



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KADIRI
Cakap melayani anda

**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA



Program Bantuan Pengembangan dan Penyelenggaraan Pembelajaran Digital 2024

Nama Mata Kuliah

Biomekanika

Vol. 2

Nama Dosen : Ir. Silvi Rushanti Widodo, ST., MT

Kode MK dan SKS : TI5043 (2 SKS)

Pertemuan Ke - 4

Program Studi S1 Teknik Industri

www.teknik.unik-kediri.ac.id

BERKARAKTER

KOMPETEN

UNGGUL

UNTUK BERDAYA SAING

INTERNASIONAL



Materi Pertemuan

Outline Bahasan Materi :

- Evaluasi Biomekanika
- NIOSH

Kemampuan Akhir :

Mahasiswa memahami dan memiliki wawasan serta dapat menjelaskan tentang biomekanika kerja

Referensi :

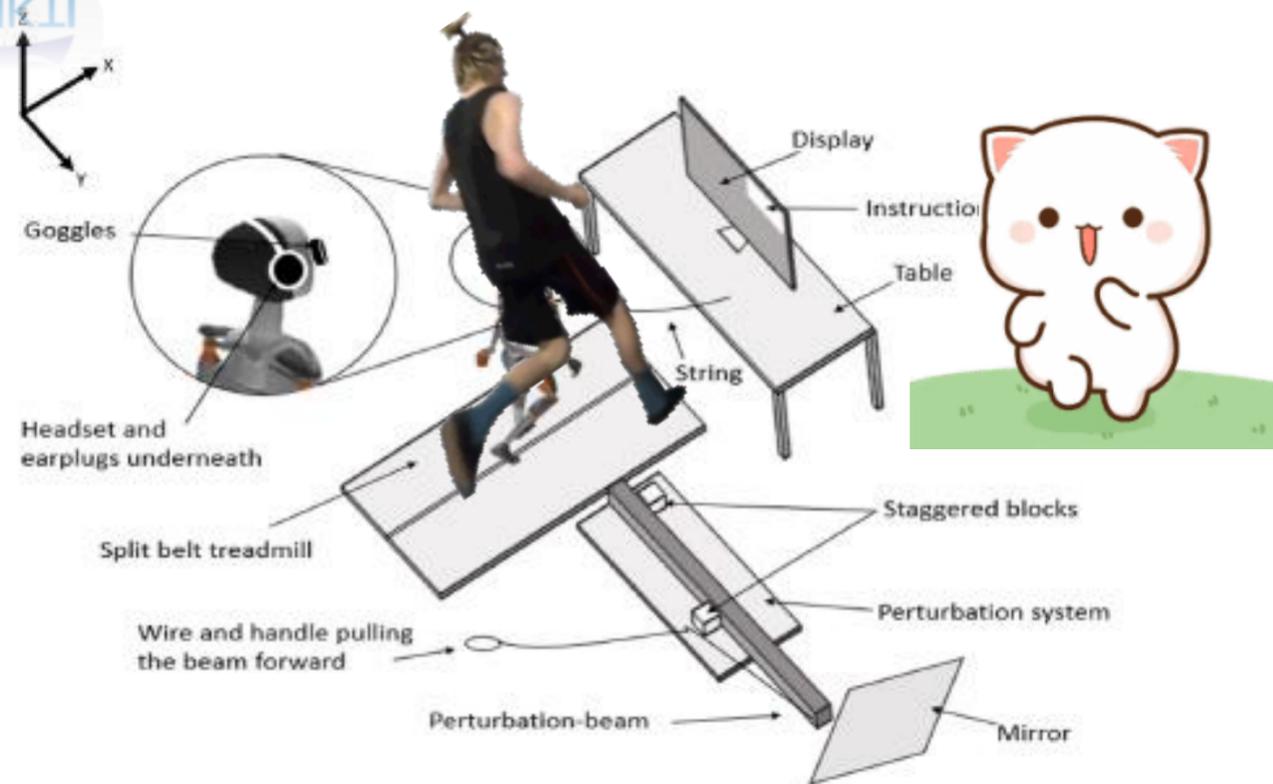
1. Iridiastadi, Yassierli. Ergonomi: suatu pengantar. Bandung: PT. Remaja Rosda Karya. 2019
2. arwaka. Ergonomi Industri. Surakarta: UNIBA Press; 2004
3. Sjøgaard, G. et al. (2021) 'The elixir of muscle activity and kinesiology in a health perspective: Evidence of worksite tailored exercise training alleviating muscle disorders', *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 61, p. 102600.
4. Bernal, D. et al. (2015) 'Work-related psychosocial risk factors and musculoskeletal disorders in hospital nurses and nursing aides: a systematic review and meta-analysis', *International journal of nursing studies*, 52(2), pp. 635–648.





| Definisi | Uraian |
|----------------------|---|
| Evaluasi Biomekanika | <p>Evaluasi biomekanika bertujuan untuk mengidentifikasi dan menilai risiko ergonomis di tempat kerja. Hal ini dilakukan dengan cara:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisis tugas: Mengamati dan mendeskripsikan tugas kerja secara detail, termasuk postur tubuh, gerakan, dan beban fisik yang dialami pekerja. • Pengukuran: Mengukur faktor-faktor biomekanis seperti postur tubuh, sudut sendi, gaya dan beban, dan tingkat repetisi gerakan. • Penilaian: Membandingkan hasil pengukuran dengan standar biomekanis yang telah ditetapkan untuk menilai risiko ergonomis. |
| NIOSH | <p>NIOSH menyediakan berbagai sumber daya untuk membantu pengusaha dan pekerja dalam melakukan evaluasi biomekanika dan mencegah cedera terkait pekerjaan. Sumber daya ini meliputi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Panduan: NIOSH menerbitkan panduan dan rekomendasi untuk berbagai topik terkait biomekanika, seperti desain tempat kerja, postur tubuh yang benar, dan pencegahan cedera muskuloskeletal. • Alat: NIOSH menyediakan alat-alat online dan offline untuk membantu pengusaha dan pekerja dalam melakukan evaluasi biomekanika dan mengidentifikasi risiko ergonomis. • Penelitian: NIOSH melakukan penelitian untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi baru untuk mencegah cedera terkait pekerjaan. |

Evaluasi Biomekanika



Evaluasi biomekanika dan NIOSH dapat membantu pengusaha dan pekerja untuk:

- 1. Mencegah cedera:** Dengan mengidentifikasi dan menilai risiko ergonomis, pengusaha dapat mengambil langkah-langkah untuk mencegah cedera muskuloskeletal pada pekerja.
- 2. Meningkatkan produktivitas:** Kondisi kerja yang ergonomis dapat membantu pekerja untuk bekerja lebih efisien dan efektif, sehingga meningkatkan produktivitas.
- 3. Meningkatkan kesehatan:** Kondisi kerja yang ergonomis dapat membantu pekerja untuk tetap sehat dan bugar, sehingga mengurangi risiko penyakit kronis.

Evaluasi Biomekanika

Pemodelan Tangan-Siku

Pada model tangan-siku, fokus analisis hanya satu lengan-tangan. Respons internal tubuh terhadap tuntutan pekerjaan dapat dihitung dari besarnya gaya pada otot biseps dan momen yang terjadi pada sendi siku.

Momen eksternal berdasarkan gaya eksternal menggunakan rumus

(H. dan Y. Iridiastadi, 2017):

$$M_{siku} = F_A \times d_A + F_B \times d_B \quad (1)$$

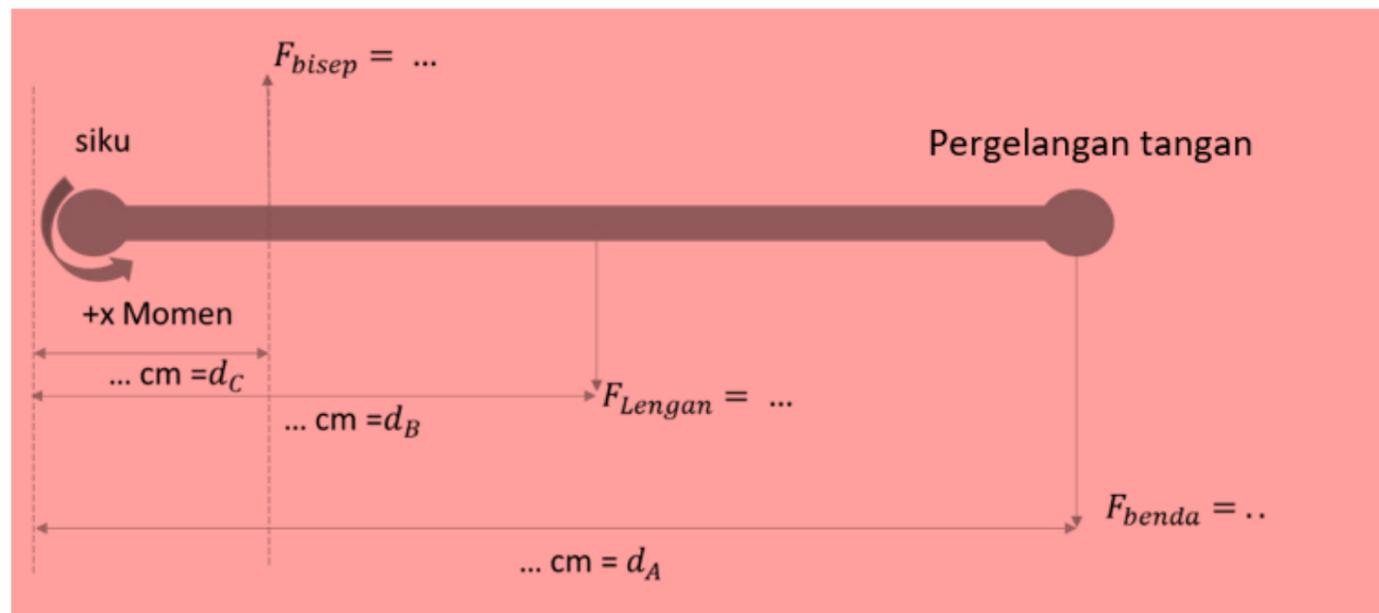
Keterangan:

FA = Gaya maksimum

FB = Gaya angkut yang bekerja

dA= Panjang arah sampai ujung tangan maksimum

dB= Panjang arah sampai ujung tangan yang bekerja



Gambar 1 Model Analisis Tangan-Siku Dalam Menahan Beban

Sumber: (Chaffin, Andersson and Martin, 2006)

Evaluasi Biomekanika

Pemodelan Tangan-Siku

Momen internal berdasarkan gaya internal menggunakan rumus (H. dan Y. Iridiastadi, 2017):

$$M_{siku} = F_{siku} \times d_A + F_{bisep} \times d_B \quad (2)$$

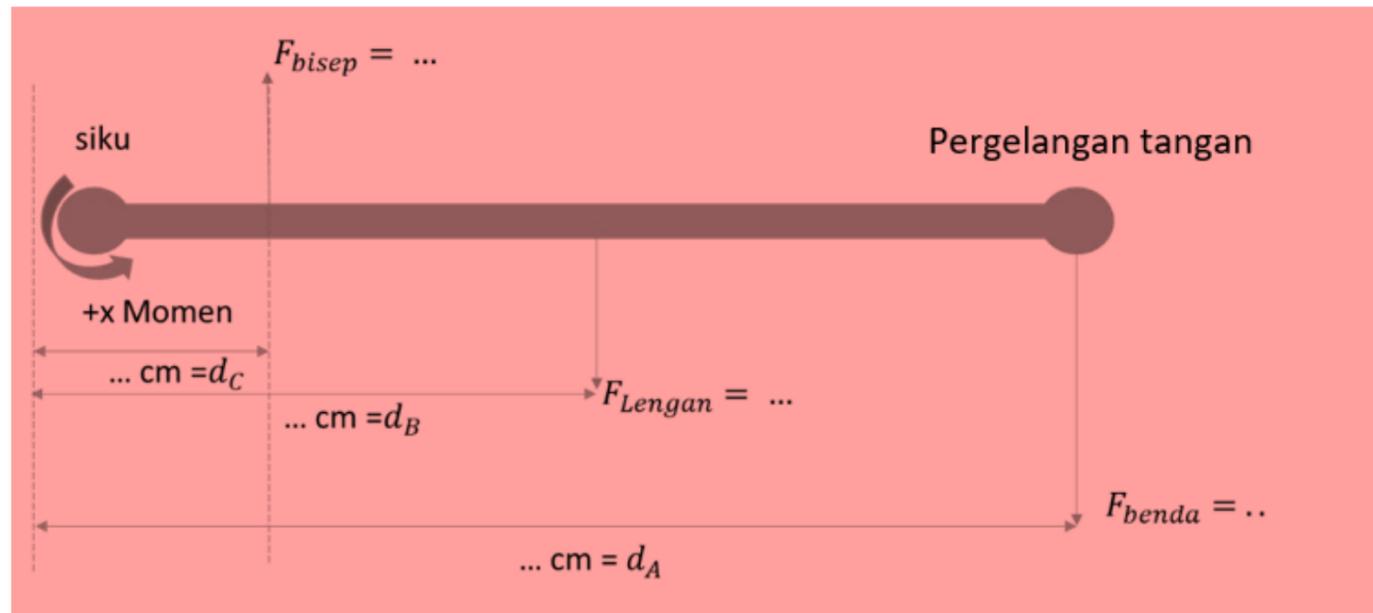
Keterangan:

F_{siku} = Gaya siku maksimum

F_{bisep} = Gaya angkut yang bekerja di otot bisep

d_A = Panjang arah sampai ujung tangan maksimum

d_B = Panjang arah sampai ujung tangan yang bekerja



Gambar 1 Model Analisis Tangan-Siku Dalam Menahan Beban

Sumber: (Chaffin, Andersson and Martin, 2006)

Evaluasi Biomekanika

Pemodelan Tangan-Siku

Proporsi keamanan dalam aktivitas menggunakan pemodelan biomekanika dengan rumus (H. dan Y. Iridiastadi, 2017):

$$Z = \frac{(x - \mu)}{\sigma} \quad (4)$$

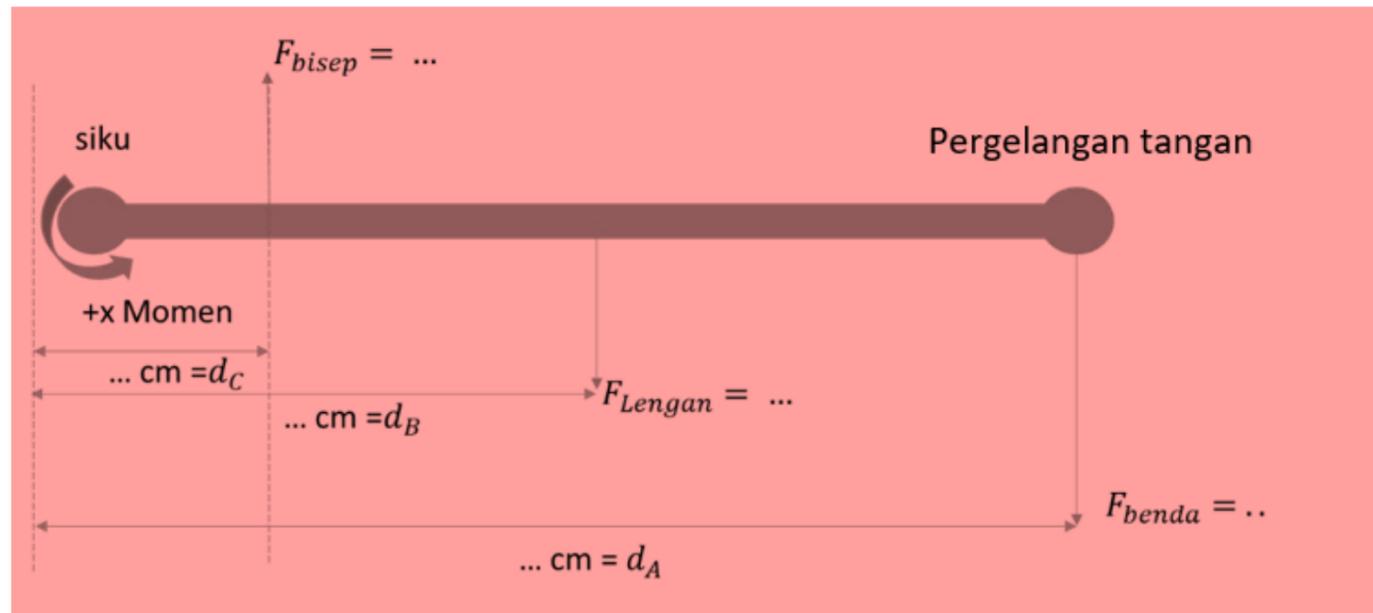
Keterangan:

z = nilai Z

x = hasil perhitungan (M_{siku} atau F_{bisep})

μ = nilai rata-rata populasi (M_{siku} atau F_{bisep})

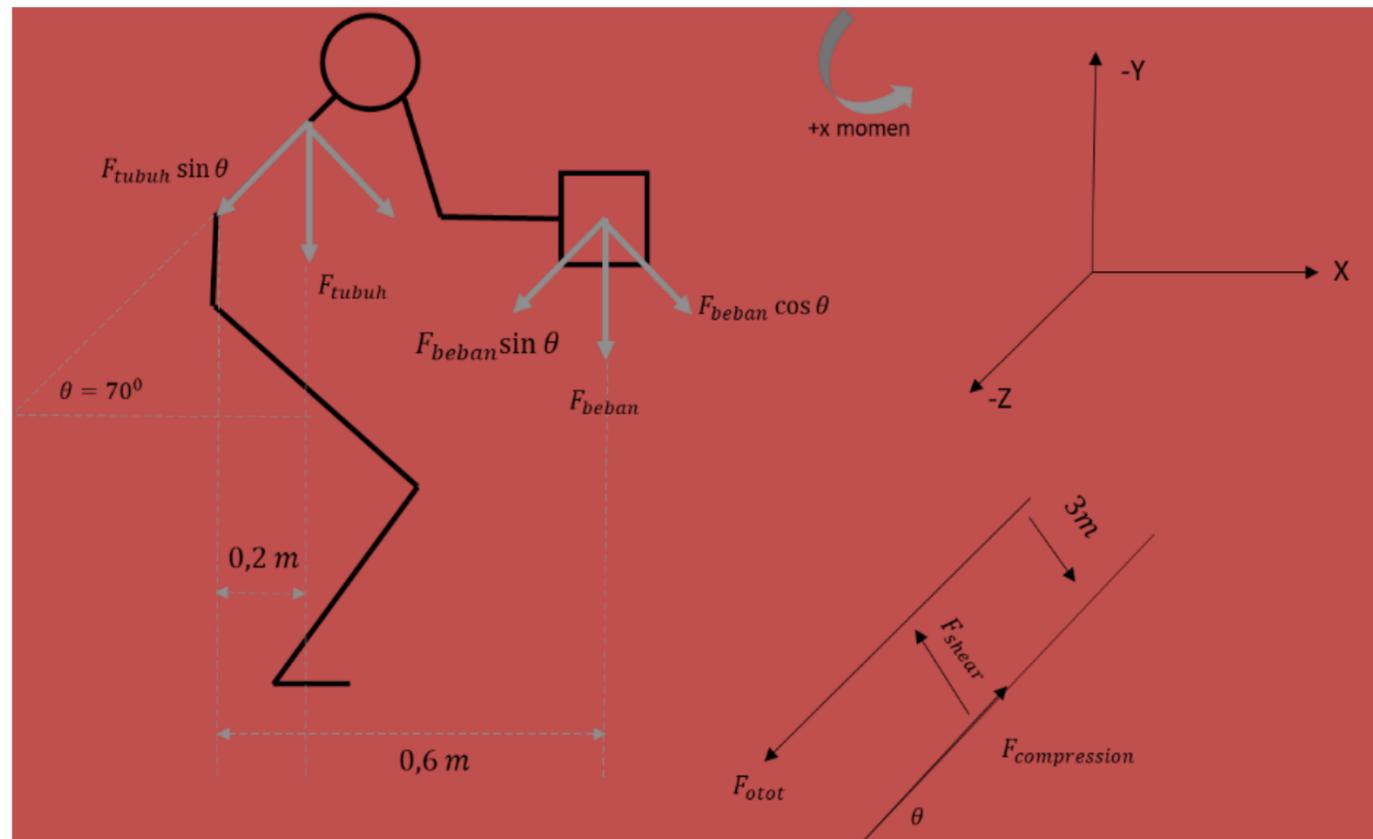
σ = simpangan baku (M_{siku} atau F_{bisep})



Gambar Model Analisis Tangan-Siku Dalam Menahan Beban

Sumber: (Chaffin, Andersson and Martin, 2006)

Evaluasi Biomekanika



Gambar 2. Pemodelan Punggung Bawah
Sumber: (H. Iridiastadi & Yassierli, 2014)

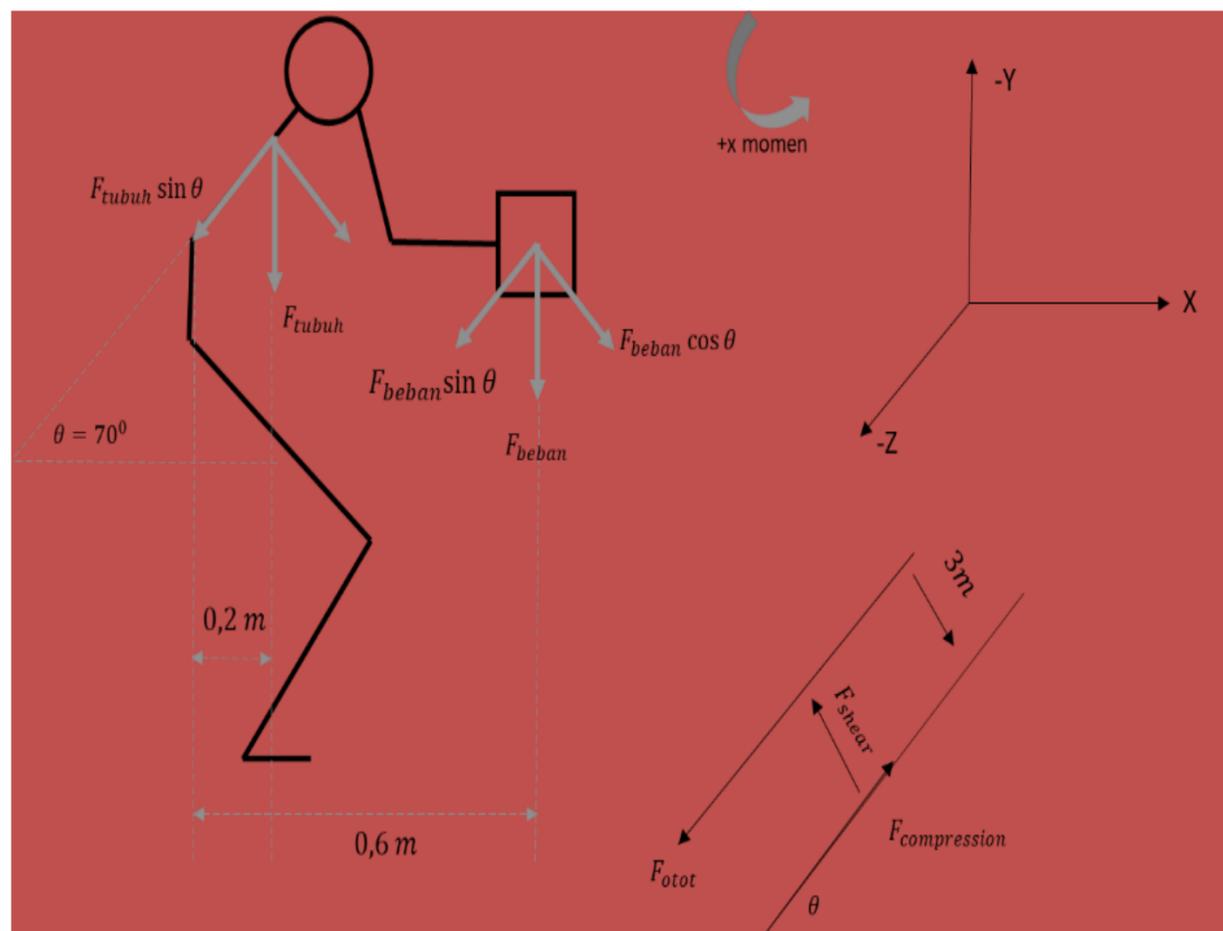
Momen internal dengan rumus:

$$\sum M_{L5/S1} = 0 = M_{L5/S1} + \bar{M}_{L5/S1}$$

$$\sum M_{L5/S1} = -\bar{M}_{L5/S1}$$

$$\sum M_{L5/S1} = M_{tubuh} + M_{beban}$$

Evaluasi Biomekanika



Gambar 2. Pemodelan Punggung Bawah
Sumber: (H. Iridiastadi & Yassierli, 2014)

Kemudian momen internal yang terjadi sebagai respon adanya momen eksternal karena kerja otot punggung.

$$\sum M_{L5/S1} = F_{otot} \cdot d$$

Gunakan $d = 0,03$ m. Hitung $F_{compression}$ dengan persamaan berikut:

$$F_{compression} = F_{tubuh} \sin \theta + F_{beban} \sin \theta + F_{otot}$$

Hitung F_{shear} dengan persamaan $F_{shear} = F_{tubuh} \cos \theta + F_{beban} \cos \theta$



PANDUAN NIOSH

Recommended Weight Limit (RWL)

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

Keterangan:

RWL = Batas beban yang direkomendasikan

LC = konstanta beban (23 kg)

HM = Faktor pengali horizontal

VM = Faktor pengali vertikal

DM = Faktor pengali perpindahan

AM = Faktor pengali asimetrik

FM = Faktor pengali frekuensi

CM = Faktor pengali pegangan



Tahapan Recommended Weight Limit (RWL)

Dalam penelitian biomekanika ini, data akan diolah menggunakan metode NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) dengan menghitung nilai RWL (Recommended Weight Limit) dan LI (Lifting Index).

Tahapan 1

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

Keterangan:

RWL = Batas beban yang direkomendasikan

LC = konstanta beban (23 kg)

HM = Faktor pengali horizontal

VM = Faktor pengali vertikal

DM = Faktor pengali perpindahan

AM = Faktor pengali asimetrik

FM = Faktor pengali frekuensi

CM = Faktor pengali pegangan

Tahapan 2

$$LI = \frac{\text{Bobot aktual}}{\text{Nilai RWL paling kecil}}$$

Pemberian rekomendasi jika $LI \leq 1$, maka pekerjaan aman. Jika LI diantara 1 sampai 3 dinyatakan pekerjaan mungkin ada resiko. Jika $LI \geq 3$, maka pekerjaan tersebut memiliki resiko.

Tahapan 3

Memberikan usulan perbaikan risiko cedera dari hasil penilaian RWL, baik dari sisi berat maksimum yang diangkut operator, posisi tangan yang tepat dan jarak tempuh handling optimal



PANDUAN NIOSH

RWL optimal besarnya 23 kg, berarti kondisi ideal adalah perkalian semua multiplier = 1

RWL origin dan RWL destination, diambil RWL yang paling kecil, yang paling safety

MPL beban maksimum, RWL beban optimal, tidak ada efek jangka panjang



PANDUAN NIOSH

RWL optimal besarnya 23 kg, berarti kondisi ideal adalah perkalian semua multiplier = 1

RWL origin dan RWL destination, diambil RWL yang paling kecil, yang paling safety

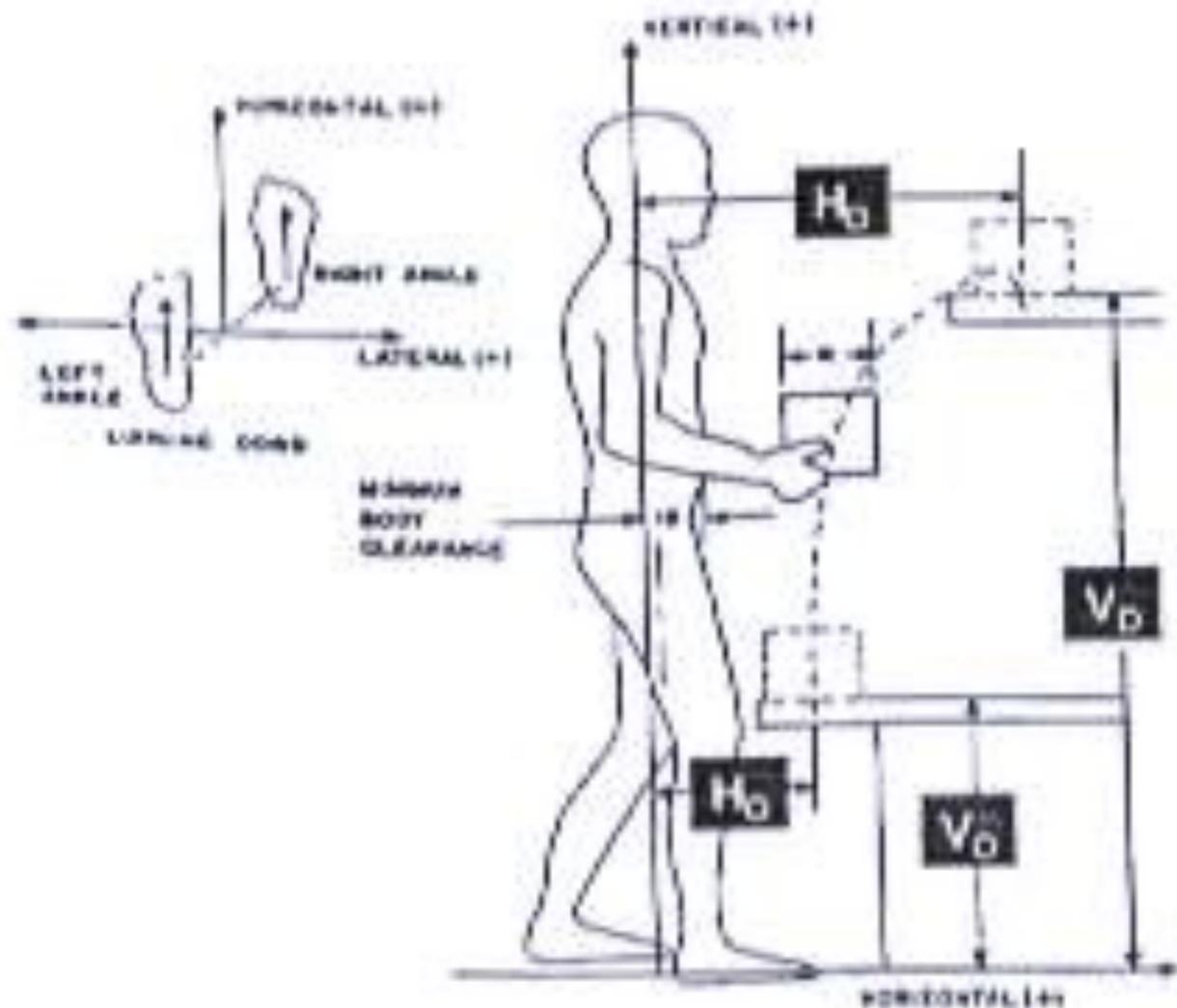
MPL beban maksimum, RWL beban optimal, tidak ada efek jangka panjang

LC = 23 untuk orang Amerika, idealnya ditentukan berapa LC untuk orang Indonesia.

Bisa dijadikan penelitian untuk TA, menentukan berapa LC untuk orang Indonesia.

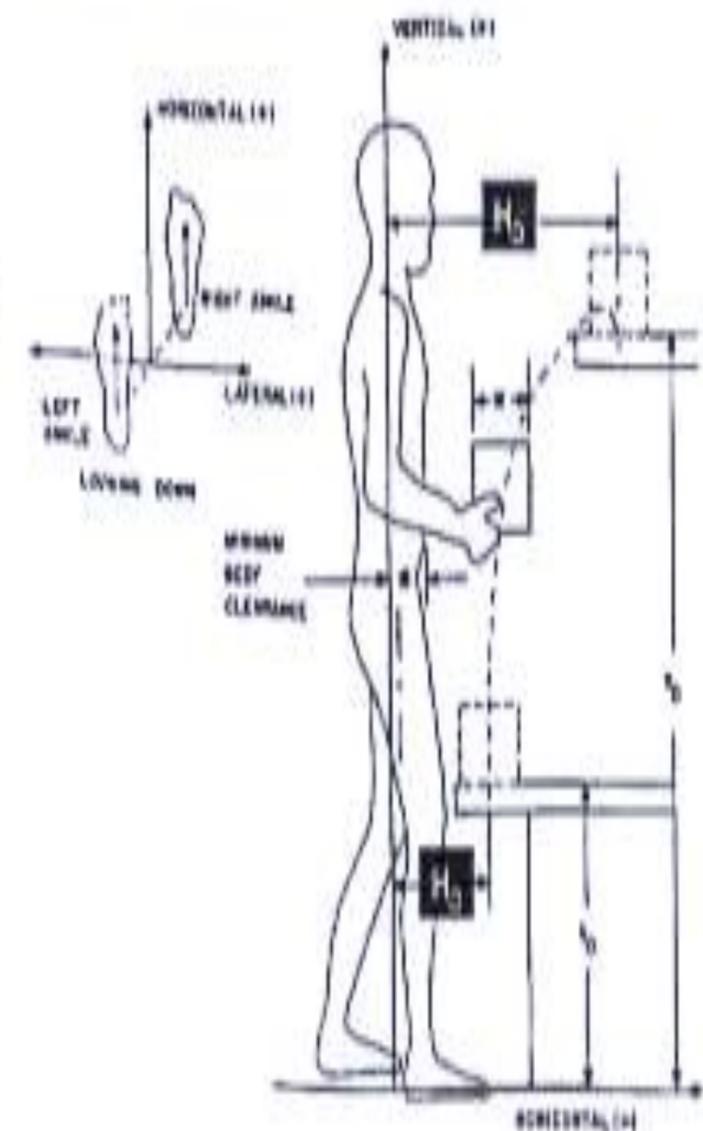
PANDUAN NIOSH

Acuan Posisi



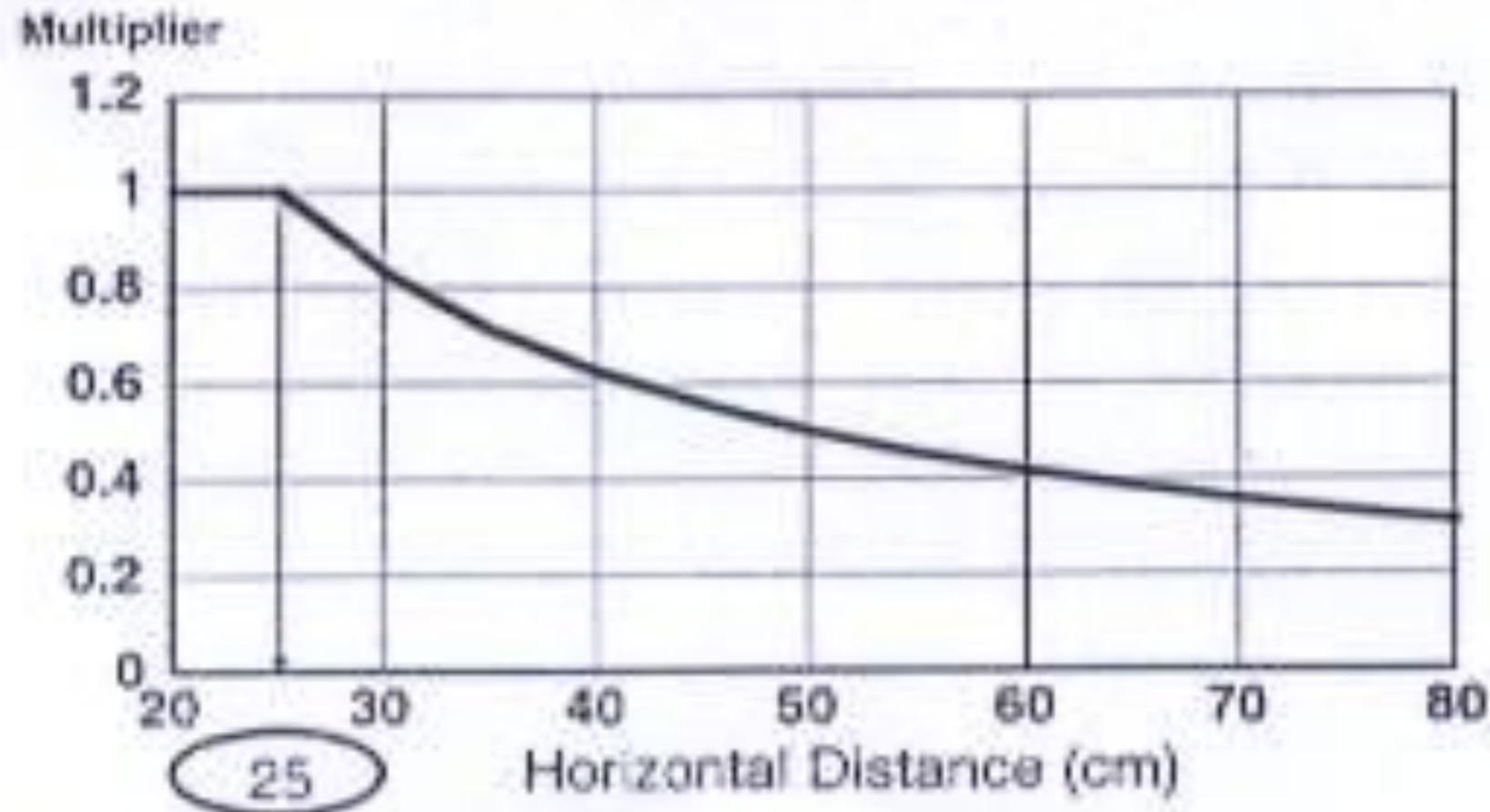
Horizontal Multiplier

- $HM = (25/H)$
- H = jarak horizontal (cm)
- HM mempengaruhi beban pada punggung



PANDUAN NIOSH

Pengali Horizontal



- Jika $H \leq 25$, $HM = 1$
- Efek HM: cukup signifikan, non-linear

Jarak horizontal adalah jarak titik berat benda ke titik berat badan

Jarak ideal untuk orang

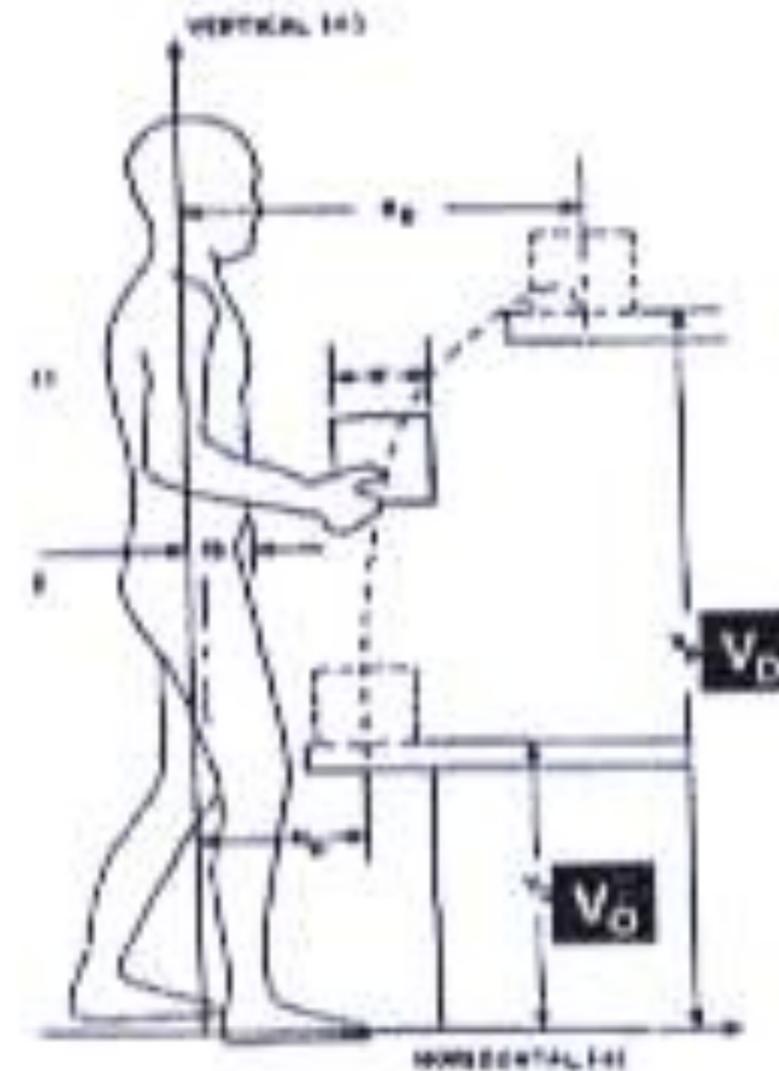
Amerika : 25 cm

Berapa jarak ideal untuk orang Indonesia?

PANDUAN NIOSH

Vertical Multiplier

- $VM = (1 - (0.003|V - 75|))$
- $V =$ jarak vertikal (cm)
- $VM \sim$ postur



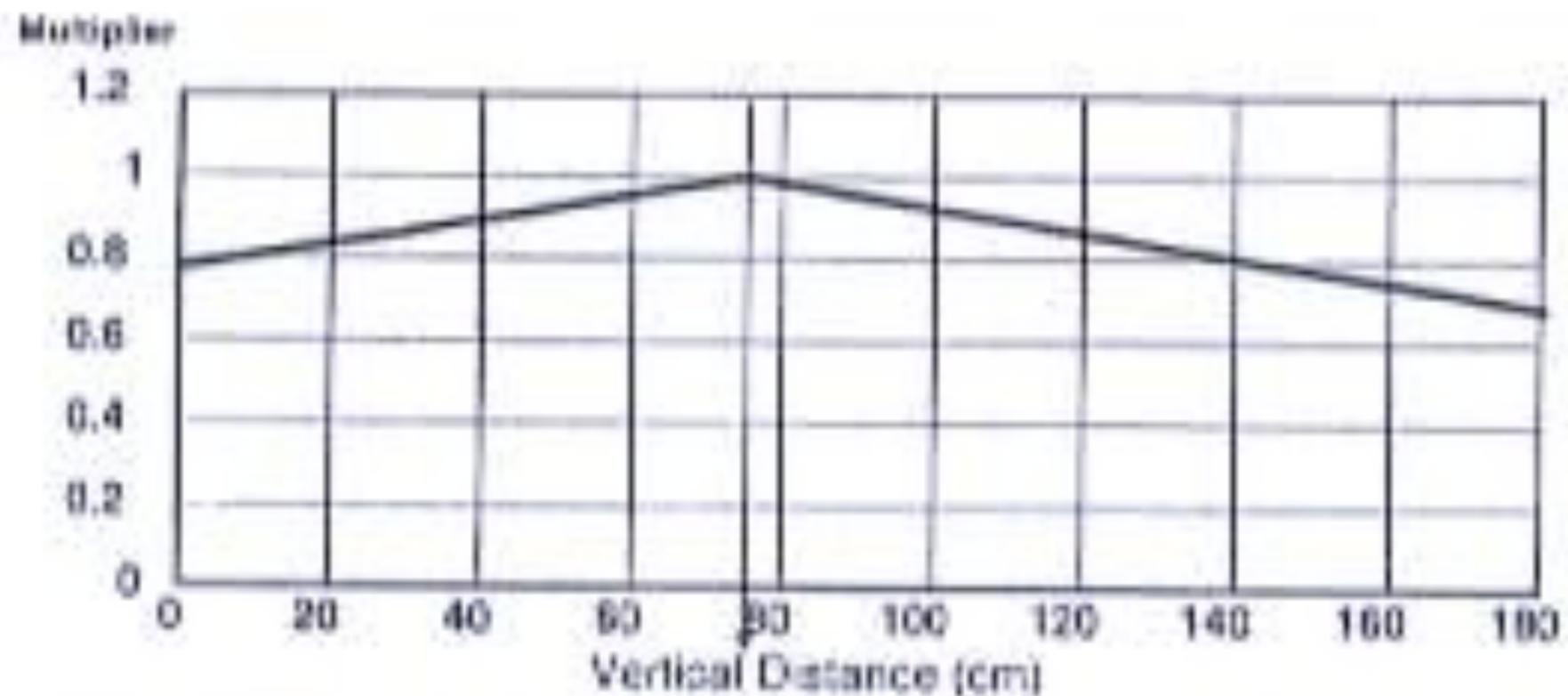


PANDUAN NIOSH

Pengali Vertikal

torso flexion

overhead reach



- Efek VM : moderat, non-linear effect



PANDUAN NIOSH

Angka 75 pada VM merupakan jarak dari lantai ke buku-buku tangan/knuckle.

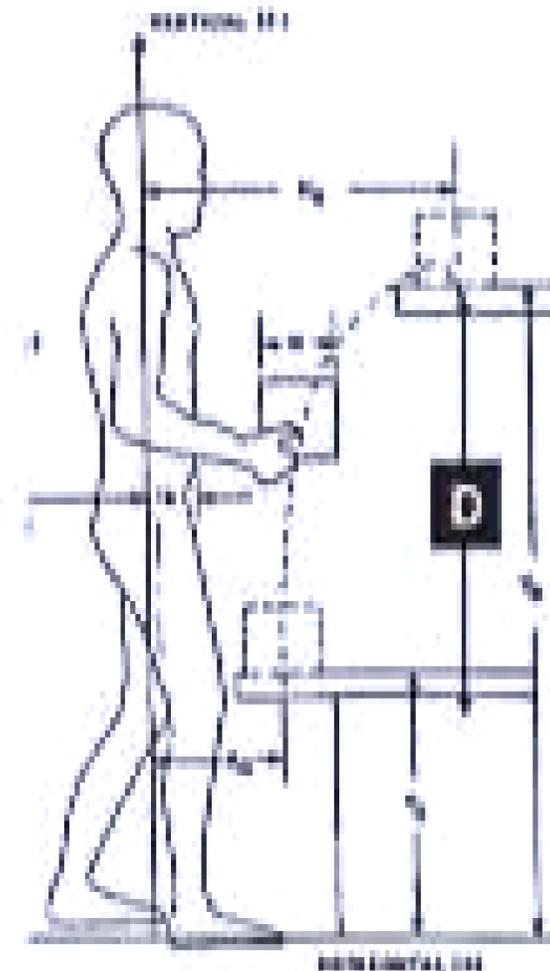
Ketinggian knuckle = 75 cm untuk orang Amerika

Ketinggian knuckle = 69 cm untuk orang Indonesia

PANDUAN NIOSH

Distance Multiplier

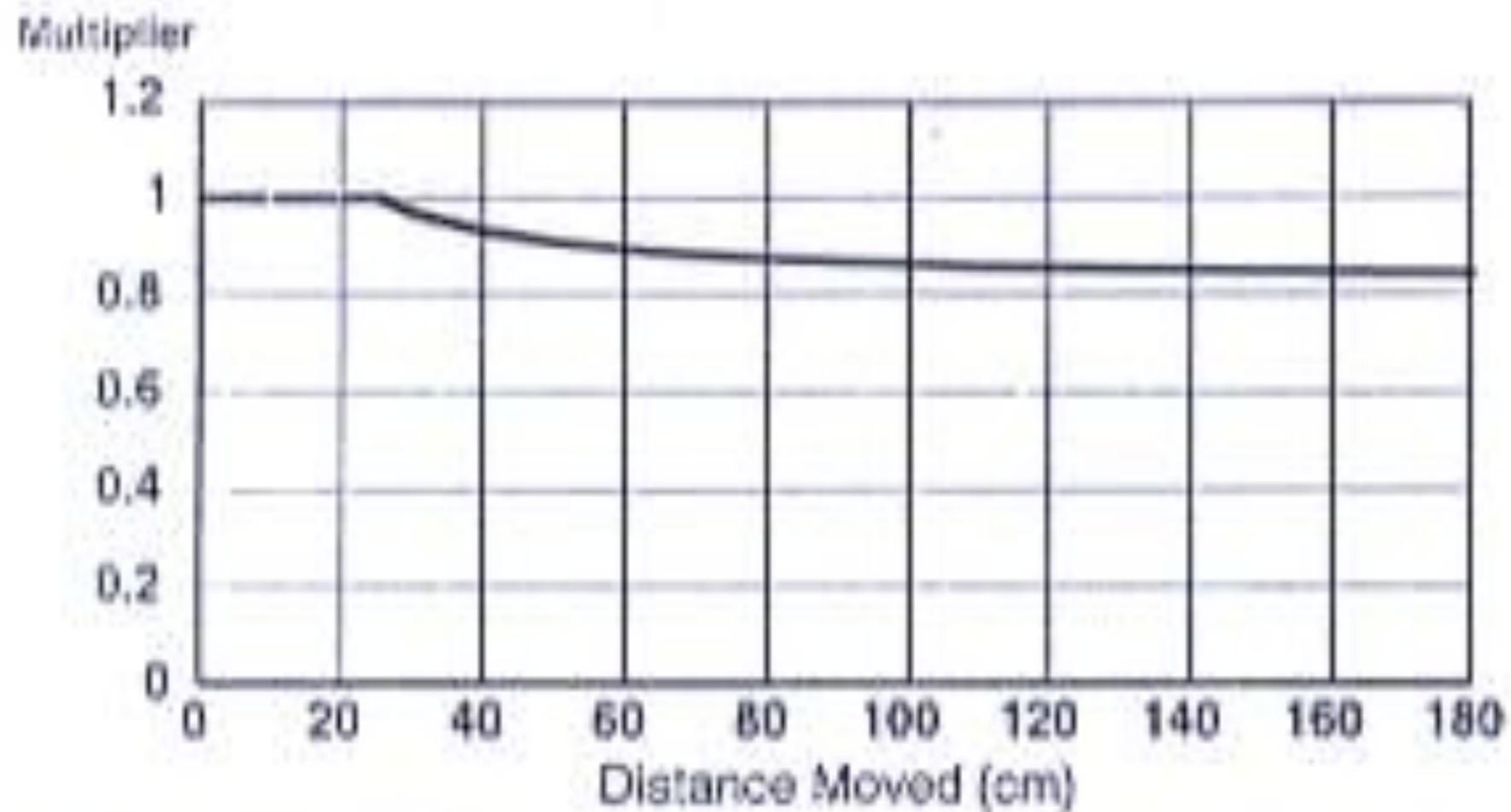
- $DM = (0.82 + (4.5/D))$
- D = jarak perpindahan vertikal (cm)
- $D = |V_D - V_O|$
- DM mempengaruhi sistem faal internal





PANDUAN NIOSH

Pengali Jarak

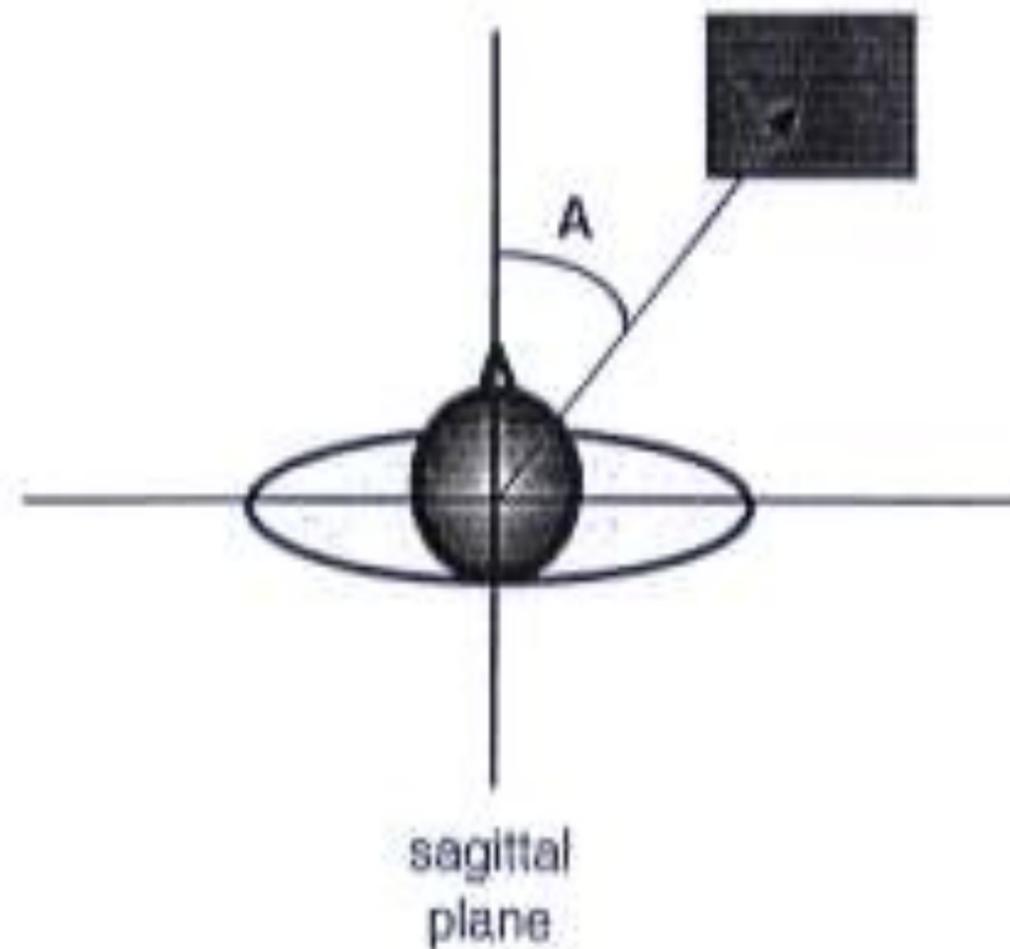


- Efek DM: relatif kecil, non-linear

PANDUAN NIOSH

Asymmetric Multiplier

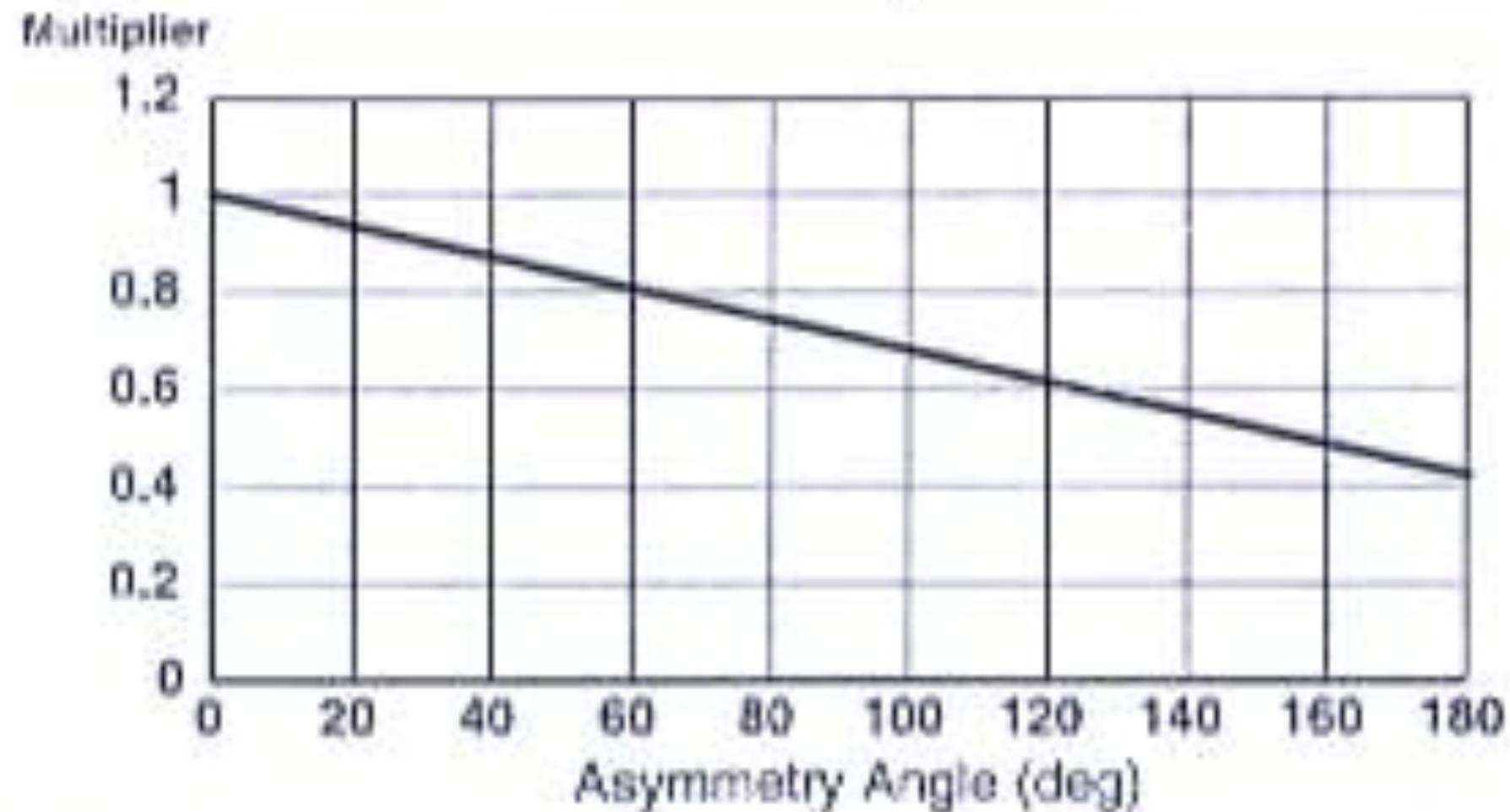
- $AM = (1 - (0.0032|A|))$
- A = angle (deg) of asymmetry
- AM ~ kekuatan angkat, beban punggung





PANDUAN NIOSH

Asymmetric Multiplier



- Efek AM: Moderat, linear



PANDUAN NIOSH

Tanda harga mutlak pada AM untuk mengantisipasi gerakan kekanan dan kekiri

AM = 1 berarti sudutnya = 0

AM merupakan kekuatan angkat beban punggung

A merupakan sudut titik pusat benda ke titik pusat badan pada saat kaki diam di tempat.

PANDUAN NIOSH

Coupling Multiplier

- Lihat Tabel

| Coupling | Initial load height | |
|----------|---------------------|----------------|
| | $V < 75$ cm | $V \geq 75$ cm |
| Good | 1.0 | 1.0 |
| Fair | .95 | 1.0 |
| Poor | .90 | .90 |



PANDUAN NIOSH

semakin baik pemegangan semakin baik, semakin kecil tergelincir.

Ada pegangan, $CM = 1$, berarti kemungkinan kecil jatuh.
Tangan mencengkeram, tidak licin, tangan nyaman.

PANDUAN NIOSH

Coupling Multiplier

- Lihat Tabel

| Coupling | Initial load height | |
|----------|---------------------|----------------|
| | $V < 75$ cm | $V \geq 75$ cm |
| Good | 1.0 | 1.0 |
| Fair | .95 | 1.0 |
| Poor | .90 | .90 |

PANDUAN NIOSH

Frequency Multiplier

| Frequency lifts/min | ≤ 1 hour | | ≤ 2 hour | | ≤ 8 hour | | Initial load height (cm) |
|------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|-----------------------------|
| | V < 75 | V ≥ 75 | V < 75 | V ≥ 75 | V < 75 | V ≥ 75 | |
| ≤ 0.2 | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 0.95 | 0.85 | 0.65 | |
| 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 | 0.16 | |
| 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 | |



PANDUAN NIOSH

Lift Index = $\text{Beban aktual} / \text{RWL}$

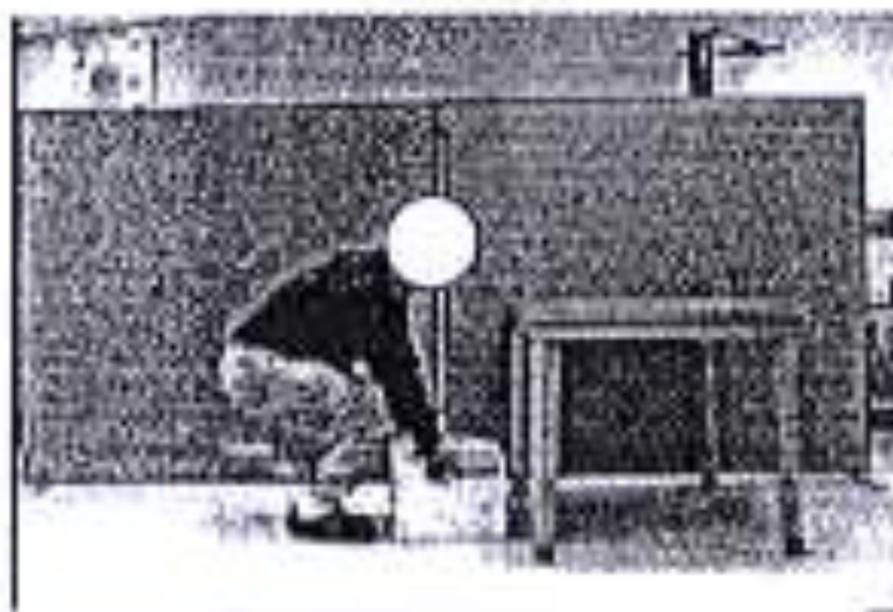
Interpretasi :

- $LI < 1$ OKE
- $LI = 1$ Aman
- $1 < LI < 3$ Berpotensi bahaya
- $LI > 3$ Bahaya

PANDUAN NIOSH

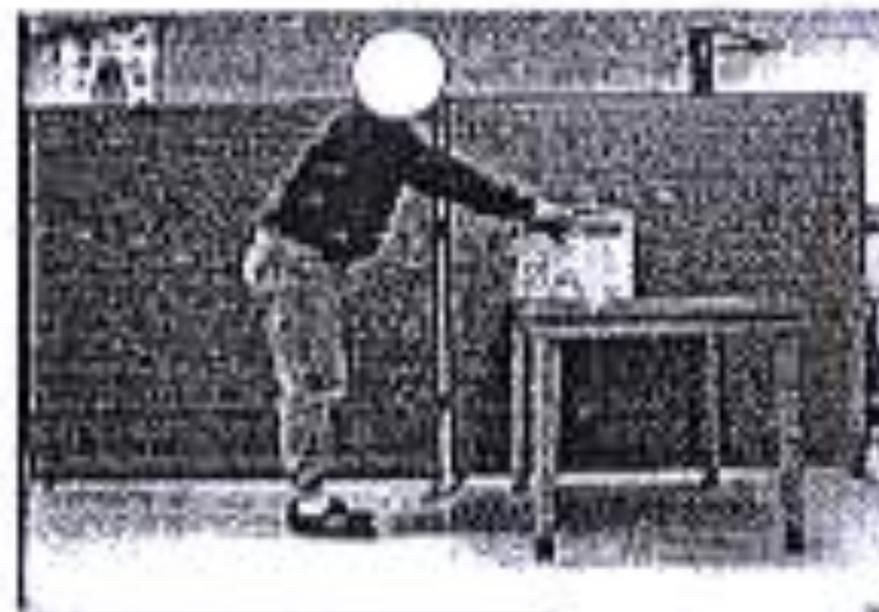
Contoh

Awal



H = 13.0 cm
V = 13.5 cm
A = 0 deg

Akhir



H = 41.5 cm
V = 89.0 cm
A = 0 deg

D = 75.5 cm; F = 1/min; Couplings = Fair



PANDUAN NIOSH

| | | |
|---------------|------------------------------|----------|
| HM_{Start} | $= (25/13)$ | $= 1$ |
| HM_{End} | $= (25/41.5)$ | $= 0.60$ |
| VM_S | $= (1-(0.003 13.5-75))$ | $= 0.82$ |
| VM_E | $= (1-(0.003 89-75))$ | $= 0.96$ |
| DM | $= (0.82+(4.5/75.5))$ | $= 0.88$ |
| $AM_S = AM_E$ | $= (1-(0.0032)(0))$ | $= 1$ |
| CM_S | $= [Fair, V < 75]$ | $= 0.95$ |
| CM_E | $= [Fair, V \geq 75]$ | $= 1$ |
| FM | $= [1/min, \leq 2h, V < 75]$ | $= 0.88$ |



PANDUAN NIOSH

RWL optimal besarnya 23 kg, berarti kondisi ideal adalah perkalian semua multiplier = 1

RWL origin dan RWL destination, diambil RWL yang paling kecil, yang paling safety

Tahun 1981 muncul AL & MPL, dalam arti beban maksimal
Tahun 1991 muncul RWL, dalam arti beban optimal, tidak ada efek jangka panjang



PANDUAN NIOSH

$$\begin{aligned} \text{RWL start} &= 23 \text{ kg} \times 1 \times 0,82 \times 0,88 \times 1 \times 0,95 \times 0,88 \\ &= 13,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RWL end} &= 23 \times 0,6 \times 0,96 \times 0,88 \times 1 \times 1 \times 0,88 \\ &= 10,26 \end{aligned}$$

Jika berat beban aktual yang diangkat 22,68 kg, maka
 $\text{LI} = \text{Beban aktual} / \text{RWL} = 22,68 / 10,26 = 2,21$

Kesimpulan ???

Any Questions?

Q&A

Terimakasih

“Gangguan muskuloskeletal (MSDs) merupakan masalah kesehatan yang signifikan di banyak tempat kerja. MSD dapat menyebabkan rasa sakit, ketidaknyamanan, dan kecacatan, serta dapat menyebabkan hilangnya produktivitas dan peningkatan biaya perawatan kesehatan.”

-Silvi

Rushanti





FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KADIRI

Cakap melayani anda

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

www.teknik.unik-kediri.ac.id

