



Modul 5:

# BIOMEKANIKA



Ir. MUH. ARIF LATAR, MSc



# I. PENDAHULUAN



# 1.1. PENGERTIAN

Secara terminologi, terdiri atas :

kata **“Bio”** = makhluk hidup

kata **“Mekanikal”** = gerakan.

**Biomekanik** adalah ilmu yang mempelajari gerakan pada makhluk hidup, dimana dalam Biomekanik hanya mempelajari gerakan pada manusia.



➡ **Pengertian Biomekanik secara umum/luas**

“adalah ilmu yang mempelajari gerakan pada manusia, yang dipengaruhi oleh sistem anatomi, fisiologi, psikologis, mekanis dan sosiokultural.

➡ **Pengertian Biomekanik secara sempit**

“adalah ilmu yang mempelajari gerakan pada manusia.

➡ **Pengertian Biomekanik secara ilmiah**

“adalah ilmu yang mempelajari cara menentukan gaya, perubahan dan beban mekanik pada otot, tulang dan sendi dari tubuh manusia.

## 1.2. Defenisi

*Franklin & Nordin (1980)* mendefinisikan biomekanika sebagai berikut:

Biomekanika menggunakan konsep fisika dan teknik untuk menjelaskan gerakan pada bermacam-macam bagian tubuh manusia dan gaya yang bekerja pada bagian tubuh pada aktifitas sehari-hari.

*Chaffin (1991)* membuat istilah biomekanika kerja (Occupational Biomechanic) yang didefinisikan sebagai berikut:

Biomekanika kerja adalah studi mengenai interaksi pekerja dengan peralatan, mesin dan material, sehingga pekerja dapat meningkatkan performansinya dan di sisi lain dapat meminimalkan resiko cedera kerja (muskuloskeletal)



**Biomekanika sendiri dibagi menjadi 3 yaitu:**

- 1. Biostatik: Yaitu studi tentang struktur makhluk hidup yang berhubungan dengan gaya-gaya ketika mereka berinteraksi.**
- 2. Biodinamik: Yaitu studi tentang dasar-dasar dan pembagian gerakan (berhubungan dengan gaya) yang dilakukan makhluk hidup.**
- 3. Bioenergetik: Yaitu studi tentang transformasi energi yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup. Bioenergetik terkait dengan proses biothermodinamika.**

(Philips, Human Factors Engineering, 2000,hal 35-36)

## **1.3. PENGATAR BIOMEKANIKA**

**Penggunaan Fisika di Kesehatan :**

1. Faal Fisika : untuk menentukan fungsi tubuh meliputi kesehatan dan penyakit.
2. Pengetahuan tentang benda yang digunakan dlm kesehatan seperti ultrasonik, laser, radiasi, dll.

### **PENGUKURAN.**

Membandingkan kuantitas.

Besaran pokok dan turunan dan **SATUAN**

Proses pengukuran.

1. Pengukuran berulang : nilai pernafasan rata-rata
2. Pengukuran sekali : Potensial aksi pd sel saraf

# Faal positif dan negatif

## Faal Positif

Error yang terjadi dimana penderita dinyatakan menderita suatu penyakit padahal tidak

## Faal negatif

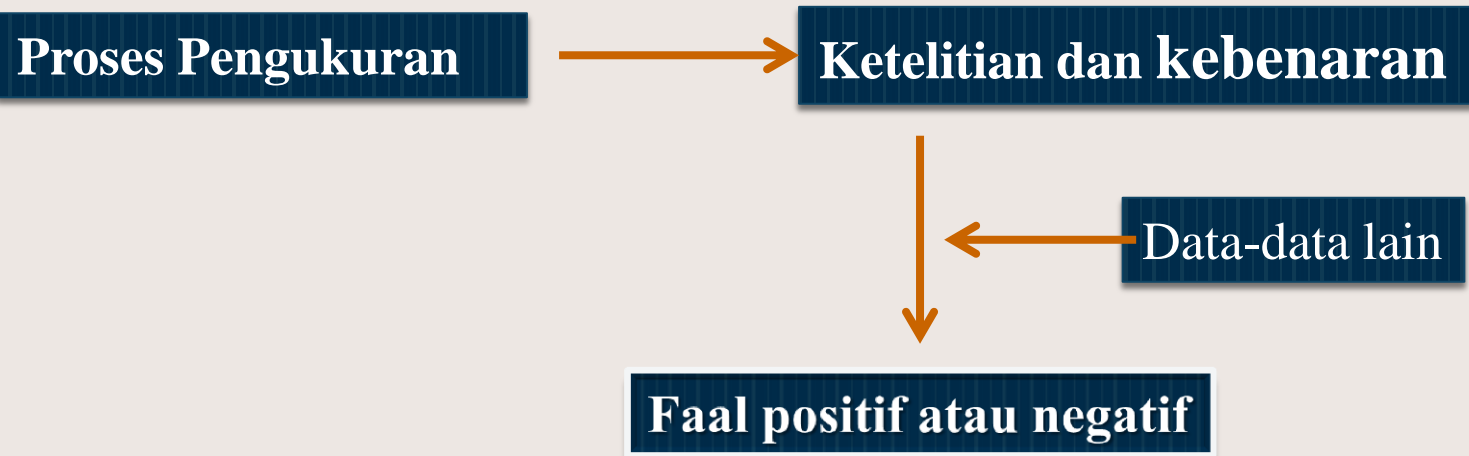
Error yang terjadi dimana penderita dinyatakan tidak sakit padahal menderita suatu penyakit

Untuk menghindari :

1. Dalam pengambilan pengukuran
2. Pengulangan pengukuran
3. Penggunaan alat yang dapat dipercaya
4. Kalibrasi terhadap alat.



## Skema dasar Pengukuran





## II. KONSEP BIOMEKANIKA



## **II. KONSEP BIOMEKANIKA**

Biomekanika diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :

- 1. GENERAL BIOMECHANIC**
- 2. OCCUPATIONAL BIOMECHANIC.**

## 2.1. *General Biomechanic*

Adalah bagian dari Biomekanika yang berbicara mengenai hukum – hukum dan konsep – konsep dasar yang mempengaruhi tubuh organic manusia baik dalam posisi diam maupun bergerak.

Dibagi menjadi 2, yaitu :

1. *Biostatics* adalah bagian dari biomekanika umum yang hanya menganalisis tubuh pada posisi diam atau bergerak pada garis lurus dengan kecepatan seragam (uniform ).
2. *Biodinamic* adalah bagian dari biomekanik umum yang berkaitan dengan gambaran gerakan – gerakan tubuh tanpa mempertim-bangkan gaya yang terjadi (kinematik ) dan gerakan yang disebabkan gaya yang bekerja dalam tubuh ( kinetik ). (Tayyari, *Occupational Ergonomi* )

## 2.2 *Occupational Biomechanic*

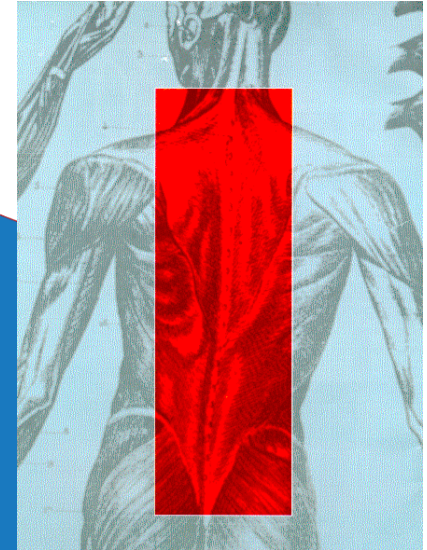
Didefinisikan sebagai bagian dari biomekanik terapan yang mempelajari interaksi fisik antara pekerja dengan mesin, material dan peralatan dengan tujuan untuk meminimumkan keluhan pada sistem kerangka otot agar produktifitas kerja dapat meningkat.

Dalam biomekanik ini banyak melibatkan bagian bagian tubuh yang berkolaborasi untuk menghasilkan gerak yang akan dilakukan oleh organ tubuh yakni kolaborasi antara Tulang, Jaringan penghubung (Connective Tissue) dan otot yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

# Otot

2 jenis  
OTOT

- Kerja otot dinamis, yang ditandai dengan adanya proses berulang antara kontraksi dan relaksi
- Kerja otot statis ditandai dengan proses kontraksi yang berkepanjangan





**Untuk  
Pekerjaan  
Statis :**

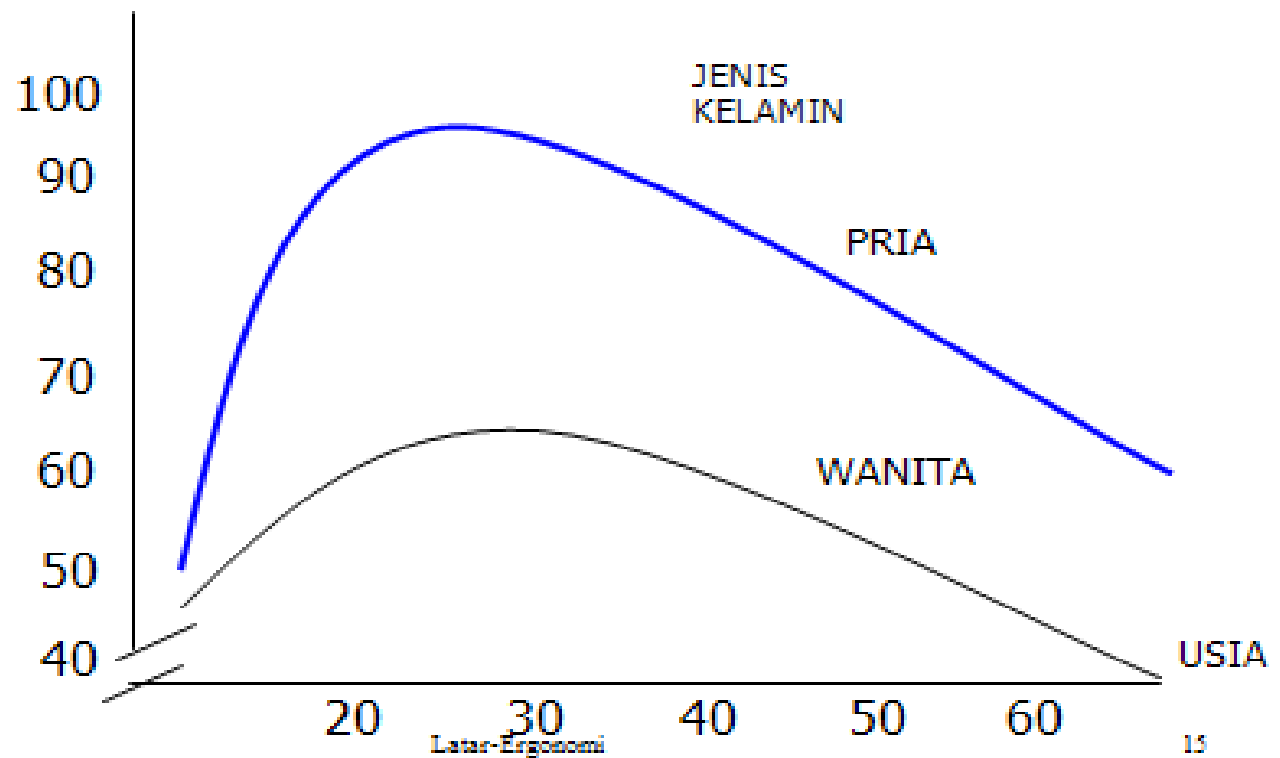
- Otot tertekan - - -> Penyempitan pembuluh darah
- Peredaran darah terganggu ( Oxygen debt ) - - -> Asam Laktat menumpuk - - -> Pegal-pegal.

**Untuk  
Pekerjaan  
Dinamis :**

- Pengerahan tenaga besar dan monoton (kontraksi otot serabut berlebihan ) - - -> CO<sub>2</sub> & Air menumpuk - - -> Nyeri otot / bengkak - - -> Otot memendek dan kaku.



- **KEKUATAN OTOT DIHUBUNGKAN DENGAN USIA DAN JENIS KELAMIN**





# *Kekuatan Otot*

- Setiap jenis otot mempunyai kemampuan yang khas dalam menjalankan kerja biomekanik
- Masing-masing memiliki kekuatan, kecepatan dan ketelitian geraknya sendiri
- Kekuatan otot bergantung juga pada dimana dan ke arah mana kekuatan itu dikeluarkan

- **KEKUATAN OTOT:**

- TERGANTUNG DARI BANYAKNYA SERAT**

- KEKUATAN MAKSIMUM, SERAT OTOT  $0.3-0.4 \text{ N/mm}^2$  (1 KG=10 N) DARI CROSS SECTION DAPAT MENGANGKAT BEBAN 3 – 4 KG (30 – 40 N)**

- WANITA DENGAN LATIHAN YANG SAMA DENGAN PRIA DAPAT MENCAPAI KURANG DARI 30% KEKUATAN PRIA**

- KEKUATAN PALING BESAR PADA SAAT PERMULAAN KONTRAKSI (RELAX)**

**Dalam dunia kerja yang menjadi perhatian adalah :  
Kekuatan kerja otot.**

**Kekuatan kerja otot bergantung pada :**

- **Posisi anggota tubuh yang bekerja**
- **Arah gerakan kerja.**
- **Perbedaan kekuatan antar bagian tubuh.**
- **Usia.**
- **Kecepatan dan ketelitian.**
- **Daya tahan jaringan tubuh terhadap beban.**



# III. ANALISIS MEKANIK



## 3.1. Hukum Dasar

- Hukum Newton pertama ( Kelembaman )  
Dipakai untuk mengukur suatu pengamatan
  - benda bersifat mempertahankan keadaan
  - semua benda/ obyek akan bergerak bila ada gaya (*force*) yang mengakibatkan pergerakan
- Hukum Newton kedua  
$$F = m \cdot a$$

“Apabila ada gaya yang bekerja pada suatu benda maka benda akan mengalami suatu percepatan yang arahnya sama dengan arah gaya”
- Hukum Newton ketiga - ( aksi reaksi )  
“ Untuk setiap aksi, selalu ada reaksi yang arahnya berlawanan”

- **Massa**

“jumlah unsur suatu obyek”

satuan: kg → besaran skalar

- **Berat**

“jumlah unsur suatu obyek yang dipengaruhi gaya tarik bumi/gravitasi”

satuan: kg m/s(Newton) → besaran vektor

- **Gaya gravitasi**  
“gaya tarik bumi terhadap suatu benda”
- **Pengaruh gaya gravitasi terhadap tubuh manusia**
  - berat badan,
  - varises,
  - edema tungkai, dll.
- **Gaya yang mempengaruhi tubuh manusia**
  - gaya pada tubuh manusia → spt saat tubuh menabrak suatu benda
  - gaya di dalam tubuh manusia → gaya otot mempengaruhi sirkulasi darah dan pernapasan

# **BIOMEKANIKA** *pada* **MANUSIA**

- **Gaya yang bekerja pada manusia**
  - dalam keadaan statis
  - dalam keadaan dinamis
- **Gaya pada tubuh manusia dalam keadaan statis**
  - dalam keadaan setimbang/ jumlah gaya dlm segala arah ( $F=0$ )
  - sistem muskuloskeletal bekerja sbg pengumpul/pengungkit



## Gaya pada tubuh dan didalam

- ❑ Gaya pada tubuh → dapat kita ketahui ex menabrak meja.
- ❑ Gaya dalam tubuh → tdk diketahui ex Gaya otot.

Dasar asal mula gaya adalah gaya gravitasi, tarik-menarik antara 2 benda, misalkan berat badan, ex terjadinya varises.

### Gaya pada tubuh ada 2 tipe :

1. Gaya pada tubuh dlm keadaan statis.
2. Gaya pada tubuh dalam keadaan dinamis

## **3.2. GAYA PADA TUBUH MANUSIA**

### **Gaya pd tubuh keadaan statis**

**Statis :** Tubuh dlm keadaan setimbang, jumlah gaya dan momen gaya yang ada sama dengan nol.

→ dalam keadaan setimbang/ jumlah gaya dlm segala arah ( $F=0$ ) sistem muskuloskeletal bekerja sebagai pengumpul/pengungkit

**Sistem tulang dan otot berfungsi sebagai pengumpul.**

## Dalam tubuh manusia terdapat tiga jenis gaya : .....(Winter,1979 )

- Gaya Gravitasi, yaitu gaya yang melalui pusat massa dari tiap segmen tubuh manusia dengan arah kebawah. Besar gayanya adalah massa dikali percepatan gravitasi (  $F = m g$  )
- Gaya Reaksi yaitu gaya yang terjadi akibat beban pada segmen tubuh atau berat segmen tubuh itu sendiri.
- Gaya otot yaitu gaya yang terjadi pada bagian sendi, baik akibat gesekan sendi atau akibat gaya pada otot yang melekat pada sendi. Gaya ini menggambarkan besarnya momen otot.

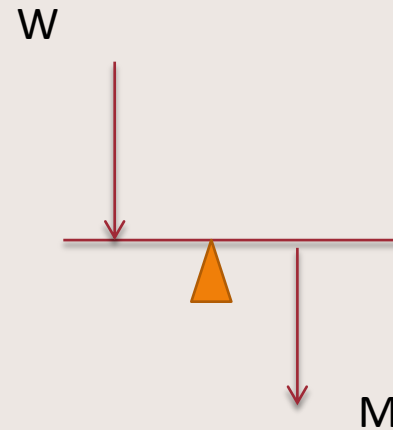
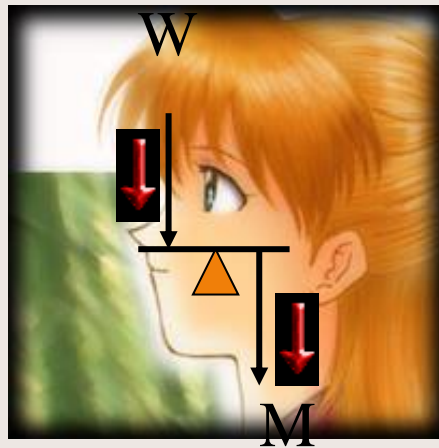
## Ada 3 kelas sistem pengumpul :

### a. Kelas pertama

Titik tumpuan terletak diantara gaya berat dan otot

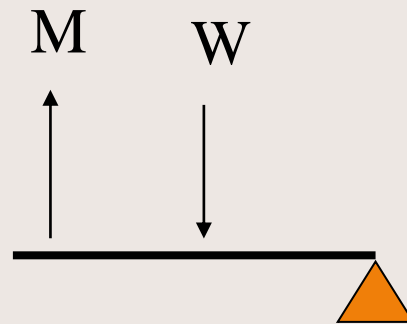
$W$  = gaya berat

$M$  = gaya otot



## b. Klas kedua

Gaya berat diantara titik tumpu dan gaya otot.

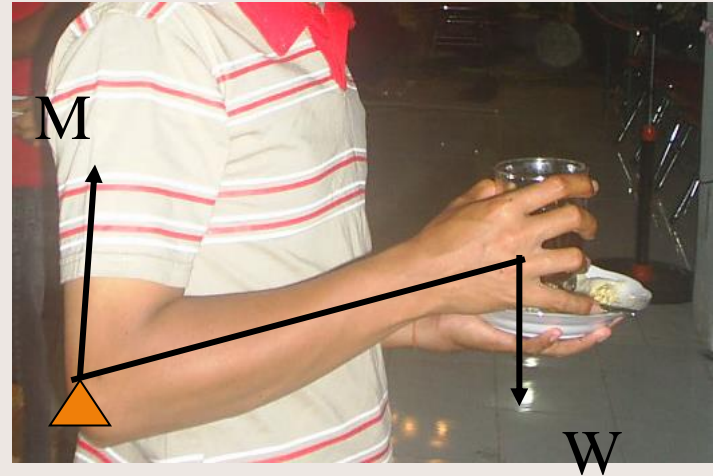
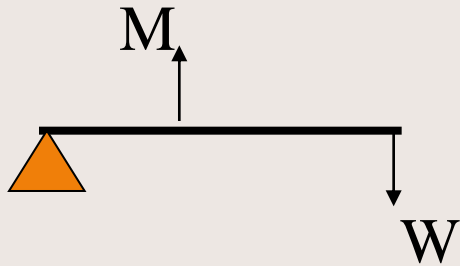


Contoh: posisi jinjit



### c. Klas ketiga

Gaya otot terletak diantara titik tumpuan dan gaya berat



Contoh: Posisi tangan mengangkat beban

# Keuntungan mekanik

Perbandingan antara gaya otot dan gaya berat



$$\text{Keuntungan Mekanik} = \frac{M}{W} = \frac{l_w}{l_M}$$



# **Biomekanika:**

## **Daya Tahan Terhadap Beban Mekanik (1)**

- **Setiap jenis jaringan mempunyai kemampuan yang khas dalam menahan beban biomekanik yang datang kepadanya**
- **Beberapa faktornya:**
  - **Konstruksi sistem otot-rangka**
  - **Sifat bahan jaringan yang bersangkutan**
  - **Kebiasaan/latihan**



# Biomekanika:

## Daya Tahan Terhadap Beban Mekanik (2)

- Untuk pekerjaan mengangkat secara manual, dikembangkan **Recommended Weight Limit (RWL)** → beban angkat maksimal yang disarankan tidak dilampaui
- **$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$**
- Untuk mengurangi beban manual material handling dapat digunakan alat bantu



## **Biomekanika: Daya Tahan Terhadap Beban Mekanik (3)**

- **Beban mekanik yang terasa ringan tetapi membebani secara berulang dalam waktu yang panjang dapat menimbulkan gangguan-gangguan pada jaringan yang bersangkutan mulai dari yang ringan sampai yang bersifat masalah (disorder) pada jaringan rangka-tulang tersebut**

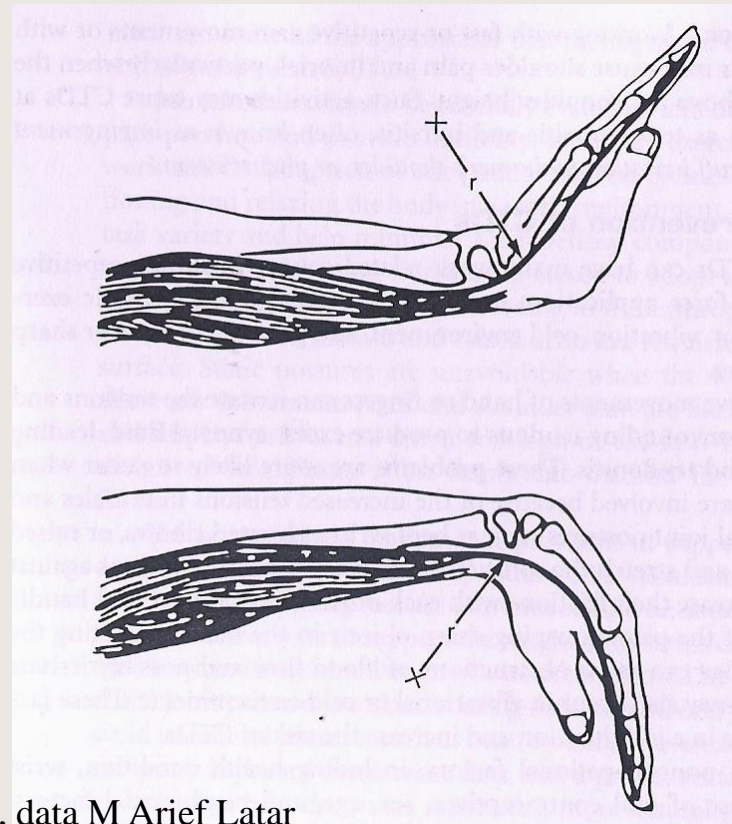
# Biomekanika:

## CTDs (1)

- Di banyak industri yang menggunakan tangan secara repetitive, cumulative trauma disorders (CTDs) sangat umum ditemukan
- CTDs adalah gangguan pada jaringan lunak di bagian jari, telapak tangan, pergelangan, siku dan bahu
- Terjadi karena postur kerja yang tidak nyaman/alamiah

# Biomekanika: CTDs (2)

- Beberapa postur kerja penyebab CTDs



# Biomekanika:

## CTDs (3)

