ditentukan oleh peneliti. Biasanya panjang satu satuan waktu tidak terlampau singkat dan juga tidak terlampau panjang. Berdasarkan satuan waktu inilah pengamatan dilakukan.

Contoh:

Misalkan satu satuan waktu panjangnya 5 menit. Dalam satu hari kerja ada 8 jam, sehingga dapat ditentukan satuan waktunya adalah $8 \text{ jam} \times 60 \text{ moenit} / 5 \text{ menit} = 96$ satuan waktu. Hal ini berarti kunjungan dalam satu hari tidak lebih dari 96 kali. Misal dalam satu hari dilakukan 50 kali pengamatan yang waktunya

ditentukan berdasarkan bilangan random.

2. Penggunaan Tabel Angka Acak Dalam Sampling Kerja

Untuk melakukan pengamatan dalam sampling kerja, maka masing – masing kejadian yang diamati selama aktivitas kerja berlangsung harus memiliki kesempatan yang sama untuk diamati. Dengan kata lain pengamatan harus dilaksanakan secara acak (random). Tabel angka acak dapat digunakan sebagai dasar untuk menetapkan waktu setiap harinya dimana pengamatan harus dilakukan. Tabel angka acak biasa ditemukan di buku – buku statistik atau buku – buku teknik. Langkah – langkah menggunakan tabel bilangan acak adalah sebagai berikut:

- 1) Mengambil deret bilangan acak (bisa secara vertikal maupun horizontal). Contoh : 39, 65, 75, 45, 19, 54,dst....
- 2) Menentukan lama waktu kerja operator, misalkan satu hari ada 7 jam kerja.
- 3) Menentukan satu satuan frekuensi pengamatan, misal pengamatan dilakukan 5 menit sekali.
- 4) Menentukan banyaknya pengamatan. Dengan cara membagi lama waktu kerja dengan satu satuan frekuensi setiap pengamatan.
- 5) Menentukan jam – jam kunjungan, misal jam kerja operator dari pukul 08.00 s/d 15.00, untuk setiap 5 menit dilakukan pengamatan maka diperoleh jam – jam kunjungan sebagai berikut: 08.05, 08.10, 08.15,dst..... 16.00
- 6) Menyesuaikan jam – jam kunjungan dengan bilangan acak, agar pengamatan yang dilakukan bersifat random. Misal Satuan – satuan waktu ke 39, 65, Yang berarti pengamatan pada jam 11.15, dan jam 14.25.....dst

2.2.6. Prosedur Praktikum

Peralatan yang digunakan adalah lembar pengamatan, dan tabel bilangan random. Sedangkan prosedur pelaksanaan praktikumnya yaitu:

- 1) Setiap kelompok melakukan pengamatan langsung ke lapangan (dalam hal ini *home industry*).
- 2) Tentukan jumlah pengamatan awal (*pre-work sampling*) yang ingin dilakukan, kegiatan penelitian awal ini dilakukan antara 3 hari kerja dengan jumlah pengamatan sebanyak mungkin. Jangan lupa tentukan juga tingkat kepercayaan dan derajat ketelitian yang diinginkan.
- 3) Setelah menentukan jumlah pengamatan kelompok anda dapat menentukan waktu kunjungan berdasarkan tabel bilangan random yang telah diberikan.
- 4) Lakukan pengujian kecukupan data jika ternyata pengamatan yang kelompok anda lakukan kurang lakukan pengambilan data tambahan agar data yang diambil cukup berdasarkan tingkat kepercayaan dan derajat ketelitian yang diinginkan.
- 5) Catatlah hasil pengamatan kelompok anda, pisahkan ke dalam kegiatan non produktif atau produktif seperti tabel di bawah ini.

Tabel 2.3. Hasil Pengamatan

No	Bilangan Random	Hari/Tgl	Waktu	Aktivitas	
				Produktif	Non Produktif
1					
2					
3					
4					
dst					

2. Pengolahan Data

Setelah data dikumpulkan lakukan pengolahan data yang meliputi uji kecukupan data, uji keseragaman data, menghitung *ratio delay*, dan terakhir menghitung waktu baku.

1. Untuk menghitung uji kecukupan data rumus yang digunakan adalah:

$$S.\hat{p} = k\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{N'}} \text{ atau } N' = \frac{k^2(1-\hat{p})}{S^2\hat{p}}$$

Dimana:

N' = jumlah sampel yang seharusnya diambil

K = nilai Z untuk tingkat kepercayaan tertentu

S = derajat ketelitian

\hat{p} = proporsi kejadian yang diamati

Data dikatakan cukup jika $N' < N$ dengan N menyatakan jumlah sampel sudah diambil.

2. Untuk uji keseragaman data dapat dicari dengan menggunakan rumus grafik pengendali kualitas proporsi untuk menentukan batas kontrol atas atau bawah, yang dirumuskan sebagai:

$$BK = \hat{p} \pm \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{N}}$$

3. $Ratio\ delay = \frac{\% non\ produktif}{\% produktif}$

4. $Performance\ level = \frac{Jumlah\ prouktif}{Jum\ total\ pengamatan} \times 100\%$

5. $Waktu\ normal = \frac{Total\ waktu\ x\ performance\ level\ x\ RF}{Jumlah\ prouk\ yang\ dihasilkan}$

6. $Waktu\ baku = Waktu\ normal \times \frac{100\%}{100\% - \%allowance}$

LEMBAR KERJA PRAKTIKUM WORK SAMPLING

Nama Objek Penelitian : L/P

Aktivitas :

Berat Badan :Kg

Kelompok :

a. Perhitungan bilangan random

b. Pengamatan di lapangan

Data pengamatan Hari 1 :/....../20..

No	Bilangan Random	Hari/Tgl	Waktu	Aktivitas	
				Produktif	Non Produktif

Data pengamatan Hari 2 : .../.../20..

No	Bilangan Random	Hari/Tgl	Waktu	Aktivitas	
				Produktif	Non Produktif

Perhitungan dan analisa

a. Uji kecukupan data

b. Uji keseragaman data

c. *Ratio delay* =

d. *Performance level* =

e. *Waktu normal* =

f. *Waktu baku* =

Fakultas	: Sains dan Teknologi	Pertemuan ke	: 1
Jurusan / Program Studi	: Teknik Industri	Modul ke	: 1
Kode Mata Praktikum	: 207404-17	Jumlah Halaman	: 19
Nama Mata Praktikum	: APK & E	Mulai Berlaku	: Genap 2018/2019

MODUL 3

DESAIN STASIUN KERJA

3.1. Tujuan Praktikum

Tujuan yang ingin dicapai dalam praktikum antropometri adalah:

1. Praktikan mengetahui dan memahami hubungan antara pekerja, mesin, dan lingkungan kerja.
2. Praktikan mampu mengukur dimensi tubuh yang akan digunakan dalam desain produk dan sistem kerja.
3. Praktikan mampu menganalisis data yang akan digunakan dalam desain produk dan stasiun kerja (*workstation*)
4. Praktikan mampu mengaplikasikan rancangan desain dalam *software*.

3.2. Landasan Teori

a. Ergonomi

Kesesuaian antara pekerja dengan lingkungan kerja dan stasiun kerja memberikan dampak pada produktivitas pekerja. Sedangkan desain produk dan stasiun kerja (*workstation*) dalam perancangannya tidak terlepas dari data anthropometri. Anthropometri merupakan salah satu *tools* yang digunakan untuk menciptakan kondisi yang ergonomis, sehingga pekerja akan merasa nyaman dalam beraktivitas. Aspek-aspek ergonomi dalam suatu proses rancang bangun fasilitas merupakan faktor yang penting dalam menunjang peningkatan pelayanan

jasa produksi. Setiap desain produk, baik produk yang sederhana maupun produk yang sangat kompleks, harus berpedoman kepada antropometri pemakainya.

Ergonomi disebut juga *human factor engineering*. Istilah ergonomi itu sendiri berasal dari bahasa latin yaitu *Ergon* (kerja) dan *Nomos* (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan perancangan atau desain (Nurmianto, 2004). Sedangkan menurut Grandjean (1986) *Human engineering (Ergonomic)* didefinisikan sebagai perancangan *man machine – interface* sehingga pekerja dan mesin bisa berfungsi lebih efektif dan efisien sebagai sistem manusia mesin yang terpadu. Sतालaksana (1979) merumuskan ergonomi sebagai suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem tersebut dengan baik yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman dan nyaman.

Tarwaka dkk, (2004) menyatakan bahwa secara umum tujuan dari penerapan ergonomi adalah:

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

Tipe-tipe masalah ekonomi yang muncul dalam penerapan *ergonomi* antara lain:

1. *Anthropometrik*, masalah dimensial antara ukuran tubuh manusia dengan fungsional geometris. Pada antropometri dilakukan pengukuran terhadap:
 - a. Dimensi linier tubuh, termasuk berat dan volumenya
 - b. Jarak jangkauan
2. *Kognitif*, masalah ini timbul bila terjadi kelebihan atau kekurangan informasi dibandingkan persyaratan info proses yang diperlukan. Solusinya adalah dengan mendesain performansi yang sesuai antara fungsi tubuh manusia dengan fungsi mesin yang terlibat.
3. *Muscoluskeletal*, masalah penegangan otot, solusinya dapat dilakukan dengan mendesain ulang pekerjaan, untuk menjaga performansinya agar tetap sesuai dengan kapasitas manusia.
4. *Kardiovaskuler*, menyangkut masalah sistem sirkulasi, termasuk sirkulasi jantung. Solusinya adalah dengan mendesain ulang pekerjaan untuk melindungi pekerjaannya, dan melakukan *job rotation*.
5. *Phsycomotor*, menyesuaikan antara kapasitas manusia dan pemenuhan performansi kerja dengan persyaratan jabatan.

Sistem kerja yang ergonomis adalah sistem kerja yang mengandung keharmonisan antara manusia/pekerja dengan lingkungan kerja. Sedangkan yang dimaksud lingkungan kerja adalah keseluruhan alat, perkakas, bahan, metoda kerja, serta lingkungan fisik kerja (Sastrowinoto, 1985). Sistem kerja yang baik tidak terlepas dari *work place* (tempat kerja) maupun langkah-langkah operasional tugas yang harus dilakukan dalam suatu pekerjaan. Penataan tempat kerja beserta perlengkapan atau peralatan yang digunakan maupun posisi pada saat bekerja akan sangat berpengaruh dalam menciptakan suatu sistem kerja yang terintegrasi dengan baik.

b. Antropometri

Istilah *anthropometri* berasal dari kata "*anthropos (man)*" yang berarti manusia dan "*metron (measure)*" yang berarti ukuran (Bridger, 1995). Secara definitif antropometri dapat dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Antropometri menurut Sanders & Mc Cormick (1987); Pheasant (1988), dan Pulat (1992), adalah pengukuran dimensi tubuh atau karakteristik fisik tubuh lainnya yang relevan dengan desain tentang sesuatu yang dipakai orang. Antropometri data dalam *ergonomic* digunakan untuk ruang kerja, alat, *furniture*, dan pakaian.

Berdasarkan cara pengukurannya Anthropometri dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

1). Anthropometri statis (*Structural Body Dimensions*)

Dalam Anthropometri statis pengukuran dimensi tubuh dilakukan pada tubuh manusia dalam keadaan diam. Dimensi yang diambil dalam Anthropometri statis ini adalah secara lurus (linier) dan dilakukan pada permukaan tubuh. Agar hasil pengukuran representatif maka pengukuran harus dilakukan dengan metode tertentu terhadap berbagai individu, dan tubuh harus dalam keadaan diam. Contoh : pengukuran tinggi tubuh dari populasi untuk desain tinggi pintu.

2). Anthropometri dinamis (*Functional Body Dimension*)

Pada Anthropometri dinamis dimensi tubuh diukur dalam berbagai posisi yang sedang bergerak, sehingga lebih kompleks dan sulit diukur. Terdapat 3 kelas pengukuran Anthropometri dinamis, yaitu:

a). Pengukuran tingkat keterampilan sebagai pendekatan untuk mengerti keadaan mekanis dari suatu aktivitas.

Contoh : Mempelajari performance atlet.

b). Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan pada saat bekerja.

Contoh : Jangkauan dari gerakan tangan dan kaki efektif pada saat kerja yang dilakukan duduk atau berdiri.

c). Pengukuran variabilitas kerja.

Contoh : Analisis kinematika dan kemampuan jari-jari tangan dari seorang operator.

Aspek anthropometri sangat ditekankan dalam desain suatu produk. Desain produk tersebut pada dasarnya adalah sebagai suatu pengaplikasian data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik manusia baik berdasarkan bentuk, ukuran, dan kekuatan, yang bertujuan untuk kemudahan serta kenyamanan penggunaannya.

Dalam anthropometri dikenal dua dimensi yang digunakan untuk menentukan ukuran dalam merancang suatu produk, yaitu:

a) Dimensi ruang (*Clearance*)

Dimensi ini menentukan ruang minimum yang diperlukan oleh manusia untuk melaksanakan aktivitasnya. Biasanya dimensi ini ditentukan dengan ukuran yang lebih besar dari populasi pemakai yang diharapkan, misalnya: ukuran kusen pintu ditentukan oleh tinggi pemakai yang memiliki ukuran tubuh tertinggi.

b) Dimensi jangkauan (*Reach*)

Dimensi jangkauan ditentukan dengan ruang maksimum yang diijinkan ketika melaksanakan aktivitasnya. Biasanya ditentukan dengan ukuran yang lebih kecil dari populasi pemakai yang diharapkan, misalnya tinggi pegangan tangan dalam bus kota ditentukan oleh populasi pemakai terpendek.

Penggunaan data antropometri perlu dipertimbangkan beberapa faktor umum yang akan mempengaruhi dimensi tubuh manusia adalah :

- a) Umur
- b) Jenis kelamin
- c) Suku Bangsa
- d) Pekerjaan dan aktivitas sehari-hari
- e) Status sosio ekonomi

- f) Kondisi waktu pengukuran

Selain faktor diatas terdapat kondisi khusus yang dapat mempengaruhi dimensi tubuh manusia antara lain:

- a) Kehamilan (*pregnancy*)
- b) Cacat tubuh
- c) Tebal tipisnya pakaian saat pengukuran

Akan tetapi semakin banyak jumlah manusia yang diukur dimensi tubuhnya maka akan semakin kelihatan betapa besar variasinya antara satu tubuh dengan tubuh lainnya baik secara keseluruhan tubuh maupun per segmen-nya (Nurmianto, 1996).

Data antropometri yang diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal :

1. Perancangan areal kerja (*work station*, interior mobil, dll).
2. Perancangan peralatan kerja (perkakas, mesin, dll).
3. Perancangan produk-produk konsumtif (pakaian, kursi, meja, dll).
4. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Ada 3 filosofi dasar untuk suatu desain yang digunakan oleh ahli-ahli ergonomic sebagai data antropometri yang diaplikasikan (Sutalaksana, 1979 dan Wignjosoebroto, 1995), yaitu:

1. Perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim.
Contoh: penetapan ukuran minimal dari lebar dan tinggi dari pintu darurat.
2. Perancangan produk yang bisa dioperasikan di antara rentang ukuran tertentu.
Contoh: perancangan kursi mobil yang letaknya bisa digeser maju atau mundur, dan sudut sandarannya pun bisa dirubah-ubah.
3. Perancangan produk dengan ukuran rata-rata.

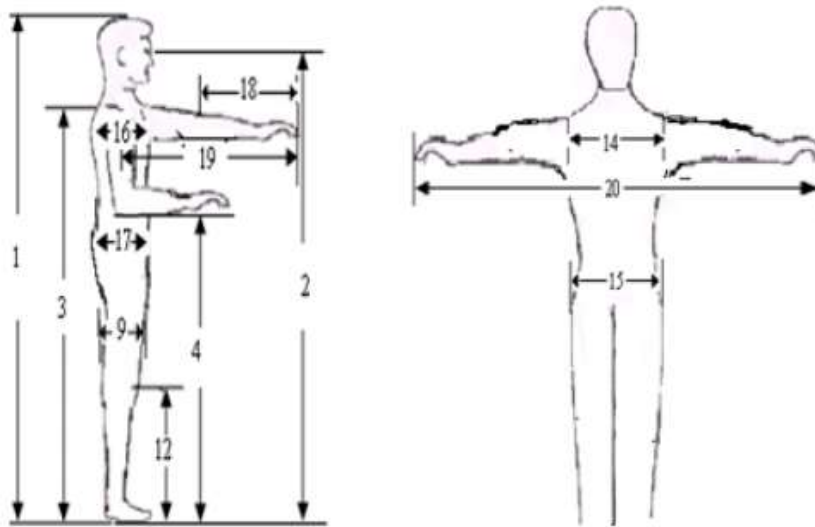
Contoh: desain fasilitas umum seperti toilet umum, kursi tunggu, dan lain - lain.

Berkaitan dengan aplikasi data antropometri yang diperlukan dalam proses perancangan produk atau fasilitas kerja ka diteapkan langkah-langkah sebagai berikut (Roebuck, 1995):

1. Menentukan kebutuhan perancangan dan kebutuhannya.
2. Mendefinisikan dan mendeskripsikan populasi pemakai
3. Pemilihan sample yang diambil datanya
4. Penentuan kebutuhan data (dimensi tubuh yang akan diambil)

a. Pengukuran Posisi Berdiri

Secara lengkap bentuk dan dimensi yang diukur dapat dilihat dalam gambar-gambar sebagai berikut.



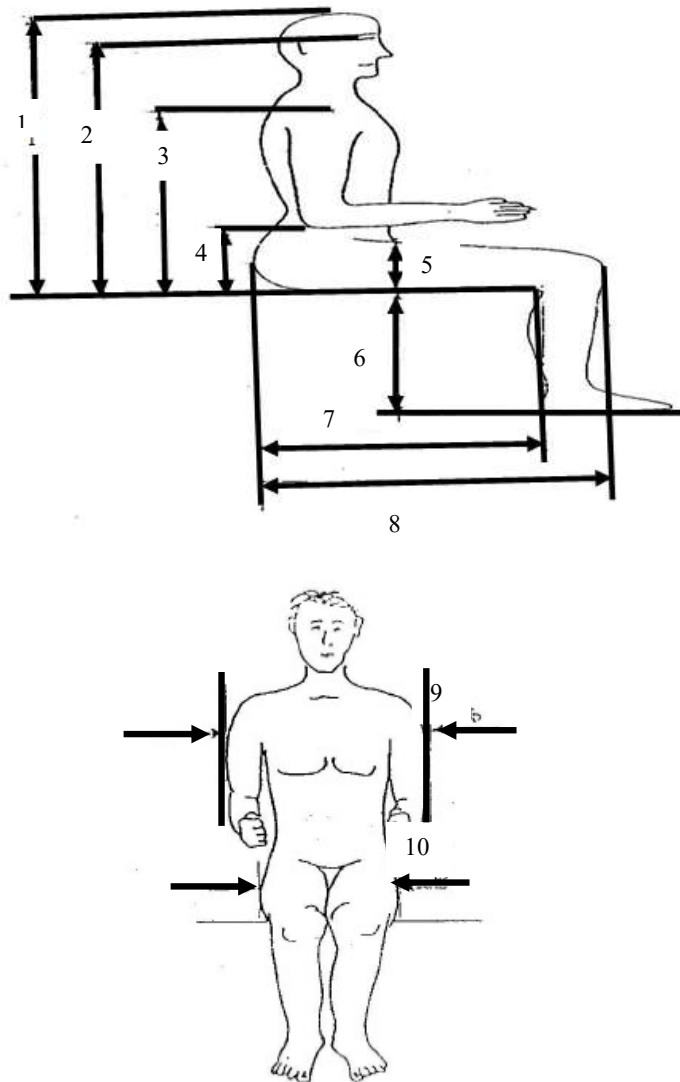
Gambar 3.1. Posisi tubuh pada saat berdiri tampak samping dan belakang

Tabel 3.1. Pengukuran Postur Berdiri

No	Simbol	Cara Pengukurannya
1	TBT	Ukur jarak vertikal telapak kaki hingga ujung kepala sampai ujung kepala yang paling atas dengan posisi operator berdiri tegak dengan mata memandang lurus ke depan.

2	TMB	Ukur jarak vertikal dari lantai sampai ujung mata bagian dalam dengan posisi operator berdiri tegak dan pandangan lurus ke depan.
3	TBB	Ukur jarak vertikal dari lantai hingga bahu yang menonjol pada saat operator berdiri tegak
4	TSB	Ukur jarak vertikal dari lantai ke titik pertemuan antara lengan atas dan lengan bawah (siku) dengan posisi operator tegak dan kedua tangan tergantung secara wajar.
5	TBD	Ukur jarak vertikal dari lantai hingga bahu yang menonjol pada saat operator duduk
6	TMD	Ukur jarak vertikal dari lantai sampai ujung mata bagian dalam dengan posisi operator duduk dan pandangan lurus ke depan
7	PLB	Ukur jarak dari siku sampai pergelangan tangan.
8	TL	Operator berdiri tegak, ukur jarak vertikal dari lantai hingga lutut yaitu pertemuan antara kaki bagian bawah dengan paha.
9	JT	Ukur jarak horisontal dari punggung sampai ujung jari tengah. Subyek berdiri tegak dengan betis, pantat, punggung merapat ke dinding, tangan direntangkan ke depan.
10	RT	Ukur jarak horisontal dari ujung jari terpanjang tangan kiri ujung jari terpanjang tangan kanan, subyek berdiri tegak dan kedua tangan direntangkan horisontal ke samping sejauh mungkin.

b. Pengukuran Posisi Duduk

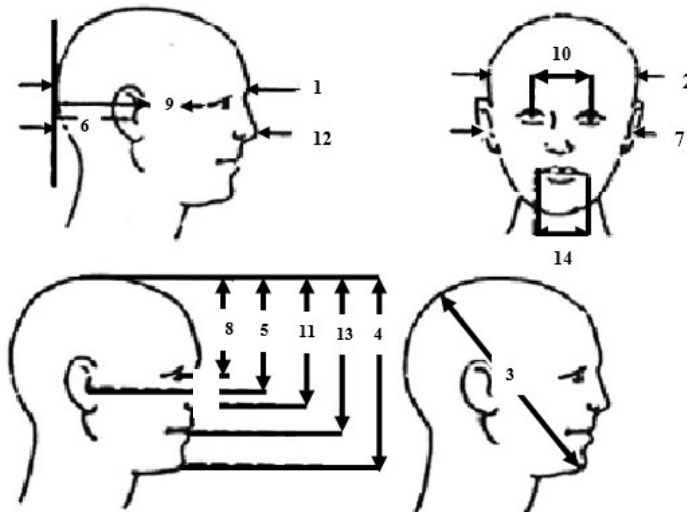


Gambar 3.3. Pengukuran Posisi Duduk

No	Kode	Keterangan
1	TDT	Ukur jarak vertical alas duduk sampai ujung atas kepala. Subyek duduk tegak dengan mata memandang lurus kedepan dan kaki membentuk sudut siku-siku.
2	TMD	Ukur jarak vertical dari permukaan alas duduk sampai mata pada saat subjek duduk tegak.

3	TBD	Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai utnug tulang bahu yang menonjol pada saat subyek duduk tegak.
4	TSD	Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung bawah siku kanan. Subyek duduk tegak dengan lengan ke atas vertikal di sisi badan dan lengan bawah membentuk sudut siku-siku dengan lengan bawah.
5	TP	Subyek duduk tegak, ukur jarak dari permukaan ke atas paha.
6	TPO	Ukur jarak verikal dari lantai hingga bagian bawah paha di mana posisi operator duduk tegak.
7	PPO	Ukur jarak vertikal dari lantai sampai bagian bawah paha.
8	PKL	Ukur jarak horisontal dari bagian terluar pantat sampai ke lutut. Paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut sikusiku.
9	LP	Lebar pinggul diukur dengan subyek duduk tegak, ukur jarak horisontal dari bagian terluar pinggul sisi kanan.
10	LB	Lebar bahu dengan mengukur jarak horisontal antara kedua lengan atas, subyek duduk tegak dengan lengan atas merapat ke badan dan lengan bawah direntangkan ke depan.

c. Pengukuran Dimensi Kepala



Gambar 3.4. Pengukuran Dimensi Kepala

1. Panjang Kepala (PK): dihitung dari kepala belakang yang paling menonjol sampai kepala yang paling depan.
2. Lebar Kepala (LK): dihitung dari kepala samping kanan menuju kepala samping kiri.
3. Diameter maksimum dari dagu (DM): dihitung dari diameter kepala, dari dagu menuju kepala atas bagian belakang.
4. Dagu ke puncak kepala (DPK) : dihitung dari diameter kepala, dari dagu menuju kepala atas.
5. Telinga ke puncak kepala(TPK): dihitung dari pusat telinga menuju kepala bagian atas.
6. Telinga ke Belakang Kepala (TBK): dihitung dari pusat telinga menuju bagian kepala belakang.
7. Antara Dua Telinga (ADT): dihitung dari telinga menuju telinga satunya.
8. Mata ke puncak kepala (MK): di hitung dari mata menuju kepala bagian atas.
9. Mata ke belakang kepala (MBK): di hitung dari mata menuju kepala bagian belakang.
10. Antara dua pupil mata (DPM): dihitung antara pupil satu dengan pupil yang lainnya.
11. Hidung ke puncak kepala (HPK): dihitung dari hidung menuju ke kepala bagian atas.
12. Hidung ke belakang kepala (HBK): dihitung dari hidung menuju kepala bagian atas.
13. Mulut ke puncak kepala (MPK): dihitung dari mulut menuju kepala bagian atas.
14. Lebar mulut (LB): dihitung dari lebar mulut (dari samping kanan menuju samping kiri).

5. Penentuan sumber data (dimensi tubuh yang kan diambil) dan

percentile yang akan digunakan

6. Penyiapan alat ukur yang akan dipakai.
7. Pengambilan data
8. Pengolahan data
 - a. Uji kecukupan data
 - b. Uji kecukupan data

$$N' = \left(\frac{k/s \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Dimana :

N' = banyak sampel yang seharusnya diambil

N = jumlah sampel yang telah diambil

x = data hasil pengukuran

σ = derajat ketelitian

K = nilai Z untuk derajat ketelitian tertentu

- c. Uji keseragaman data digunakan rumus sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$BKA = \bar{x} + k\sigma$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma$$

- d. Perhitungan percentile data (misal: 5th, 50th, 95th)

Persentil ke -n	Rumus Yang digunakan
1	$X - 2,326a$
2	$X - 2,054a$

Persentil ke -n	<i>Rumus Yang digunakan</i>
2,5	$X - 1,959a$
5	$X - 1,645a$
95	$X + 1,645a$
97,5	$X + 1,96a$
98	$X + 2,054a$
99	$X + 2,326a$

9. Visualisasi rancangan dengan memperhatikan :

- a. Posisi tubuh
- b. Kelonggaran (pakaian dan ruang)
- c. Variasi gerak

10. Analisis hasil rancangan.

LEMBAR KERJA PRAKTIKUM ANTROPOMETRI

Nama Objek Penelitian :

Jenis Kelamin : L/P

Kelompok :

- a. Pengukuran dimensi tubuh

No	Dimensi/Bentuk Tubuh	Simbol	Hasil (cm)
	DUDUK		
1	Tinggi Bahu Duduk	TBD	
2	Tinggi Mata Duduk	TMD	
3	Panjang Lengan Bawah	PLB	
4	Tinggi Siku Duduk	TSD	
5	Tebal Paha	TP	
6	Pantat Ke Lutut	PKL	
7	Popliteal Ke Pantat	PKP	
8	Tinggi Lutut	TL	
9	Tinggi Lipat Lutut (Popliteal)	TPO	
	BERDIRI		
10	Tinggi Mata berdiri	TMB	
11	Tinggi Bahu Berdiri	TBB	
12	Tinggi Siku Berdiri	TSB	
13	Tinggi Badan Tegak	TBT	
14	Lebar Bahu	LB	
15	Lebar Pinggul	LP	
16	Tebal Dada	TD	
17	Tebal Perut	TA	
18	Siku Ke Ujung Jari	SUJ	
19	Jangkauan Tangan	JT	
20	Rentangan Tangan	RT	
21	Panjang Telapak Tangan Sampai Ujung	TUJ	
	KEPALA		
22	Panjang Kepala	PK	
23	Lebar Kepala	LK	
24	Diameter maksimum dari dagu	DMD	
25	Dagu kepuncak Kepala	DPK	
27	Telinga ke Belakang Kepala	TBK	
28	Antara dua telinga	ADT	
29	Mata kepuncak Kepala	MKK	
30	Mata ke belakang Kepala	MBK	
31	Antara dua pupil mata	DPM	

Sketsa desain produk

Fakultas	: Sains dan Teknologi	Pertemuan ke	: 1
Jurusan / Program Studi	: Teknik Industri	Modul ke	: 1
Kode Mata Praktikum	: 207404-17	Jumlah Halaman	: 19
Nama Mata Praktikum	: APK & E	Mulai Berlaku	: Genap 2017/2018

MODUL 4

ANALISIS BEBAN KERJA

4.1. Tujuan Praktikum

Tujuan yang ingin dicapai dalam pelaksanaan praktikum ini adalah:

1. Praktikan memahami perbedaan beban kerja dapat berpengaruh terhadap aspek fisiologi manusia.
2. Praktikan dapat menghitung besarnya energi ekpenditur, konsumsi *energy* dan konsumsi oksigen.
3. Praktikan mampu melakukan pengukuran kerja fisiologi dan biomekanik
4. Praktikan mampu merekomendasikan batas beban kerja yang diperbolehkan untuk operator
5. Praktikan mampu memberikan rekomendasi berdasar analisis yang telah dilakukan

4.2. Landasan Teori

4.2.1. FISILOGI KERJA

Secara garis besar hasil kerja (performansi) dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu:

- 1). *Faktor individual* (diri) yang meliputi sikap, karakteristik fisik, motivasi, usia, jenis kelamin, pendidikan, pengalaman dan lain-lain.
- 2). *Faktor situasional* seperti lingkungan fisik, mesin, peralatan, metode kerja dan lain-lain.

Pada dasarnya aktivitas kerja merupakan pengeluaran energi dan pemanfaatan organ-organ tubuh melalui koordinasi dan perintah syaraf pusat yaitu otak. Besarkecilnya energi yang dikeluarkan oleh tubuh sangat tergantung dari jenis pekerjaan yaitu kerja fisik atau mental. Secara umum jenis pekerjaan fisik memerlukan energi yang lebih besar jika dibandingkan dengan jenis pekerjaan yang bersifat mental.

Pada saat manusia bekerja secara fisik terjadi perubahan fungsi alat-alat tubuh yang dapat dideteksi melalui konsumsi oksigen, perubahan denyut jantung, temperatur tubuh, kadar oksigen dalam darah, konsentrasi asam laktat dalam darah, tekanan darah, peredaran udara dalam paru-paru, tingkat penguapan dan faktor-faktor lainnya. Menurut Davis dan Miller kerja fisik ini dikelompokkan mejadi 3, yaitu:

- 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 energi karena otot yang digunakan lebih sedikit
- 3). Kerja otot statis, otot digunakan untuk menghasilkan gaya tetapi tanpa kerja mekanik, membutuhkan kontraksi sebagian otot.

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

1. Konsep Horse-Power oleh *Taylor*, tetapi tidak memuaskan.
2. Tingkat konsumsi energi untuk mengukur pengeluaran energi.
3. Perubahan tingkat kerja jantung dan konsumsi Oksigen.

Kriteria-kriteria yang dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh pekerjaan terhadap manusia dalam suatu system kerja (Tiffin) :

- a. Kriteria faali : kriteria ini digunakan untuk mengetahui perubahan fungsi alat-alat tubuh selama bekerja.

Contoh: kecepatan denyut jantung, konsumsi oksigen, tekanan darah, tingkat penguapan, *temperature* tubuh, komposisi kimia dalam darah dan air seni.

- b. Kriteria kejiwaan: pengujian tingkat kejiwaan pekerja, seperti ingkat kejenuhan, emosi, motivasi, sikap dan lain-lain.
- c. Kriteria *Hasil Kerja* meliputi: hasil kerja yang diperoleh dari pekerja. Kriteria ini digunakan untuk mengetahui pengaruh seluruh kondisi kerja dengan melihat hasilkerja yang diperoleh dari pekerja tersebut.

Kegiatan kerja manusia digolongkan menjadi 2, yaitu :

- a. Kerja fisik (otot)
- b. Kerja mental (otak)

Kerja fisik akan mengakibatkan perubahan-perubahan dalam tubuh, antara lain:

- a. Konsumsi oksigen
- b. Denyut jantung
- c. Peredaran udara dalam paru-paru
- d. *Temperature* tubuh
- e. Konsentrasi asam laktat dalam darah, penyebab kelelahan
- f. Komposisi kimia dalam dsrah dan air seni
- g. Tingkat penguapan

Dalam melakukan kerja terjadi kontraksi otot yang dapat menyebabkan kelelahan (*fatigue*).*Fatigue* adalah suatu kelelahan yang terjadi pada syaraf dan otot-otot manusia sehingga tidak berfungsi sebagai mana mestinya. Makin berat beban kerja dan semakin tidak teraturnya gerakan maka akan mempercepat kelelahan tersebut. Timbulnya kelelahan ini perlu dipelajari untuk meningkatkan tingkat kekuatan otot manusia, sehingga kerja yang akan dibebankan harus disesuaikan dengan kemampuan otot tersebut.

4.2.2. Penilaian Beban Kerja Berdasarkan Denyut Nadi Kerja

Pengukuran denyut nadi selama bekerja merupakan suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain*. Salah satu peralatan yang dapat digunakan untuk menghitung denyut nadi adalah telemetri dengan menggunakan rangsangan *ElectroCardio Graph (ECG)*. Apabila peralatan tersebut tidak tersedia, maka dapat dicatat secara manual memakai *stopwatch* dengan metode 10 denyut (Kilbon, 1992). Dengan metode tersebut dapat dihitung denyut nadi kerja sebagai berikut:

Denyut Nadi (Denyut/Menit) =

$$\text{Denyut Nadi} \left(\frac{\text{Denyut}}{\text{Menit}} \right) = \frac{10 \times 60}{\text{Waktu Perhitungan}}$$

Kepekaan denyut nadi terhadap perubahan pembebanan yang diterima tubuh cukup tinggi. Denyut nadi akan segera berubah seiring dengan perubahan pembebanan, baik yang berasal dari pembebanan mekanik, fisik maupun kimiawi

Kurniawan, (1995) dan Grandjean (1993) juga menjelaskan bahwa konsumsi energi sendiri tidak cukup untuk mengestimasi beban kerja fisik. Beban kerja fisik tidak hanya ditentukan oleh jumlah kJ yang dikonsumsi, tetapi juga ditentukan oleh jumlah otot yang terlibat dan beban statis yang diterima serta tekanan panas dari lingkungan kerjanya yang dapat meningkatkan denyut nadi. Berdasarkan hal tersebut maka denyut nadi lebih mudah dan dapat untuk menghitung indeks beban kerja.

Astrand & Rodahl (1997); Rodahl (1989) menyatakan bahwa denyut nadi mempunyai hubungan linier yang tinggi dengan asupan oksigen pada waktu kerja. Salah satu cara yang sederhana untuk menghitung denyut nadi adalah dengan merasakan denyutan pada arteri radialis di pergelangan tangan.

Denyut nadi untuk mengestimasi indeks beban kerja fisik terdiri dari beberapa jenis yang didefinisikan oleh Grandjean (1993) :

1. Denyut nadi istirahat adalah rerata denyut nadi sebelum pekerjaan dimulai.
2. Denyut nadi kerja adalah rerata denyut nadi selama bekerja.

3. Nadi kerja adalah selisih antara denyut nadi istirahat dan denyut nadi kerja.

Peningkatan denyut nadi mempunyai peran yang sangat penting dalam peningkatan *cardiac output* dari istirahat sampai kerja maksimum. Peningkatan yang potensial dalam denyut nadi dari istirahat sampai kerja maksimum tersebut oleh Rodahl (1989) didefinisikan sebagai *heart rate reserve (HR Reserve)*. *HR Reserve* tersebut di ekspresikan dalam persentase yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\%HR Reserve = \frac{\text{Denyut nadi kerja} - \text{denyut nadi istirahat}}{\text{Denyut nadi maksimum} - \text{denyut nadi istirahat}} \times 100$$

Manuaba & Vanwonterghem (1996) menentukan klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum karena beban kardiovaskular (*cardiovascular load = % CVL*) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\%CVL = \frac{\text{Denyut nadi kerja} - \text{denyut nadi istirahat}}{\text{Denyut nadi maksimum} - \text{denyut nadi istirahat}} \times 100\%$$

Denyut nadi maksimum adalah :

- a. Laki – laki = 220 – umur
- b. Wanita = 200 – umur

Dari hasil perhitungan % CVL tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi sebagai berikut:

- X < 30 % = tidak terjadi kelelahan
- 30 < X < 60 % = diperlukan perbaikan
- 60 < X < 80 % = kerja dalam waktu singkat
- 80 < X < 100 % = diperlukan tindakan segera
- X > 100 % = tidak diperbolehkan beraktivitas

4.2.3. Pengukuran denyut jantung

Diagram diatas menunjukkan bahwa konsumsi *energy* dapat menghasilkan denyut jantung yang berbeda-beda. Oleh karenanya dapat dikatakan bahwa meningkatnyadenyut jantung dikarenakan oleh:

- a. Temperatur sekeliling yang tinggi
- b. Tingginya pembebanan otot statis
- c. Semakin sedikit otot yang terlibat dalam suatu kondisi kerja

Atas dasar itulah sehingga denyut jantung telah dipakai sebagai index beban kerja. Adapun hubungan antara metabolisme, respirasi, temperature badan dan denyut jantung sebagai media pengukur beban kerja ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel. 4.1. Hubungan antara metabolisme, respirasi, temperature badan dan denyut jantung sebagai media pengukur beban kerja

Work Load	Oxygen Consumption (liter/min)	Energy Expenditure	Heart Rate during work (beats/min)
Light	0,5 – 1,0	2,5 – 5,0	60 - 100
Modeate	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

Ralph M. Barnes menggolongkan kelelahan dalam 3 hal tergantung dari mana hal itu dilihat,yaitu:

- 1). Merasa lelah
- 2). Kelelahan karena perubahan fisiologi dalam tubuh
- 3). Menurunkan kemampuan kerja

Ketiga hal tersebut pada dasarnya berkesimpulan sama,yaitu bahwa kelelahan

terjadi jika kemampuan otot telah berkurang dan lebih lanjut lagi mengalami puncaknya bila otot tersebut sudah tidak mampu bergerak (kelelahan sempurna).

Pada hakekatnya kekuatan dan daya tahan tubuh ini tidak hanya ditentukan oleh otot saja tetapi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor subjektifitas,yaitu:

- 1). Besarnya tenaga yang dikeluarkan
- 2). Cara dan sikap melakukan aktifitas
- 3). Kecepatan dalam melakukan pekerjaan
- 4). Jenis pekerjaan
- 5). Umur dan Jenis kelamin

Untuk mengetahui tingkat kelelahan dari operator ditentukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Mengukur kecepatan denyut jantung dan pernafasan
- 2) Mengukur tekanan darah,peredaran udara dalam paru-paru,jumlah oksigen yang dipakai,jumlah CO₂ yang dihasilkan,temperatur badan, dan komposisi kimia dalam urine dan darah.
- 3) Menggunakan alat penguji kelelahan *Riken Fatigue Indicatir* dengan ketentuan pengukuran elektroda logam melalui tes variasi perubahan air liur (saliva) karena lelah.

Untuk mengatasi kelelahan ini maka diperlukan waktu istirahat (*Rest Period*) untuk memulihkan energi (*recovery*) dikeluarkan.Besarnya *Rest Period* dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$RP = \frac{t(w - s)}{w - 1.5}$$

Dimana:

RP= *Rest Period* (menit)

t= 60 menit

w = *Energi expenditure* terbesar saat *recovery* (kilo kalori)

s = *Energi expenfiture* rata-rata (kilo kalori)

4.3. Prosedur Praktikum

Dalam hal ini peralatan yang digunakan adalah :

1. Sepeda statis
2. Alat tulis
3. Stopwatch
4. Tensimeter

Dalam praktikum ini dilakukan secara berkelompok ,setiap kelompok terdiri dari 3 orang : 1 orang objek penelitian, 1 orang sebagai dan pengamat (pencatat) dan sisanya sebagai operator Pulsemeter. Kemudian setelah itu lakukan langkah-langkah berikut ini:

1. Hitung denyut jantung pekerja sebelum bekerja catatlah hasilnya sebagai D_{n0} .
2. Objek mengayuh pada sepeda statis dengan jarak tempuh 500 m,
3. Ukur Denyut nadi setelah bekerja.
4. Ulangilah langkah 2 sampai 3 dengan jarak 1 km, 1,5km.
5. Catatlah hasil dari langkah-langkah di atas ke dalam tabel pengamatan seperti di bawah ini.

Tabel 4.2.Pengumpulan Data

Aktivitas	Denyut Jantung						
	D_{n0}	D_{n1}	D_{n2}	D_{n3}	$D_{0,5}$	D_1	$D_{1,5}$
Jarak tempuh 0,5 km							
Jarak tempuh 1 km							
Jarak tempuh							

Aktivitas	Denyut Jantung						
	Dn0	Dn1	Dn2	Dn3	D _{0,5}	D ₁	D _{1,5}
1,5 km							

2. Pengolahan Data

Beberapa hal yang perlu diolah dalam kasus ini adalah:

1. Besarnya energi ekpenditur baik pada saat pekerja bekerja maupun pada saat istirahat.
2. Menghitung beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadimaksimum karena beban kardiovaskular (*cardiovascular load = % CVL*)
3. Menghitung rest period (RP) yang dibutuhkan dalam aktivitas tersebut.
4. Pengolahan data kemudian dilanjutkan dengan pengujian apakah ada hubungan atau korelasi antara denyut jantung terhadap energi ekpenditur yang dikeluarkan, dengan menggunakan rumus

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Dimana:

n = banyak data

x = denyut jantung (kali/menit)

y = energi ekpenditur (kkal/menit).

Koefisien korelasi di atas merupakan indeks atau bilangan yang menyatakan ukuran keeratan hubungan antara variabel independendan variabel dependen. Besarnya koefisien korelasi ini antara -1 sampai dengan +1. Jika nilai koefisien korelasi bernilai -

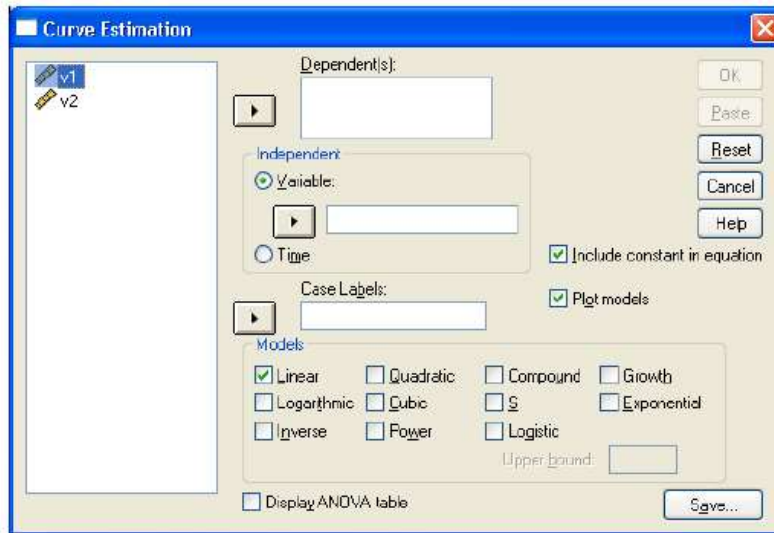
1 maka dikatakan bahwa dua variabel tersebut berkorelasi negatif sempurna begitu juga jika koefisien korelasi bernilai +1 maka dikatakan positif sempurna. Jika koefisien korelasi bernilai 0 maka dikatakan antar dua variabel tersebut tidak mempunyai korelasi. Berikut ini diberikan interpretasi nilai koefisien korelasi.

Tabel 4.3. Interpretasi nilai koefisien korelasi

Interval	Koefisien	Interpretasi
0,001	- 0,200	Korelasi sangat lemah
0,201	- 0,400	Korelasi lemah
0,401	- 0,600	Korelasi cukup kuat
0,601	- 0,800	Korelasi kuat
0,801	- 1,000	Korelasi sangat kuat

Langkah selanjutnya adalah membuat persamaan regresi yang terbentuk untuk menyatakan hubungan antara denyut jantung dan besarnya energi ekpenditur yang dikeluarkan pada saat melakukan aktivitas tersebut. Untuk memudahkan perhitungannya gunakan bantuan *software* SPSS, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Inputkan data hasil percobaan di atas ke dalam lembar kerja SPSS seperti di bawah ini. Variabel yang digunakan misalkan v_1 untuk menyatakan denyut jantung dan v_2 untuk menyatakan besarnya energi ekpenditur.
2. Selanjutnya klik **Analyze I Regression I Curve Estimation** kemudian pada bagian **Models** pilihlah **Linear**. Klik **Display ANOVA table**, abaikan yang lain.



Gambar 4.1. *Curve Estimation*

- Sebagai langkah terakhir klik **OK**, dan ulangilah langkah di atas dengan model persamaan regresi yang berbeda misalnya *Quadratic*, *Exponential* atau yang lainnya.

Dari hasil output SPSS yang diperoleh lakukan analisa lebih lanjut, misalnya uji F (anova), uji t, atau yang lain nya.

4.2.1. Biomekanika

Menurut *American Material Handling Society* pemindahan beban secara manual (*manual material handling*) dinyatakan sebagai seni ilmu yang meliputi penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), pengepakan (*packaging*), penyimpanan (*storing*) dan pengawasan (*controlling*) dari material dengan segala bentuknya, (Wignjosoebroto,1996).Aktivitas manual material handling (MMH) yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian bahkan kecelakaan pada karyawan. Akibat yang ditimbulkan dari aktivitas MMH yang tidak benar salah satunya adalah keluhan *muskuloskeletal*.Keluhan *muskuloskeletal* adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan yang sangat ringan sampai sangat sakit.Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam jangka waktu yang lama akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen

dan tendon. Keluhan inilah yang biasanya disebut sebagai *muskuloskeletal disorder (MSDs)* atau cedera pada sistem *muskuloskeletal* (Grandjean, 1993).

Analisa beberapa kecelakaan traumatik yang dialami pekerja dari berbagai macam pekerjaan yang menunjukkan rasa nyeri (ngilu) berhubungan erat dengan beban kompresi (tekan) yang terjadi pada (L5/S1), demikian kata Chaffin and Park (1973).

Aktivitas *manual material handling* mengakibatkan tekanan pada :

- a. Sistem *cardiovascular*:
 - a. Meningkatnya konsumsi oksigen
 - b. Meningkatnya denyut jantung
 - c. Meningkatnya tekanan darah
 - d. Mempercepat *muscular fatigue*
- b. System *musculoskeletal*.

Faktor yang mempengaruhi individu dalam melakukan aktivitas tersebut antara lain:

- a. Frekuensi *handling*
- b. Jarak perpindahan
- c. Berat beban

Kerja fisik mengakibatkan perubahan pada fungsi-fungsi alat-alat tubuh sebagai akibat dari aktivitas otot yang dapat dideteksi melalui :

- a. Denyut jantung
- b. Tekanan darah
- c. Output jantung
- d. Komposisi kimia darah dan urine
- e. Temperature tubuh
- f. Ventilasi paru-paru
- g. Komposisi oksigen oleh otot

Biomekanika mempelajari manusia dari segi kemampuan fisik seperti kekuatan, daya tahan, kecepatan, dan ketelitian. Secara garis besar, istilah "biomekanik" dapat

didefinisikan sebagai hukum fisika dan konsep *engineering* yang menggambarkan gerakan yang dialami oleh beberapa bagian tubuh dan gaya-gaya yang dialami oleh bagian tubuh tersebut selama melakukan aktivitas sehari-hari. Biomekanika merupakan kombinasi dari ilmu Fisika dan Teknik dengan ilmu biologi sampai dengan ilmu perilaku manusia (Chaffin, 1987).

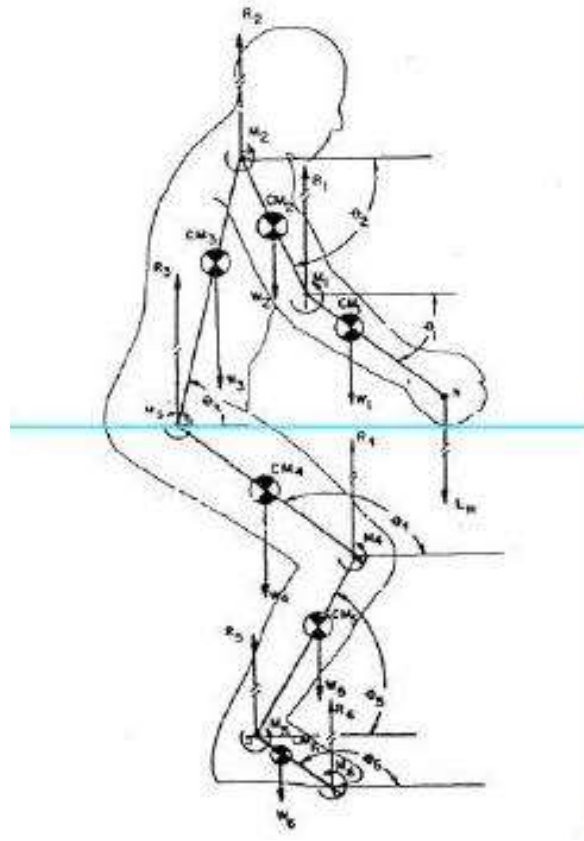
Beberapa hukum mekanika yang berlaku dalam biomekanika ini antara lain:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M = 0$$

Dalam penanganan material secara manual (*Manual Material Handling*) tentunya melibatkan banyak organ tubuh misalnya lengan bawah, lengan atas, perut, punggung dan kaki. Tishauer (1971) mengusulkan momen beban pada L5/S1 sebagai dasar untuk mengestimasi tekanan mekanik yang terjadi pada *low back*. Tekanan yang terjadi dalam jangka panjang akan menimbulkan adanya keluhan pada *musculoskeletal*, sakit pada tulang belakang terutama bagian *lumbar* dan *sacrum* (L5/S1). Jika nilai gaya kompresi F_c pada bagian *lumbar* dan *sacrum* ini lebih besar dari *AL* (*Action Limit*) tetapi kurang dari *MPL* (*Maximum Permissible Limit*) maka pengangkatan tersebut dikatakan aman, sebaliknya jika F_c lebih besar dari *MPL* maka pengangkatan tersebut dikatakan berbahaya.



Gambar 4.2. Model *low back* untuk analisa pengangkatan statik

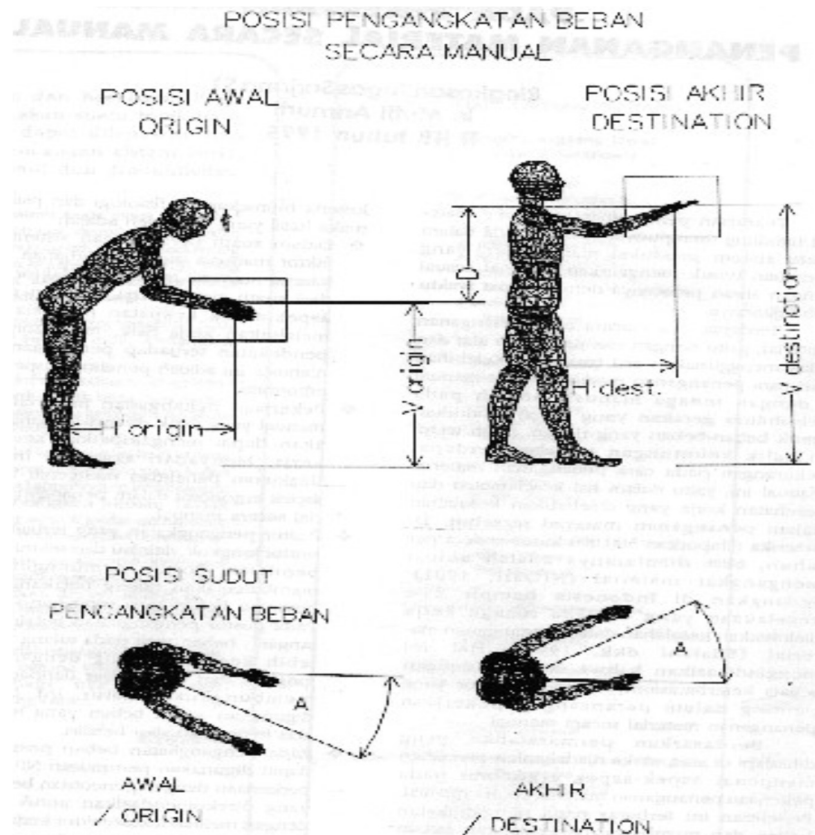
(Sumber: Chaffin and Andersson,1991)

Dengan perhitungan momen dan gaya pada penanganan material secara manual ini dapat dianalisa keterbatasan manusia ketika diberikan beban kerja tertentu, kemudian ditentukan solusi penanganan material yang lebih baik misalnya dengan merubah posisi penanganan material tersebut atau dengan memberikan alat bantu unuk penanganan material tersebut

Tubuh manusia bisa dianggap sebagai suatu mesin, dimana untuk melaksanakan suatu kegiatan atau pekerjaannya dibatasi oleh serangkaian hukum-hukum alam. Kemampuan manusia untuk melaksanakan macam-macam kegiatan tergantung pada struktur fisik tubuhnya yang terdiri dari : struktur tulang, otot-otot, kerangka, sistem saraf dan proses metabolisme. Pada tubuh manusia terdapat 265 tulang pembentuk rangka yang berfungsi untuk melindungi dan melaksanakan kegiatan fisik (Sastrowinoto, 1985).

a. *Recommended Weight Limit*

Untuk mengevaluasi suatu pekerjaan pengangkatan secara manual pada posisi sagital, *The Nation Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) 1991 memberikan rekomendasi bahwa nilai *Lifting Index* (LI) ≤ 1 dimana :



Gambar 4.3 *Recommended Weight Limit*

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

$$LC = \text{Load Constanta} = 23 \text{ kg}$$

$$HM = 25/H = \text{jarak horizontal}$$

$$VM = (1 - 0,003 | v - 69 |) = \text{jarak vertikal}$$

$$DM = 0,82 + (4,5/D) = \text{jarak perpindahan}$$

$$AM = 1 - (0,0032 A) = \text{sudut asimetri}$$

FM = frekuensi kerja (*frequency multiplier*), lihat table 1

CM = kualitas kopling (*handle*), lihat table 2

H = jarak beban terhadap titik pusat tubuh

V = jarak beban terhadap lantai

D = jarak perpindahan beban secara vertikal

A = sudut simetri putaran yang dibentuk oleh tubuh

Jika $LI \leq 1$, maka aktivitas tersebut tidak mengandung resiko cedera tulang belakang. Jika $LI > 1$, maka aktivitas tersebut mengandung resiko cedera tulang belakang.

Tabel 4.4. Tabel Frekuensi Pengali

Frekuensi Angkatan/menit	DurasiKerja					
	\leq 1 jam		1 jam \leq 2 jam t		2 jam \leq 8 jam t	
(F)	V<30	V \geq 30	V<30	V \geq 30	V<30	V \geq 30
$\leq 0,2$	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00

14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Keterangan: untuk frekuensi pengangkatan kurang atau hanya 1 kali dalam 5 menit

ditetapkan $F = 2 \text{ Lift/mnt.}$

Untuk Kualitas koping (*handle*) / CM dapat ditentukan pada tabel 2 berikut :

Tabel 4.5. Tabel *Coupling Multiplier*

Coupling Type	Coupling Multiplier	
	V<30 inches (75 cm)	V>30 inches (75 cm)
GOOD	1,00	1,00
FAIR	0,95	1,00
POO	0,90	0,95

b. Maximum Permissible Limit

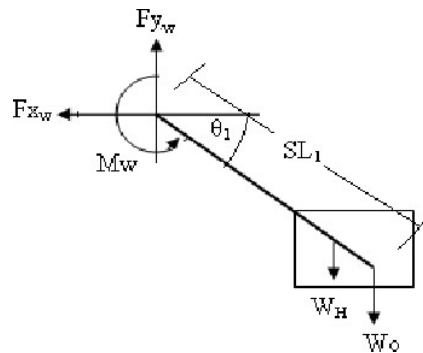
Merupakan batas besarnya gaya tekan pada segmen L5/S1 dari kegiatan pengangkatan dalam satuan Newton yang distandarkan oleh NIOSH (*National Instiute of Occupational Safety and Health*) tahun 1981. Besar gaya tekannya adalah di bawah 6500 N pada L5/S1. Sedangkan batasan gaya angkatan normal (*the Action Limit*) sebesar 3500 pada L5/S1. Sehingga, apabila $F_c < AL$ (aman), $AL < F_c < MPL$ (perlu hati-hati) dan apabila $F_c > MPL$ (berbahaya). Batasan gaya angkat maksimum yang diijinkan , yang direkomendasikan NIOSH (1991) adalah berdasarkan gaya tekan sebesar 6500 N pada L5/S1 , namun hanya 1% wanita dan 25% pria yang diperkirakan mampu melewatibatasan angkat ini.

a) Gaya dan momen pada telapak tangan

Untuk menghitung gaya dan momen pada telapak tangan, dari tabel di atas , dapat diketahui bahwa :

- Panjang lengan = SL_1
- Berat badan (W_{badan}) = $m_{\text{badan}} \times G$
- Berat tangan (W_H) = $0,6 \% \times W_{\text{badan}}$
- Berat beban (W_o) = $m_{\text{beban}} \times G$
- Sudut telapak tangan = θ_1

Ada pun momen dan gaya yang bekerja pada telapak tangan secara lengkap dapat digambarkan dalam gambar 2.1 berikut ini. Dari gambar tersebut terlihat momen-momen yang bekerja dipengaruhi oleh gaya W_o , W_H , dan F_{yw} .



Gambar 4.4. Gaya dan Momen pada telapak tangan

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa tidak ada gaya horizontal sehingga untuk mencari gaya dan momen hanya dengan menggunakan gaya vertikalnya saja, sehingga diperoleh besarnya gaya (F_{yw}) dan momen (M_w) pada telapak tangan sebagai berikut:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_x = 0, \text{ tdak ada gaya horizontal}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$W_H = 0,6 \% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{yw} = W_o/2 + W_H$$

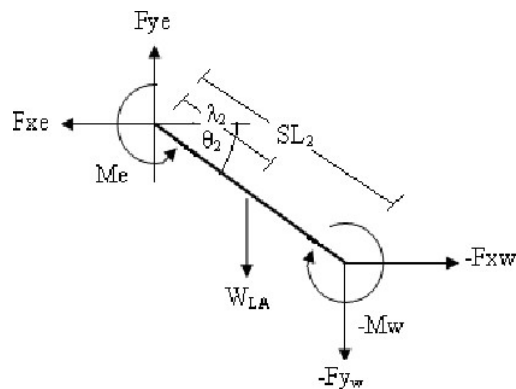
$$M_w = (W_o/2 + W_H) \cdot SL_1 \cdot \cos \theta_1$$

b) *Gaya dan momen pada lengan bawah*

Untuk menghitung gaya dan momen yang bekerja pada lengan bawah, data yang diketahui adalah sebagai berikut:

- Panjang lengan bawah = SL_2
- Pusat massa lengan bawah (λ_2) = 43 %
- Jarak beban ke W_{LA} = SL_2
- Berat lengan bawah = W_{LA}
- Sudut lengan bawah = θ_2

Ada pun gaya dan momen yang bekerja pada lengan bawah dapat dilihat dalam gambar 2.2 di bawah ini. Sama halnya dengan gaya dan momen yang bekerja pada telapak tangan, gaya horizontal juga tidak ada sehingga untuk menghitungnya cukup hanya gaya vertikal saja.



Gambar 4.5. Momen dan gaya yang bekerja pada lengan bawah

Berdasarkan data yang telah diketahui di atas maka pada lengan bawah sehingga besarnya gaya (F_{ye}) dan momen (M_e) pada lengan bawah adalah sebagai berikut:

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$\Sigma F_x = 0 \text{ (tidak ada gaya horizontal)}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$\lambda_2 = 43\%$$

$$W_{LA} = 1,7\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{ye} = F_{yw} + W_{LA}$$

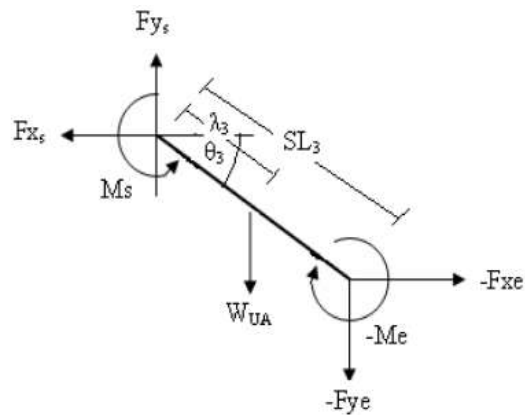
$$M_e = M_w + (W_{LA} \times \lambda_2 \times SL_2 \times \cos\theta_2) + (F_{yw} \times SL_2 \times \cos\theta_2)$$

c) *Gaya dan momen pada lengan atas*

Untuk menghitung gaya dan momen yang bekerja pada lengan atas, data yang diketahui adalah sebagai berikut:

- Panjang lengan atas = SL_3
- Pusat massa lengan atas (λ_3) = 43,6 %
- Berat lengan atas (W_{UA}) = 2,8 %
- Jarak $W_{UA} = SL_{UA}$
- Sudut lengan atas = θ_3

Gaya dan momen yang bekerja pada lengan atas seperti terlihat pada gambar 2.3 hanya terdapat gaya vertikal saja yang bekerja, tidak ada gaya horizontal.



Gambar 4.6 Gaya dan momen yang bekerja pada lengan atas

Berdasarkan gambar di atas telah diketahui bahwa pada lengan atas terdapat gaya. Sehingga besarnya gaya (F_{ys}) dan momen (M_s) pada lengan atas adalah sebagai berikut:

$$\Sigma F_y = 0$$

$\Sigma F_x = 0 \rightarrow$ tidak ada gaya horisontal.

$\Sigma M = 0$

$\lambda_3 = 43,6\%$

$WUA = 2,8\% \times W_{\text{badan}}$

$F_{ys} = F_{ye} + WUA$

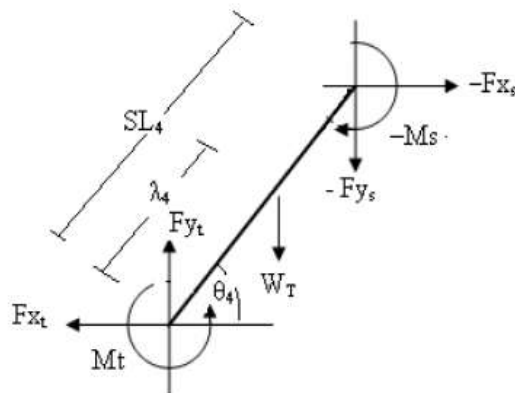
$M_s = M_e + (WUA \times \lambda_3 \times SL_3 \times \cos\theta_3) + (F_{ye} \times SL_3 \times \cos\theta_3)$

d) *Gaya dan momen pada punggung*

Untuk menghitung gaya dan momen yang pada punggung data yang diketahui adalah:

- Panjang punggung = SL_4
- Pusat massa punggung (λ_4) = 67 %
- Berat punggung (WT) = 50 %
- Jarak WT (WT)= 67 %
- Sudut punggung = θ_4
- Gaya F_{ys} yang bekerja pada punggung = $2F_{ys}$
- Momen M_s yang bekerja = $2M_s$

Gaya dan momen yang bekerja pada punggung seperti terlihat pada gambar 2.4 juga hanya terdapat gaya vertikal saja yang bekerja, tidak ada gaya horisontal. Pada gambar ini terlihat bahwa momen-momen yang terjadi selain



momen M_s dan M_t adalah momen yang dipengaruhi oleh gaya W_T , dan F_{ys} . Adapun momen-momen tersebut adalah sebagai berikut:

Gambar 4.7 Gaya dan momen yang bekerja pada punggung
Sehingga besarnya gaya (F_{yt}) dan momen (M_t) yang bekerja pada punggung adalah sebagai berikut:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_x = 0, \text{ tidak ada gaya horisontal.}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$\lambda_4 = 67\%$$

$$W_T = 50\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{yt} = 2F_{ys} + W_T$$

$$M_t = 2M_s + (W_T \times \lambda_4 \times SL_4 \times \cos \theta_4) + (2F_{ys} \times SL_4 \times \cos \theta_4)$$

e) *Gaya kompresi*

Gaya dan momen pada *spinal erector* dipengaruhi oleh gaya pada perut (F_A).

Besarnya F_A dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_A = P_A \cdot A_A$$

Dimana:

F_A = gaya perut/ *abdomen* (N)

P_A = tekanan pada perut (N/cm^2)

A_A = luas diafragma = $465cm^2$

Besarnya P_A adalah sebagai berikut:

$$P_A = \frac{10^{-4}(43 - 0,36(\theta_H + \theta_I))M_{L5/S1}^{1,8}}{75}$$

Dimana:

$M_{L5/S1}$ = momen M_t

θ_H dan θ_i = sudut inklinasi kaki dan perut.

Besarnya gaya pada *spinal erector* (F_m) dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_m \cdot E = M_{L5/S1} - F_A \cdot D$$

Dimana:

E = panjang lengan

$M_{L5/S1} = 0,05 \text{ m}$

D = 0,11 m

F_m = gaya pada *spinal erector*

Sehingga diperoleh nilai F_m sebagai berikut:

$$F_m = \frac{M_{L5/S1} - F_A \cdot D}{D}$$

Sementara jumlah beban total (W_{tot}) merupakan jumlah semua gaya berat, sehingga diperoleh:

$$W_{tot} = W_o + 2 WH + 2 WLA + 2 WUA + Wt$$

Kemudian gaya tekan/kompresi pada L5/S1 dirumuskan sbb:

$$FC = W_{tot} \cdot \cos \theta_4 - FA + F_m \text{ (newton)}$$

Selain itu juga analisis biomekanika juga dapat dilakukan berdasarkan indeks *Lifting Index* dengan menggunakan persamaan NIOSH.

III. Prosedur Praktikum

Beberapa peralatan yang digunakan dalam praktikum biomekanika ini peralatan yang dipergunakan antara lain:

1. Timbangan
2. Busur Derajat
3. Penggaris atau meteran.
4. Beban kerja (ditentukan kemudian)
5. Kamera digital

Langkah-langkah praktikum adalah sebagai berikut:

1. Dalam praktikum ini 1 orang bertindak sebagai operator pengangkat beban, 1 orang sebagai pengukur sudut dan 1 orang sebagai pencatat.
2. Operator mengangkat beban dengan berat tertentu dengan posisi tertentu pula kemudian ukurlah sudut-sudut yang terbentuk dan catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan di bawah ini.
3. Input data pada tabel yang telah disediakan pada lembar kerja (tabel.2.1)
4. Pengolahan data

LEMBAR KERJA PRAKTIKUM BIOMEKANIKA

Nama Objek Penelitian :

Jenis Kelamin : L/P

Berat Badan :Kg

Berat beban :Kg

Kelompok :

a. Data pengamatan

No	Segmentasi	Panjang (cm)	Sudut θ (°)
1	Telapak Tangan		
2	Lengan Bawah		
3	Lengan Atas		
4	Punggung		
5	Inklinasi Perut		
6	Inklinasi Kaki		

b. Pengolahan data

(pada lembar folio)

c. Rekomendasi

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.2.2. Lingkungan Kerja Fisik

Untuk menunjang produktivitas kerja, stasiun kerja perlu dirancang dengan kondusif dan nyaman. Kenyamanan stasiun kerja dipengaruhi oleh lingkungan kerja baik fisika, kimia, biologis, dan fisiologis.

Menurut Sedarmayanti (2009: 22) "lingkungan kerja fisik adalah semua yang terdapat disekitar tempat kerja yang dapat mempengaruhi pegawai baik secara langsung maupun tidak langsung".

1. Lingkungan kerja fisik dapat dibagi dalam dua kategori, yakni :
Lingkungan yang langsung berhubungan dengan karyawan (Seperti: pusat kerja, kursi, meja dan sebagainya)
2. Lingkungan perantara atau lingkungan umum dapat juga disebut lingkungan kerja yang mempengaruhi kondisi manusia, misalnya temperatur, kelembaban, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, getaran mekanis, bau tidak sedap, warna, dan lain-lain

Menurut Robbins (2002: 36) Lingkungan kerja fisik juga merupakan faktor penyebab stres kerja pegawai yang berpengaruh pada prestasi kerja.

Faktor-faktor yang mempengaruhi lingkungan kerja fisik adalah:

a. Suhu

Suhu adalah suatu variabel dimana terdapat perbedaan individual yang besar. Dengan demikian untuk memaksimalkan produktivitas, adalah penting bahwa pegawai bekerja di suatu lingkungan dimana suhu diatur sedemikian rupa sehingga berada diantara rentang kerja yang dapat diterima setiap individu.

b. Kebisingan

Bukti dari telaah-telaah tentang suara menunjukkan bahwa suara-suara yang konstan atau dapat diramalkan pada umumnya tidak menyebabkan penurunan prestasi kerja sebaliknya efek dari suara-suara yang tidak dapat

diramalkan memberikan pengaruh negatif dan mengganggu konsentrasi pegawai.

Nilai Ambang Batas kebisingan ditempat kerja berdasar Kep.Men.Tenaga Kerja No.Kep.51/MEN/1999 bahwa besarnya rata-rata adalah 85dB untuk waktu kerja tidak lebih dari 8 jam.

c. Penerangan

d. Mutu Udara

Faktor fisik lingkungan kerja (Suma`mur, 1984 dan Bernard, 1996) antara lain:

- a. Unsur udara (suhu basah dan kering)
- b. Kelembaban
- c. Panas radiasi/pencahayaan
- d. Kecepatan udara
- e. Kebisingan

PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Membagi tim penelitian (1 tim terdiri dari 2 kelompok)
2. Mengukur lokasi penelitian yang masuk katerogi melebihi nilai ambang batas. Bisa dari suhu, pencahayaan, kebisingan, dll (faktor lingkungan kerja fisik)
3. Menganalisis keterkaitan faktor lingkungan kerja fisik dengan produktivitas kerja (hasil kerja karyawan)

DAFTAR PUSTAKA

- Bridger, R.S. 1995. *Introduction to Ergonomics*. McGraw Hill, Inc. Singapore.
- Grandjean, E. 1986. *Fitting the Task to the Man*. 4th ed. Taylor & Francis Inc. London.
- Nurmianto, E. 2004, *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Guna Widya, Surabaya.
- Robbins, Stephen P dan Judge, Timothy A. 2007. *Perilaku Organisasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Sastrowinoto, S. 1985. *Meningkatkan Produktivitas dalam Ergonomi*. Jakarta : PT. Pustaka Binaman Pressindo.
- Sedarmayanti. 2009, *Sumber Daya Manusia dan Produktivitas*. Kerja. Bandung : Penerbit Mandar Maju.
- Sutalaksana.I. Z., 1979, *Teknik Tata Cara Kerja*, Jurusan Teknik Industri ITB, Bandung.
- Sugiyono, 2005, *Statistika Untuk Penelitian Bisnis*, CV. Alfabeta, Bandung
- Tarwaka., Bakri, Solichul, HA., Sudiajeng, L. 2004. *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*, Surakarta: UNIBA PERS.
- Wignjosoebroto, S., 2006, *Ergonomi: Studi Gerak dan Waktu*, Edisi Pertama, PT. Guna Widya, Surabaya.

Format Jurnal

PETUNJUK PENULISAN NASKAH JURNAL TUGAS BESAR PRAKTIKUM APK DAN E

1. Naskah harus asli, belum pernah dan tidak akan diterbitkan melalui media lain.
2. Ketentuan penulisan naskah:
 - a. Ditulis dalam bahasa Indonesia yang baku.
 - b. Panjang naskah antara 9 – 14 halaman (termasuk lampiran), diketik pada ukuran kertas A4, dengan batas atas, kanan dan bawah 3,5 cm, sedangkan batas kiri 2 cm.
 - c. Naskah ditulis dalam satu kolom dengan menggunakan jenis huruf Time New Roman 11, jarak antar baris 1 spasi.
 - d. Judul naskah harus spesifik, efektif dan komprehensif, tidak boleh lebih dari 14 kata (Time New Roman 12 Bold).
 - e. Nama penulis (Time new Roman 11 italic, bold) berada di bawah judul, tanpa gelar akademik, dilengkapi dengan nama institusi dan alamat, serta alamat e-mail (Time New Roman 11).
 - f. Abstrak ditulis dalam bahasa Indonesia, dengan jumlah kata 150 sampai dengan 200. Berisi tujuan, metodologi dan kesimpulan (Time New Roman 10 italic, jarak antar baris 1 spasi).
 - g. Keywords dipilih secara cermat antara 5 sampai 9 kata, sehingga mencerminkan naskah secara substansial.
 - h. Khusus untuk naskah hasil penelitian, pokok penulisan terdiri dari pendahuluan, metode penelitian, hasil dan pembahasan, kesimpulan dan daftar pustaka.
 - i. Aturan penulisan kutipan, penulis yang tulisannya diacu dalam uraian hanya disebutkan nama akhirnya saja, dan kalau lebih dari 2 orang, hanya nama akhir penulis pertama yang dicantumkan diikuti dengan dkk. Contoh:
 - 1) Menurut Kirsch (1981)
 - 2) Dalam buku berjudul Composite Costruction design for Buildings (Viest dkk, 1997).
 - j. Daftar pustaka ditulis dengan jarak antar baris 1 spasi, berdasarkan abjad, dengan aturan sbb.:
 - 1) Buku:

Nama (semua) penulis, tahun, *judul buku (italic)*, penerbit, kota.
Contoh:
Mawardi, E., 2010, *Desain Hidraulik Bangunan Irigasi*, Penerbit Alfabeta, Bandung
 - 2) Jurnal dan proceeding:

Nama penulis, tahun, judul naskah (italic), *nama jurnal (italic)*, vol., lembaga penerbit, kota

Wiryanto dan Risdiyanto, 2009, Identifikasi Manual Lalu Lintas Jalan sebagai Bagian dari Upaya Peningkatan Kinerja Transportasi, *Jurnal PAKAR*, vol. 11, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta.

3) Sumber pustaka yang diunduh:

Nama penulis, tahun, *judul naskah (italic)*, alamat web, tanggal mengunduh.

Contoh:

Anonim, 2005, (italic), www.wikileaks.com, 17 Agustus 2014.