

PENGANTAR ERGONOMI

ISTILAH ERGONOMI

Berasal Dari Bahasa Yunani:

Ergos : Kerja

Nomos : Hukum Alam/Aturan

Diperkenalkan Oleh K.F.H. Murrell (1949) Di Inggris

Dikenal Juga:

Arbeitswissenschaft : Jerman

Biotechnology : Skandinavia

Human Engineering/ : Amerika Serikat

Human Factor Engineering

Apakah Itu : ERGONOMI ?

**ERGONOMI MEMPELAJARI *MANUSIA* DALAM BEKERJA
: KEMAMPUAN & KETERBATASANNYA**

**ERGONOMI : TENTANG FITRAHNYA MANUSIA
BEKERJA**

**MANUSIA :
SOSOK FISIKAL DAN NON-FISIKAL**

Untuk Apa Ergonomi ?

ERGONOMI MEMBERI :

PENGETAHUAN / INFORMASI TENTANG MANUSIA
DALAM BEKERJA, KARENANYA DIMANFAATKAN UNTUK
MERANCANG ***SISTEM KERJA***

S.K. Untuk Perusahaan dan Pekerja

KARENA SK BERUNSURKAN JUGA MANUSIA (PEKERJA) MAKA SELAIN EFEKTIFITAS DAN EFISIENSI, SK HARUS JUGA MEMILIKI TUJUAN-TUJUAN KEAMANAN (keselamatan), KESEHATAN DAN KENYAMANAN KERJA. DENGAN DEMIKIAN *TUJUAN TOTAL SISTEM KERJA* ADALAH

E A S N E

(EFEKTIF, AMAN, SEHAT, NYAMAN DAN EFISIEN)

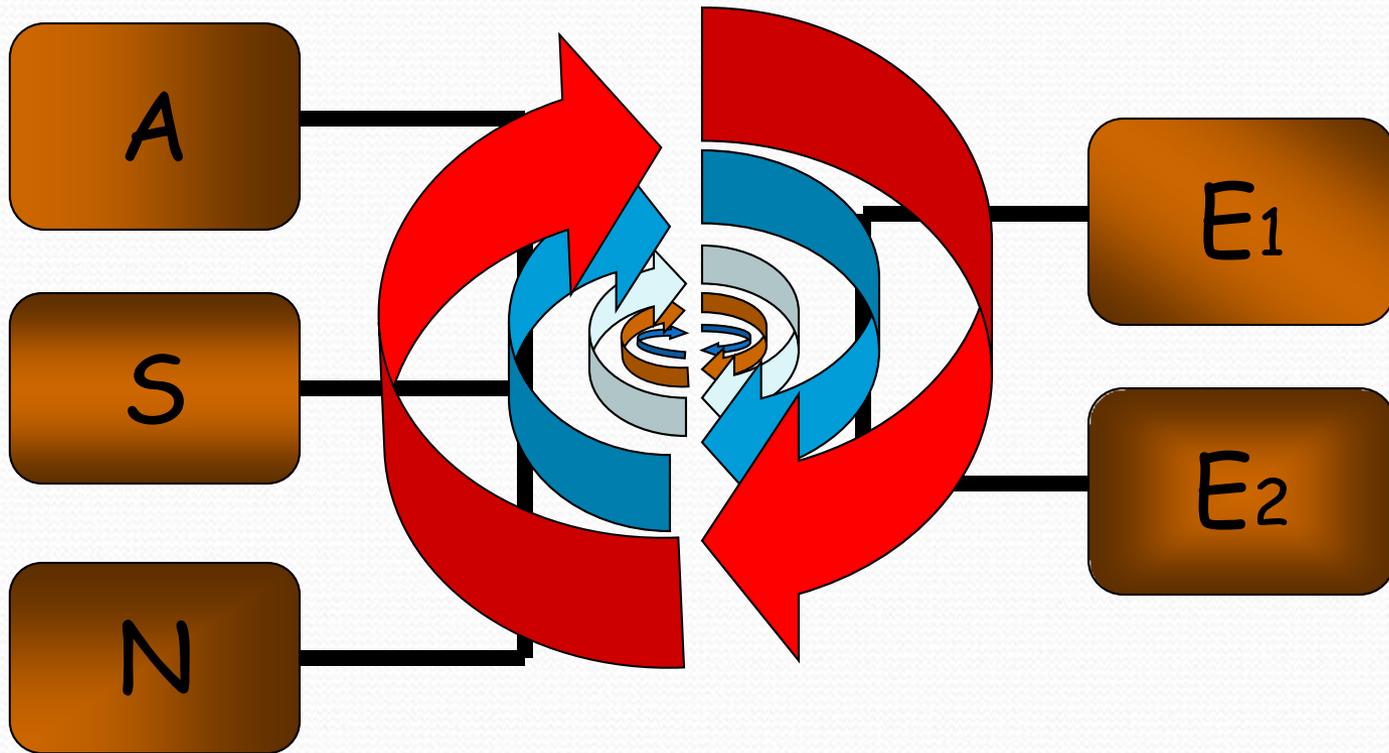
Ergonomi dan SK

Peran Ergonomi bagi sistem Kerja adalah dalam turut mewujudkan tujuan-tujuan

A, S dan N

dan lewat A, S dan N itu pada gilirannya meningkatkan E1 (Efektifitas) dan E2 (Efisiensi). Dengan demikian dapat dikatakan penerapan ergonomi adalah untuk mewujudkan EASNE baik secara langsung maupun tidak.

Saling Dukung A,S,N vs E1, E2 mengarah pada tingkat A,S,N yang tinggi dan* selalu lebih tinggi



*dalam penerapannya secara bersinambung,
continuous improvements

Bidang-Bidang Kajian ERGONOMI

A F B I P :

- ▶ **ANTROPOMETRI**
- ▶ **FAAL KERJA**
- ▶ **BIOMEKANIKA KERJA**
- ▶ **PENGINDERAAN**
- ▶ **PSIKOSOSIOLOGI KERJA**

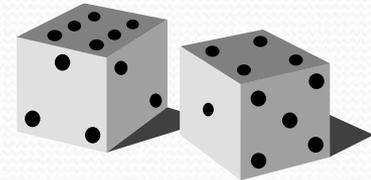
ANTROPOMETRI



*Laboratorium
Perancangan Sistem Kerja & Ergonomi
Jurusan Teknik Industri - ITB*

Definisi Antropometri

- Ilmu yang berhubungan dengan pengukuran dimensi dan beberapa karakteristik fisik tubuh manusia
- *anthropos* : manusia
- *metrikos* : pengukuran



Sejarah perkembangan:

- ◆ Antropologi fisik ± th. 1700-an
- ◆ *Anthropometri for design*
- ◆ *Computer models of man*
- ◆ *Software: Mannequin, dll*

Contoh Ketidaknyamanan:

- Meja belajar yang terlalu rendah menyebabkan posisi tubuh harus membungkuk ketika menulis
- Pegangan jendela yang terlalu tinggi untuk digapai
- Rak buku yang terlalu tinggi memaksa kita menjinjit dalam menjangkau.

Industri

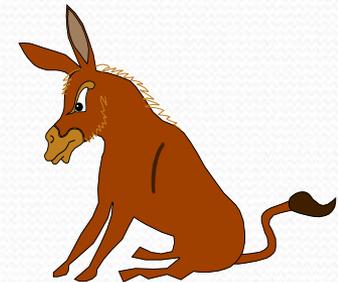
- Pekerja terpaksa harus menjangkau untuk mengoperasikan tombol-tombol pada mesin-mesin
- Pekerja yang mempunyai postur kecil selalu kesulitan menemukan pakaian atau sepatu keselamatan (*safety shoes*) yang cocok

Dampak ketidaksesuaian produk/peralatan dengan pekerja

- Kerja otot yang lebih atau pemerasan tenaga yang harus dilakukan sehingga lebih cepat lelah dalam bekerja
- Pegal dan ngilu pada bagian otot rangka
- Resiko terjadinya kelainan atau cedera pada sistem otot-rangka (muskuloskeletal), dalam jangka panjang
- Resiko terjadinya kesalahan kerja (error) yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja atau produk cacat.

Aplikasi dalam Perancangan

- /// menganalisa postur tubuh manusia dalam merancang tempat kerja (*workplace*)
- /// menentukan kelonggaran dalam perancangan peralatan (*equipment*)
- /// merancang produk
- /// dll.

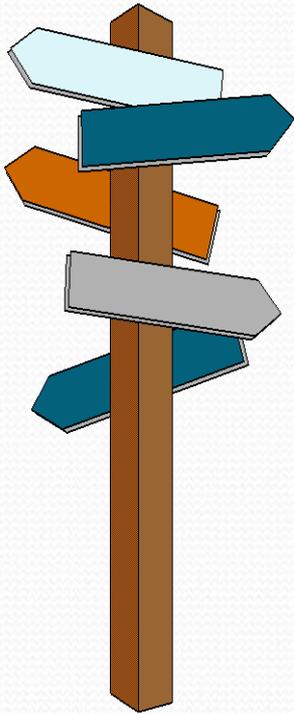


Prinsip dasar Ergonomi dalam perancangan:

Human Centered-Design

Suatu rancangan hendaknya memperhatikan faktor manusia sebagai pengguna yang mempunyai berbagai keterbatasan secara individu dan variasi antar individu

Faktor-faktor yang mempengaruhi antropometri



usia
jenis kelamin
ras dan etnis
pekerjaan & aktivitas
Kondisi sosio-ekonomi

Lingkup:



Antropometri statis:

pengukuran dilakukan pada saat posisi tubuh diam dan linier pada permukaan tubuh, meliputi: panjang segmen atau bagian tubuh, lingkaran bagian tubuh, massa bagian tubuh, dan sebagainya

Antropometri dinamis:

pengukuran dilakukan pada saat tubuh melakukan aktivitas, misalnya: tinggi duduk, panjang jangkauan, dan lain-lain.

Metode Pengukuran

Secara langsung dan secara tidak langsung (teknologi fotografi).

Data antropometri dapat dikelompokkan atas:

Dimensi linier (jarak)

Dimensi ini merupakan jarak terpendek antara dua titik pada tubuh manusia melingkupi panjang, tinggi, dan lebar segmen tubuh seperti: panjang jari, tinggi lutut, dan lebar pinggul.

Lingkar tubuh

Lingkar tubuh diukur sebagai panjang keliling (sepanjang permukaan tubuh), misalnya, lingkar paha, lingkar perut, dan lingkar kepala.

Ketebalan lapisan kulit

Untuk mengetahui kandungan lemak dalam tubuh yang kemudian dijadikan sebagai acuan tingkat kebugaran tubuh.

Sudut

- Pengukuran secara pasif → mengetahui kecenderungan posisi tubuh ketika bekerja untuk evaluasi potensi resiko kelainan pada sistem otot rangka.
- Pengukuran sudut secara aktif → mengetahui fleksibilitas tubuh dalam bentuk kemampuan maksimum gerakan sistem otot-sendai (dikenal juga dengan *range-of-motion* atau ROM). Pengukuran aktif ini banyak dilakukan dalam studi yang berhubungan dengan rehabilitasi, olahraga dan biomekanika.

Bentuk dan kontur tubuh

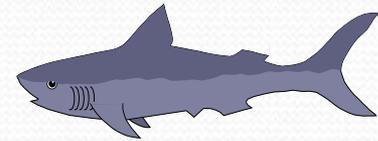
Aspek ini diperlukan untuk merancang berbagai peralatan yang berhubungan langsung dengan manusia, misalnya bentuk kaki untuk merancang sepatu yang nyaman bagi pemakainya.

Berat, terutama berat tubuh secara keseluruhan.

Kekuatan otot (lebih banyak dibahas pada Biomekanika).

Perancangan

- Konsep persentil
- prinsip perancangan :
 - untuk individu ekstrim
 - untuk individu rata-rata
 - yang disesuaikan



Prinsip Umum Perancangan Tempat Kerja

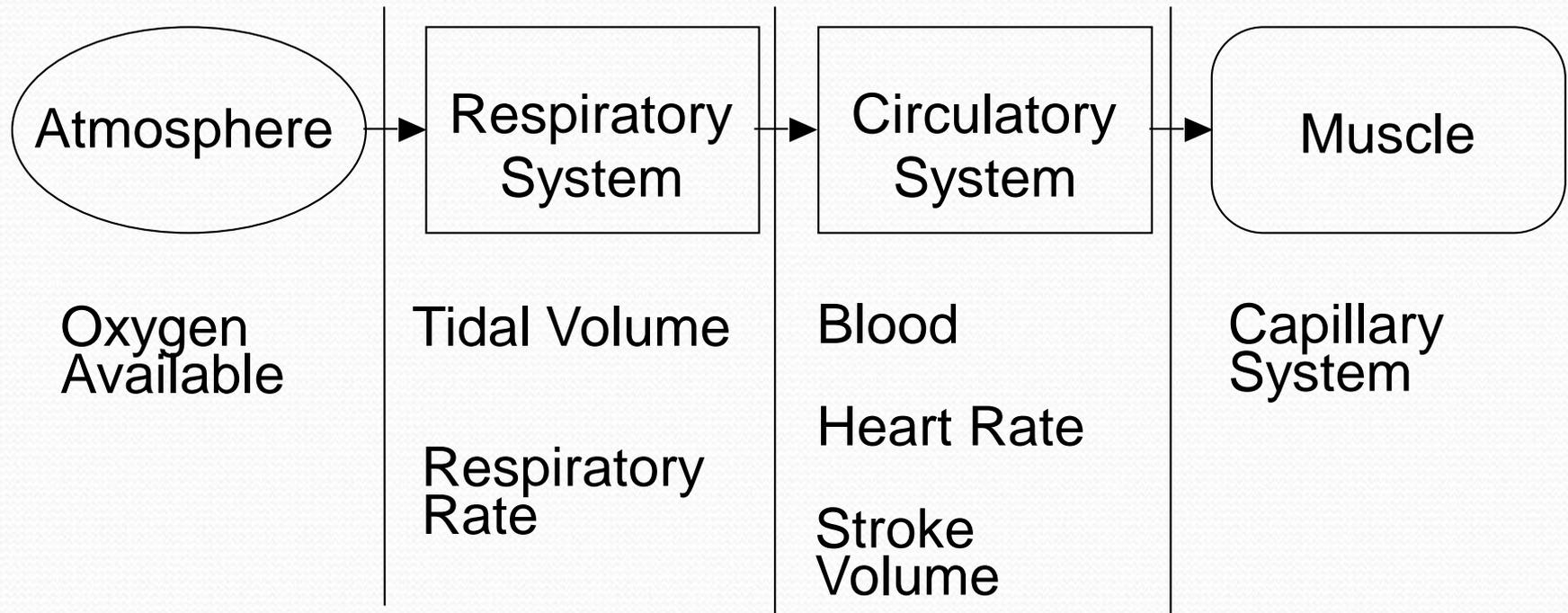
Stasiun kerja untuk operator duduk (stasiun kerja duduk)
Stasiun kerja untuk operator berdiri (stasiun kerja berdiri)
Kombinasi keduanya (stasiun kerja duduk/berdiri).

FAAL (FISIOLOGI) KERJA

Faal Kerja

- Mengenai pemakaian energi tubuh untuk kerja
- Tentang reaksi tubuh terhadap beban-beban lingkungan (klimat, fisik, biologik)

Oxygen Uptake and Energy Production



Oxygen Available

Tidal Volume

Respiratory Rate

Blood

Heart Rate

Stroke Volume

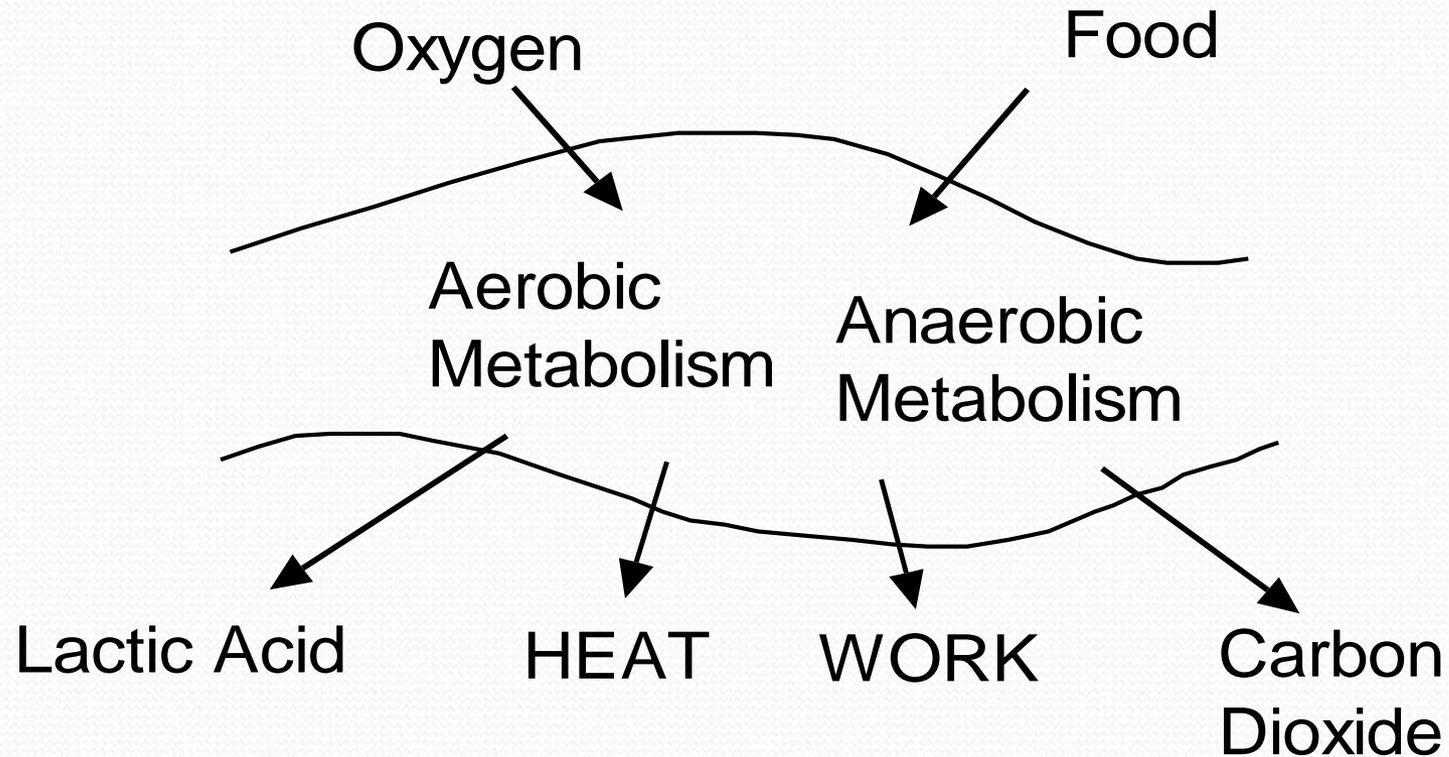
Capillary System

Oxygen Uptake (VO_2)

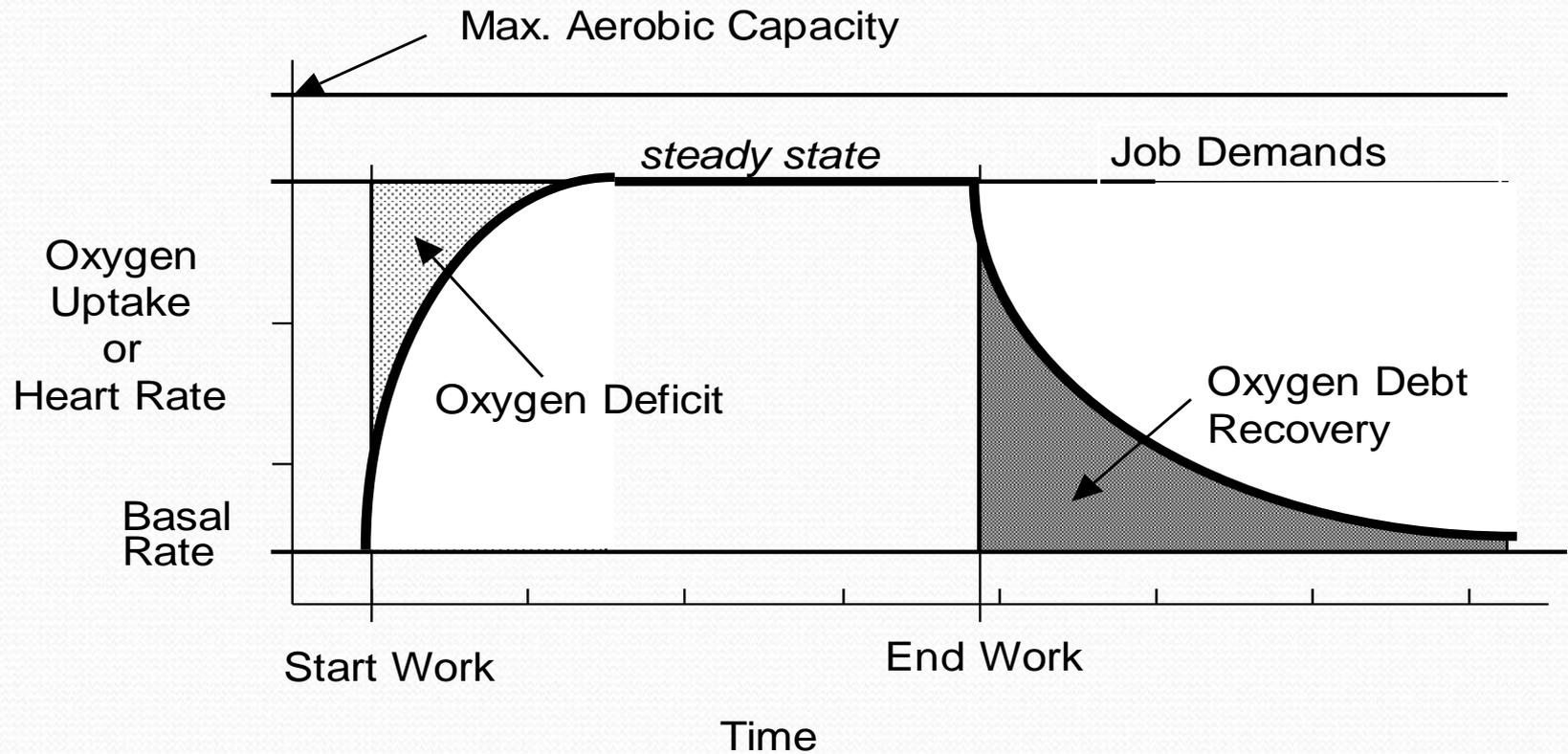
Energy Production (E)

Volume of O_2 ~ Quantity of Energy
1 L O_2 ~ 5 kcal

Metabolisme Otot



Kebutuhan oksigen pada saat maupun sesudah kerja



Kapasitas kerja fisik

merupakan kemampuan maksimal dalam menghasilkan energi, yang merupakan fungsi dari ketersediaan zat-zat gizi serta kemampuan tubuh dalam memperoleh oksigen.

Pengeluaran Energi

Metabolisme basal: Pengeluaran energi terendah yang dibutuhkan untuk melangsungkan kehidupan, dipengaruhi jenis kelamin, usia, dan berat badan (Wickensetal., 2004)

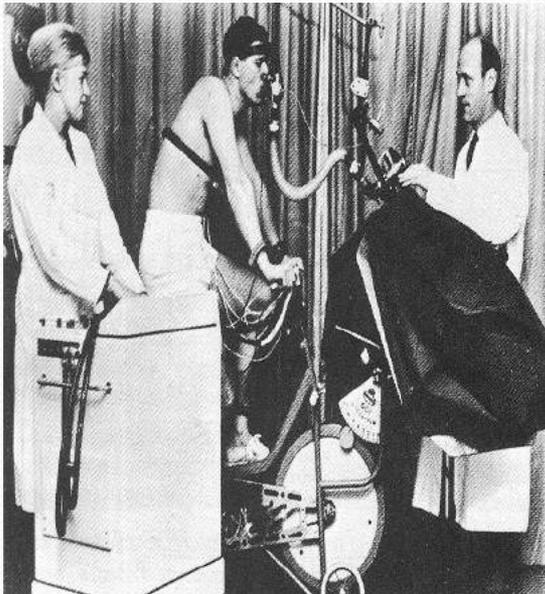
Metabolisme kerja : Peningkatan metabolisme dari saat istirahat sampai saat melakukan pekerjaan

Pengeluaran energi saat melakukan kerja fisik merupakan penjumlahan tingkat metabolisme basal dengan tingkat metabolisme kerja

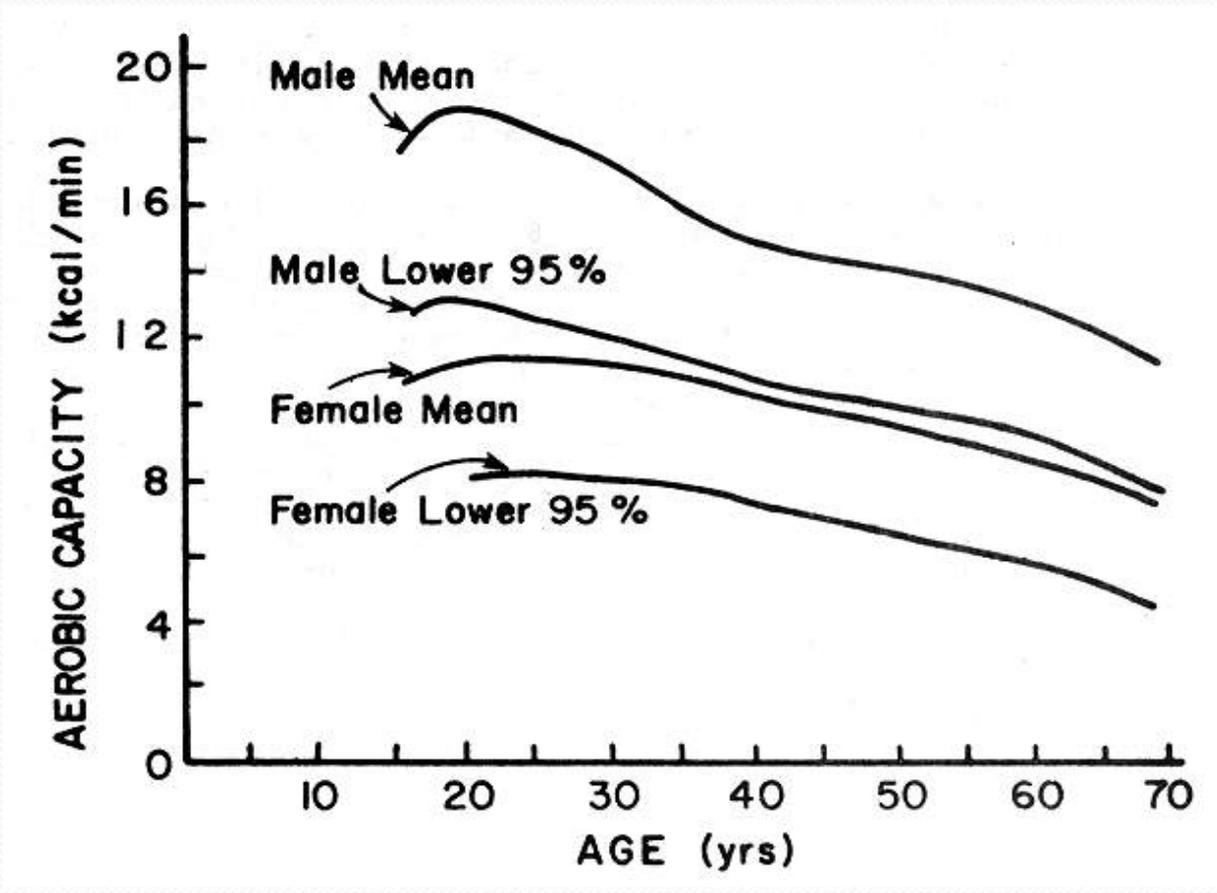
Kapasitas Aerobik Maksimal (VO_{2max})

Merupakan indikator penting yang digunakan dalam mengevaluasi kapasitas kerja fisik .

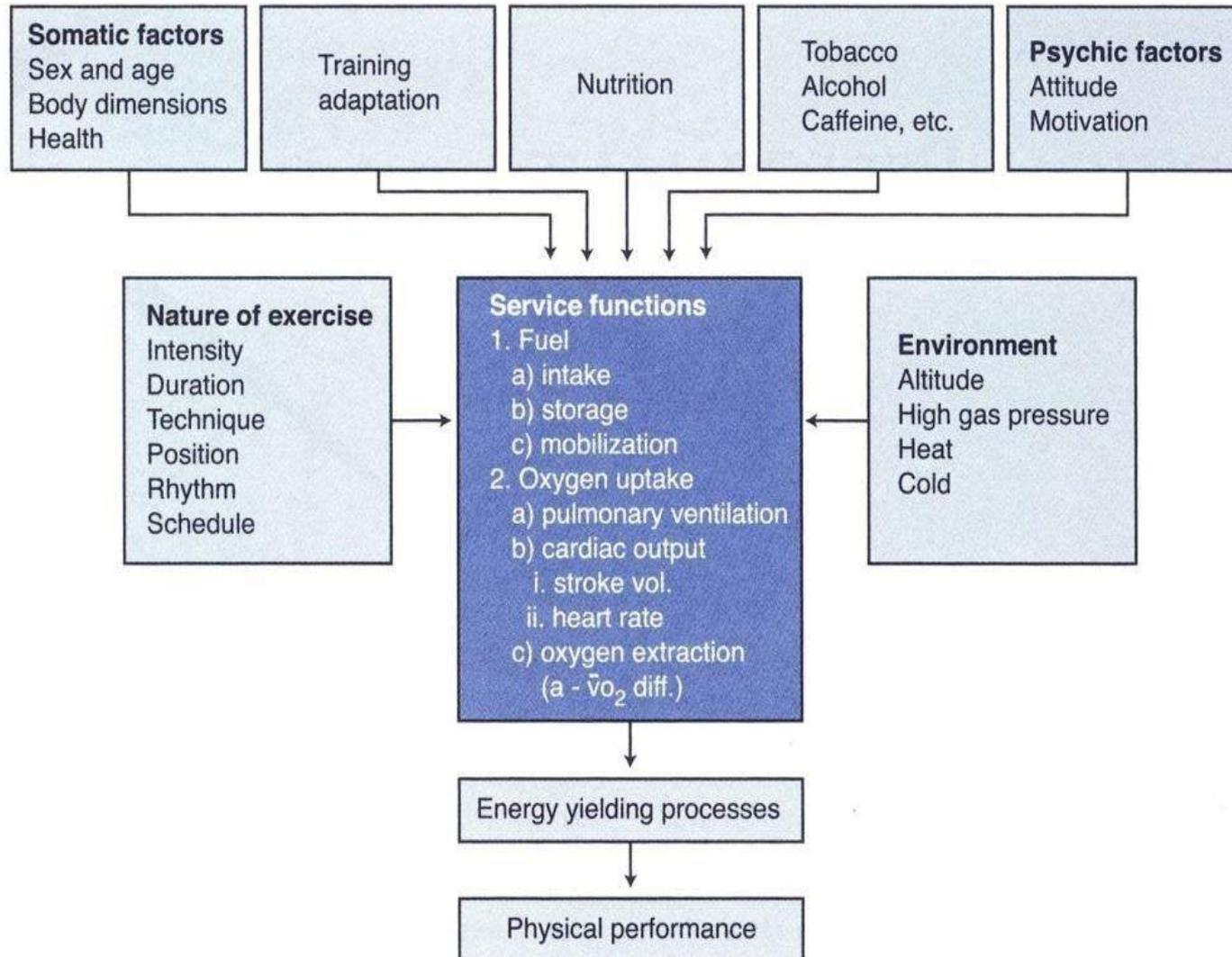
Peralatan yang digunakan untuk mengukur VO_{2max} seseorang



Kapasitas aerobik maksimum sebagai fungsi dari usia dan gender



Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas kerja fisik (Åstrand, 2003).



Evaluasi Beban Kerja



$$D < C$$

Pengukuran Pengeluaran Energi

- Konsumsi Oksigen
- Denyut Jantung
- Penilaian Subyektif

Contoh:

Seorang pekerja pria melakukan aktivitas pemesanan dengan cara berdiri, dan disamping itu pekerja tersebut harus pula sesekali mengangkat dan menurunkan benda kerja ke atas palet.

Jika konsumsi oksigen rata-rata pekerja tersebut adalah 0,6 liter/menit, jumlah energi yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan tersebut adalah sekitar 3 kkal/menit.

Untuk 8 jam kerja, total energi yang dibutuhkan adalah 1440 kkal. Untuk pekerja tersebut, kalau energi yang diperlukan untuk aktivitas diluar jam kerja (tidur, bersantai, dll) dapat diperkirakan, maka kita dapat menghitung kebutuhan energi selama satu hari. Lebih jauh angka ini dapat kita bandingkan dengan diet pekerja tersebut (jumlah energi yang masuk melalui makanan dan minuman), untuk menentukan kecukupan gizi dari pekerja yang bersangkutan.

$$\begin{aligned} \text{HR}_{\text{maks}} &= 220 - \text{usia}, \\ &= 206 - (0,62 * \text{usia}), \text{ atau} \\ &= 190 - (0,62 * (\text{usia} - 25)) \end{aligned}$$

Setelah HR_{maks} kita ketahui, beban fisiologis dapat dihitung dengan menggunakan indikator *heart rate range* (HRR):

$$\text{HRR} (\%) = 100 * (\text{HR}_{\text{kerja}} - \text{HR}_{\text{rest}}) / (\text{HR}_{\text{maks}} - \text{HR}_{\text{rest}})$$

dimana,

HRR = *heart rate range*

HR_{kerja} = denyut jantung diukur saat bekerja

HR_{rest} = denyut jantung diukur saat istirahat

(diukur setelah istirahat pada posisi berbaring selama 20 menit)

HR_{maks} = denyut jantung maksimal

Skala RPE Borg (Kroemer, 1997)

Rating	Interpretasi rating
0	Tidak merasakan apa-apa
0,5	Ekstrim ringan
1	Sangat ringan
2	Ringan
3	Sedang
4	
5	Berat
6	
7	Sangat berat
8	
9	
10	Ekstrim berat (Maksimal)

Persamaan konsumsi oksigen pada beberapa penelitian

Peneliti		Persamaan	Nilai R ² dan SEE
Keytel et al. (2005)	EE	= gender ´ (-55.0969 + 0.6309 ´ heart rate + 0.1988 ´ weight + 0.2017 ´ age) + (1-gender) ´ (-20.4022 + 0.4472 ´ heart rate - 0.1263 ´ weight + 0.074 ´ age)	R ² = 73.4% SEE = -
Satriawan (2008) (laki-laki)	VO ₂	= 0.017 + 0.023W - 0.068A - 0.352 (l/min)	R ² (adj) = 82.4% SEE = 0.32
	VO ₂ _relatif	= 0.323HR - 1.221Aa + 15.332 (ml/min/kg)	R ² (adj) = 84.3% SEE = 5.28
Yadi (2009) (laki-laki)	VO ₂	= 0.029W + 0.028HR - 3.606 (l/min)	R ² (adj) = 74.3% SEE = 0.5
	VO ₂ _relatif	= 0.437HR - 27.138 (ml/min/kg)	R ² (adj) = 74.3% SEE = 7.89
Soleman (2009) (perempuan)	VO ₂	= 0.012HR + 0.018TB - 3.377 (l/min)	R ² (adj) = 57.9% SEE = 0.29
Yuliani (2010) (Laki-laki)		= -1.169 + 0.020HR - 0.035A + 0.019W (l/min)	R ² (adj) = 78,1% SEE = 0,34
	relatif	= 6.443 + 0.36HR - 0.582A - 0.181 W (ml/min/kg)	R ² (adj) = 79,9 SEE = 5,62
Yuliani (2010) (Perempuan)		= -1.991 + 0.013HR + 0.024W (ml/min)	R ² (adj) = 63,6% SEE = 0,28
	relatif	= -14.729 + 0.255HR (ml/min/kg)	R ² (adj) = 56% SEE = 5,64

Denyut jantung (denyut/menit)	Berat Badan (kg)	Tinggi badan (cm)	Usia (tahun)	Denyut jantung istirahat	Peneliti	Hasil	Energy expenditure (kcal)
140	64,55	168,5	20	78,6	Yuliani (2010)		
					Laki-laki	2,16 l/min	10,45
					Perempuan	1,4 l/min	6,78
					Keytel et al (2005)		
					Laki-laki	50,1 kj/min	11,97
					Perempuan	35,5 kj/min	8,48
					Satriawan (2008) (laki-laki)	2,15 l/min	10,41
					Yadi (2009) (laki-laki)	2,19 l/min	10,51
					Soleman (2009) (perempuan)	1,34 l/min	6,49

Keterangan:

1 l/min konsumsi oksigen = 4.8 kkal/menit (Bridger, 1995)

1 kkal/menit = 4.184 kj/menit

Klasifikasi jenis pekerjaan berdasarkan VO_2 , denyut jantung dan pengeluaran energi

Klasifikasi Pekerjaan	Total Energi Ekspenditur		Denyut Jantung (denyut/menit)
	Dalam kJ/menit	Dalam kkal/menit	
Ringan	10	2.5	≤ 90
Sedang	20	5	100
Berat	30	7.5	120
Sangat berat	40	10	140
Ekstrim berat	50	12.5	≥ 160

Kromer et al.
(1997)

Bridger (1995)

Kategori pekerjaan	VO_2 (l/menit)	Denyut jantung (denyut/menit)	<i>Energy Ekspenditure</i> (kcal/min)
Ringan	< 0,5	< 90	< 2,5
Moderat	0,5 – 1,0	90 – 110	2,5 – 5,0
Berat	1,0 – 1,5	110 – 130	5,0 – 7,5
Sangat berat	1,5 – 2,0	130 – 150	7,5 – 10,0
Ekstrim berat	>2.0	150-170	>10,0

Hasil klasifikasi pekerjaan untuk pekerja industri (laki-laki)

Klasifikasi Pekerjaan	Denyut Jantung (denyut/menit)	Konsumsi Oksigen (l/menit)	<i>Energy Expenditure</i>	
			(kkal/menit)	(kkal/jam)
Ringan	90	0.706	3.3888	1219.968
Moderat	100	0.906	4.3488	1565.568
Berat	120	1.306	6.2688	2256.768
Sangat berat	140	1.706	8.1888	2947.968
Ekstrim berat	160	2.106	10.1088	3639.168

Hasil klasifikasi pekerjaan untuk pekerja industri (perempuan)

Klasifikasi Pekerjaan	Denyut Jantung (denyut/menit)	Konsumsi Oksigen (l/menit)	<i>Energy Expenditure</i>	
			(kkal/menit)	(kkal/jam)
Ringan	90	0.379	1.8192	654.912
Moderat	100	0.509	2.4432	879.552
Berat	120	0.769	3.6912	1328.832
Sangat berat	140	1.029	4.9392	1778.112
Ekstrim berat	160	1.289	6.1872	2227.392

Batasan pengeluaran energi

Annis dan McConville (1996)

50% dari tenaga aerobik maksimum kerja 1 jam
40% untuk kerja 2 jam
33% untuk kerja 8 jam

Sanders dan McCormick (1993)

33% untuk kerja 8 jam

Beberapa peneliti dalam Iridiastadi (1997)

Asfour et al. (1988); Vitalis et al. (1994); Soogard et al. (1996)

30% sampai dengan 40% dari max

BIOMEKANIKA KERJA



Definisi

- **Biomekanika**

Merupakan ilmu pengetahuan yang menggunakan hukum fisika dan mekanika teknik untuk menggambarkan gerakan berbagai segmen tubuh (Kinematika) dan memahami dampak dari gaya dan momen yang bekerja pada tubuh (Kinetik)

- **Biomekanika Kerja**

Merupakan sub-disiplin dalam bidang biomekanika yang mempelajari interaksi fisik pekerja dengan peralatan, mesin dan material dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja pekerja serta meminimalkan resiko cedera sistem otot rangka (musculoskeletal injury)

Biomekanika Kerja:

- Membahas kekuatan, kecepatan dan ketelitian gerak sistem otot-rangka dari tubuh
- Membahas daya tahan jaringan-jaringan tubuh terhadap beban-beban mekanik

Tujuan:

- Mencegah gangguan/cedera pada sistem otot rangka (MSDs)
- Memperbaiki kondisi tempat kerja
- Meningkatkan kinerja organisasi (effisiensi, kualitas dan kepuasan pekerja)
- Guiding Principle:
 - Maintain **D < C**

D: task Demands (force, moment, etc.)

C: human Capacity (strength, tissue tolerance, etc.)

Faktor-faktor Resiko terkait Permasalahan MSDs (hand & wrist):

- Masalah postur kerja yang tidak normal
- Pekerjaan yang berulang (repetitif)
- Durasi kerja yang lama
- Pembebanan statis pada otot
- Tekanan kontak fisik
- Getaran
- temperatur

Metode Evaluasi/Penilaian Resiko Pekerjaan:

- **NIOSH Lifting Guide**

Merupakan panduan dalam aktivitas penanganan material (*material handling*), khususnya yang berkaitan dengan aktivitas pengangkatan (*lifting*) dan penurunan (*lowering*).

- **Rapid Upper Limb Assessment (RULA)**

Metode ini digunakan untuk mengevaluasi postur kerja pembebanan fisik yang diterima oleh tubuh bagian atas (*upper limb*), diantaranya meliputi leher, lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, dan badan bagian atas (*trunk*).

- **Rapid Entire Body Assessment (REBA)**

Metode ini relatif sama dengan metode RULA, namun aspek tubuh yang dievaluasi oleh metode ini lebih pada seluruh tubuh.

- **Quick Exposure Checklist (QEC)**

Metode ini selain melibatkan observer sebagai orang yang mengevaluasi pekerjaan, juga melibatkan pekerja yang dievaluasi untuk ikut mengevaluasi pekerjaannya. Evaluasi 2 arah ini selanjutnya akan memberikan hasil evaluasi terhadap suatu pekerjaan.

- dsb.

Bidang Aplikasi:

- Evaluation and Design of Industrial Operations (manual materials handling)
- Industrial Design and Simulation (work tasks, tools, equipment, layout)
- Orthopaedics (implants, surgical interventions)
- Rehabilitation (return to work, job accommodations)
- Sports Science (elite performance, protective equipment)
- Vehicles and Transportation Systems (accident reconstruction, design, protective equipment)

Penginderaan

**Mengkaji bagaimana
indera-indera
manusia bekerja di
tempat kerja**



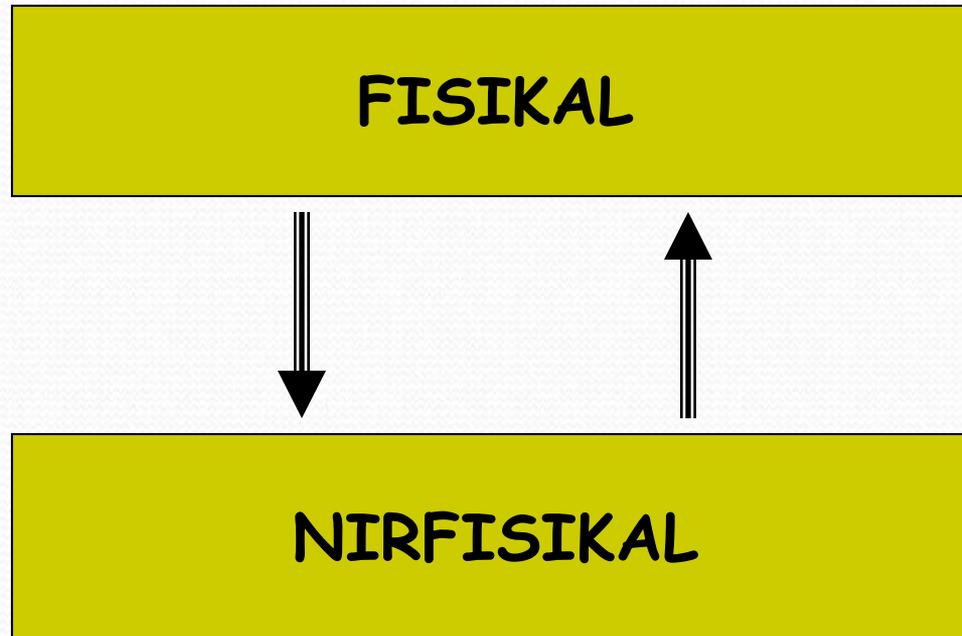
Psikososialogi Kerja

Mempelajari segi-segi kejiwaan manusia dalam bekerja :

vs perangkat-perangkat keras, lunak, teknologi, dan organisasi



ANTARA SEGI-SEGI FISIKAL (A, F, B, I) DAN NIRFISIKAL (I, P)



RANCANGAN YANG ERGONOMIK

Rancangan produk, ruang atau organisasi yang **ergonomik** adalah yang sesuai dengan realita antropometri, faal, biomekanika, penginderaan dan psikososologi orang-orang yang menggunakan atau berada di sistem-sistem tersebut

Ergonomik berarti sistem ybs cocok dengan manusianya baik secara fisikal maupun nirfisikal

Karena itu dikenal :

- **Produk yang ergonomik**

(televisi, kursi, mobil, mesin dll)

- **Ruang yang ergonomik**

(bentuk, ukuran, warna, iklim, pencahayaan dll)

- **Organisasi yang ergonomik**

(struktur, sistem prosedur, kepemimpinan, pengawasan dll)

DI TEMPAT KERJA :

Semua aspek di tempat kerja baik itu datang dari **alat-alat kerja** (mis. dokumen, komputer, furnitur, mesin, forklift dll), **ruangan kerja** (mis. suhu, pencahayaan, kebisingan, getaran, ukuran, bentuk, warna, aroma dll) maupun **organisasi** (mis. struktur/pengelompokan, sistem prosedur, kepemimpinan, sistem imbal jasa, jadwal kerja dll) memiliki karakter ergonomi dan berkontribusi langsung pada keergonomikan pekerjaan ybs **(termasuk aspek2 psikososial)**.

Pohon Produktifitas Nasional

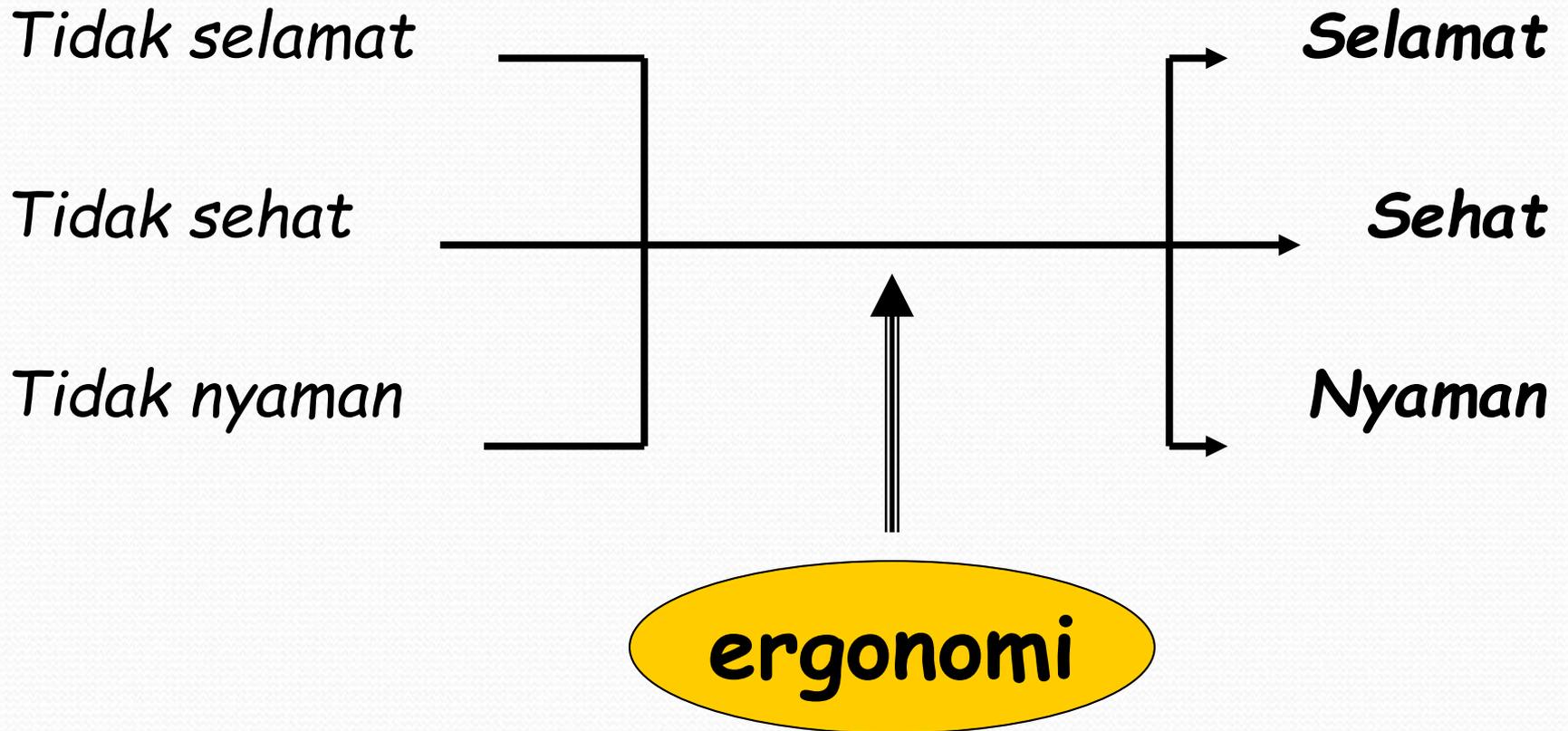
- Produktifitas jenjang yang lebih makro ditentukan oleh produktifitas subsistem-subsistem yang ada "dibawahnya"

- Pada akhirnya produktifitas nasional ditentukan juga oleh produktifitas sistem-sistem kerja (sistem industri yang paling mikro)

ERGONOMI DAN K3

- KESELAMATAN
- KESEHATAN
- KENYAMANAN

Mengubah keadaan tidak selamat, tidak sehat dan tidak nyaman menjadi selamat, sehat dan nyaman
DENGAN ERGONOMI

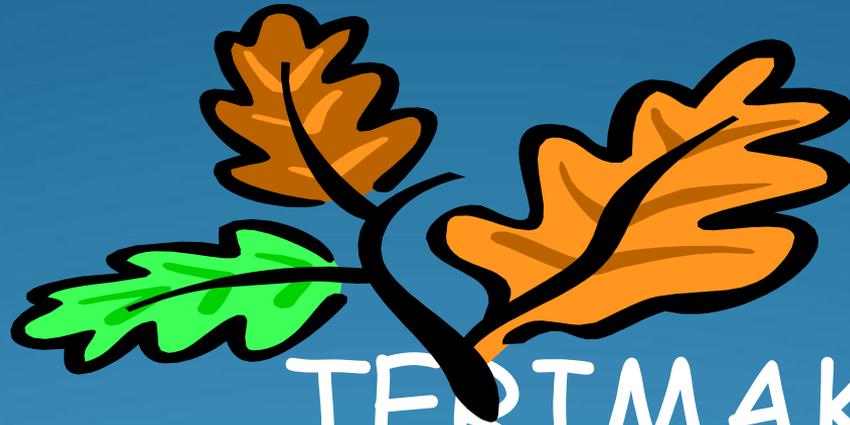


- Karena Safety and Health berkaitan erat dengan manusia, maka ERGONOMI merupakan hal yang tak terhindarkan
- Dengan ERGONOMI kita dapat mengembangkan sistem-sistem yang aman, sehat dan nyaman yang *human-centered*

TUGAS

1. Buatlah sejarah perkembangan Ergonomi secara singkat
2. Uraikan cabang-cabang keilmuan Ergonomi secara singkat

Kirim tugas ke email : sttal.jti@gmail.com



TERIMAKASIH