

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terjadi perubahan postur kerja yang dibuktikan dari penurunan nilai skor RULA dan penurunan gaya biomekanika. Penurunan skor RULA awalnya bernilai 7 yang termasuk dalam kategori resiko tinggi dan perlu dilakukan perbaikan menjadi 3 yang termasuk dalam kategori resiko rendah dan mungkin dilakukan perbaikan. Sehingga dapat dikatakan bahwa perbaikan alat ukir dapat mengurangi keluhan muskuloskeletal.

6.2. Saran

Saran untuk UMKM Alifa Wedding Craft dan bagi penelitian selanjutnya adalah membuat tempat atau wadah untuk meletakkan kipas yang akan diukir dan kipas yang telah selesai diukir, serta penelitian selanjutnya melakukan perancangan dengan mempertimbangkan postur kerja serta berat beban tuas atau part yang akan diterima oleh segmen tubuh operator memiliki berat yang kecil sehingga semua gaya yang dihasilkan mengalami penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brandl, C., Mertens, A., & Schlick, C. M. (2017). Effect of sampling interval on the reliability of ergonomic analysis using the Ovako working posture analysing system (OWAS). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 57, 68–73.
- Budiman, E., & Setyaningrum, R. (2006). Perbandingan Metode-metode Biomekanika untuk Menganalisis Postur pada Aktivitas Manual Material Handling (MMH), 46–52.
- Diniardi, E., & Ramadhan, A. I. (2016). Chair Design Analysis Of Work To Reduce Musculoskeletal Part 1 : Anthropometry Method, 5(11), 5–8.
- Elektro, J. T., Industri, P. T., Teknik, F., Tanjung, U., & Pontianak, P. (n.d.). Menggunakan Data Antropometri Dan Metode Nordic Body Map (NBM), 7–12.
- Fok, K. S., & Chou, S. M. (2010). Development of a finger biomechanical model and its considerations. *Journal of Biomechanics*, 43(4), 701–713.
- Giancoli, D.C. (2005). *Physics: principles with applications* (Ed. 6). New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Hall, Susan J. (2004). *Basic biomechanics* (Ed.4). New York: Mc Graw Hill Inc.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205.
- Ishaq, M. (2007). *Fisika Dasar Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Knudson, D. (2007). *Fundamentals of biomechanics* (Ed. 2). New York: Springer
- Mas'idah, E., Fatmawati, W., & Ajibta, L. (2009). Analisa Manual Material Handling (MMH) dengan Menggunakan Metode Biomekanika Untuk Mengidentifikasi Resiko Cidera Tulang Belakang (Musculoskeletal Disorder). *Universitas Sultan Agung*, 37–56.
- McAtamney, L., dan Corlett, E.N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99.
- Peter, Vi. 2000. Musculoskeletal Disorder. (www.csao.org)
- Pheasant, S. (1988). *Antropometry, Ergonomics, and Design*. Francis, London: Body Space.
- Phillips, C.A. (2000). *Human factors engineering*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

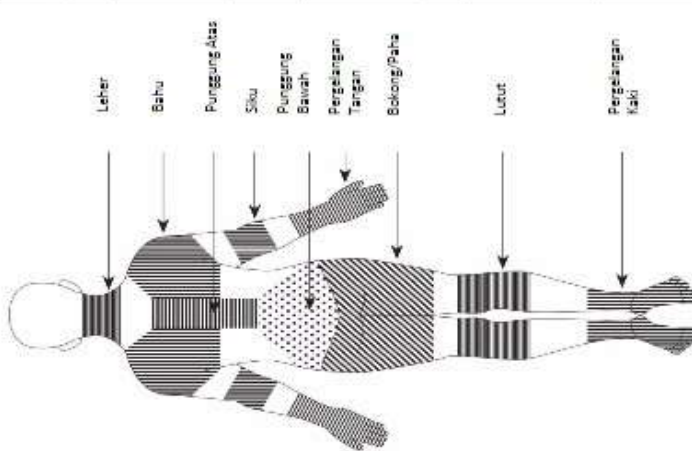
- Pulat, B.M. (1992). *Fundamentals of industrial ergonomics*. New Jersey: Hall International
- Rekayasa, J., Manajemen, D. A. N., Industri, S., No, V. O. L., Industri, T., & Brawijaya, U. (n.d.). Analisis Perancangan Produk Long Leg Braces Dengan Pendekatan Kansei Words Dan Biomekanika Analysis Of Product Design Long Leg Braces With Kansei Words Approach And Biomechanics Abstrak, 3(2), 301–310.
- Sutalaksana, I.Z., (2006). *Teknik perancangan sistem kerja*. Bandung: Penerbit ITB.
- Tarwaka, Bakri, S., dan Sudiajeng, L. (2004). *Ergonomi untuk keselamatan, kesehatan kerja dan produktivitas*. Surakarta: Uniba Press.
- Wahjudi, D. (2007). Power dari uji kenormalan data. *Jurnal Universitas Kristen Petra*.
- Wahyudi, M. A., Dania, W. A. P., & Silalahi, R. L. R. (2015). Work Posture Analysis of Manual Material Handling Using OWAS Method. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3, 195–199.
- Widanarko, B., Kusmasari, W., Yassierli, dan Iridiastadi, H. (2016). Instrumen survei gangguan otot-rangka. *Perhimpunan Ergonomi Indonesia*.
- Wignjosoebroto, S., Dewi, D.S., dan Yusuf, M. (2008). Evaluasi ergonomi biomekanika terhadap kenyamanan kerja pada perajin gerabah Kasongan Yogyakarta. *Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember*
- Wilson, J.R., dan Corlett, N. (2005). *Evaluation of human work (Ed. 3)*. Florida: CRC Press.
- Winter, D. (2009). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement Fourth Edition*. Hoboken, New Jersey: Biomechanics and Motor Control of Human Movement Fourth Edition.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Nordic Body Map

Bagian B. Isian
 Mohon berikan informasi tentang masalah apapun (seperti sakit, nyeri, atau tidak nyaman) yang Anda rasakan pada bagian tubuh seperti ditunjukkan pada area yang diarsir pada diagram berikut.

Silakan beri tanda centang (✓) pada salah satu kotak untuk setiap pertanyaan berikut.



Bagian Tubuh	Apakah dalam 12 bulan terakhir Anda pernah memiliki masalah (sakit, nyeri, tidak nyaman) pada bagian tubuh ini?	Selama 12 bulan terakhir, apakah Anda terhalang dalam menjalankan aktivitas normal karena masalah tersebut pada bagian tubuh ini?	Apakah dalam 7 hari terakhir Anda pernah memiliki masalah (sakit, nyeri, tidak nyaman) pada bagian tubuh ini?
LEHER	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya
BAHU	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bahu kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bahu kanan dan kiri
PUNGGUNG ATAS	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya
SIKU	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua siku kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua siku kanan dan kiri
PUNGGUNG BAWAH	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya
PERGELANGAN TANGAN	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan tangan kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan tangan kanan dan kiri
BOKONG/PAHA	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bokong/paha kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bokong/paha kanan dan kiri
LUTUT	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua lutut kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua lutut kanan dan kiri
PERGELANGAN KAKI	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan kaki kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan kaki kanan dan kiri

(Sumber : Widanarko, dkk. 2016. Instrumen Survei Gangguan Otot-Rangka)

LAMPIRAN 2. Lembar Penilaian RULA

ERGONOMICS PLUS RULA Employee Assessment Worksheet

Task Name: _____ Date: _____

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:
If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held-10 minutes):
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
If load < .4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held-10 minutes):
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
If load < .4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Table A: Wrist Score

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Score				
		1	2	3	4	
1	1	1	2	2	3	3
2	2	2	2	2	3	3
3	3	2	3	3	3	4
4	4	2	3	3	4	4
5	5	3	3	3	4	4
6	6	3	4	4	4	5
7	7	4	4	4	4	5
8	8	4	4	4	4	5
9	9	4	4	4	4	5
10	10	4	4	4	4	5
11	11	5	5	5	5	6
12	12	5	5	5	5	6
13	13	5	5	5	5	6
14	14	6	6	6	6	7
15	15	6	6	6	6	7
16	16	7	7	7	7	8
17	17	7	7	7	7	8
18	18	8	8	8	8	9
19	19	8	8	8	8	9
20	20	8	8	8	8	9

Table B: Trunk Posture Score

Neck	Trunk Posture Score			Legs	Legs	Legs
	1	2	3			
1	1	2	2	1	2	1
2	2	2	2	1	2	1
3	3	3	3	1	2	1
4	4	3	3	1	2	1
5	5	4	4	1	2	1
6	6	4	4	1	2	1
7	7	4	4	1	2	1
8	8	5	5	1	2	1
9	9	5	5	1	2	1
10	10	6	6	1	2	1
11	11	6	6	1	2	1
12	12	6	6	1	2	1
13	13	7	7	1	2	1
14	14	7	7	1	2	1
15	15	7	7	1	2	1
16	16	8	8	1	2	1
17	17	8	8	1	2	1
18	18	8	8	1	2	1
19	19	8	8	1	2	1
20	20	9	9	1	2	1

Table C: Neck, Trunk, Leg Score

Wrist / Arm Score	Neck, Trunk, Leg Score		
	1	2	3
1	1	2	3
2	2	3	4
3	3	3	4
4	4	4	5
5	4	4	5
6	4	4	5
7	5	5	6
8	5	5	6
9	5	5	6
10	6	6	7
11	6	6	7
12	6	6	7
13	6	6	7
14	6	6	7
15	6	6	7
16	7	7	8
17	7	7	8
18	7	7	8
19	7	7	8
20	8	8	9

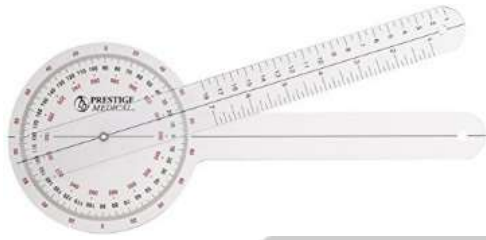
Scoring: (Final score from Table C)
 1-2 = acceptable posture
 3-4 = further investigation, change may be needed
 5-6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

RULA Score

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

(Sumber: Hignett & McAtamney, 2000)

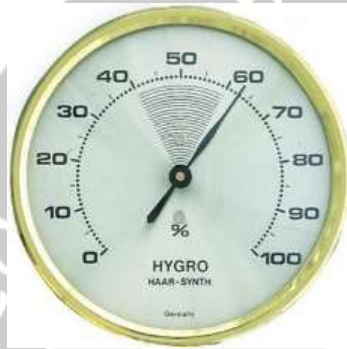
LAMPIRAN 3. Alat yang Digunakan
Goniometer



SoundLevel Meter



Hygrometer



Lux Meter



Termometer



Timbangan



LAMPIRAN 4. Pemodelan dan Perhitungan Biomekanika Pada Proses Pengukuran Ujung Kipas Sebelum Perbaikan

Tangan Kanan

Diketahui:

$$W = \text{Berat Operator} = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6$$

$$H = \text{Tinggi Operator} = 1,50 \text{ m}$$

$$W_D = \text{Berat benda yang dibawa pekerja (N)} \\ = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 4,905 \text{ N}$$

$$W_{LAH} = \text{Berat lengan bawah dan tangan} \\ = 0,02W = 0,02 \times 588,6 = 11,772$$

$$W_{UA} = \text{Berat lengan atas} \\ = 0,03W = 0,03 \times 588,6 = 17,658$$

$$AB = \text{Jarak sendi bahu ke gaya otot deltoid} \\ = 0,08H = 0,08 \times 1,50 = 0,12 \text{ m}$$

$$AE = \text{Jarak sendi bahu ke titik ganglion} \\ = 0,1H = 0,1 \times 1,50 = 0,15 \text{ m}$$

$$AC = \text{Jarak sendi bahu ke titik berat segmen lengan} \\ = 0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3 \text{ m}$$

$$CF = \text{Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah} \\ = 0,085H = 0,085 \times 1,50 = 0,1275 \text{ m}$$

$$CD = \text{Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah} \\ = 0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3 \text{ m}$$

$$\alpha = \text{Sudut yang dibentuk otot deltoid } (^{\circ}) = 25^{\circ}$$

$$\beta = \text{Sudut antara lengan atas dan sumbu x } (^{\circ}) = 49^{\circ}$$

$$\sigma = \text{Sudut antara lengan bawah dan sumbu x } (^{\circ}) = 5^{\circ}$$

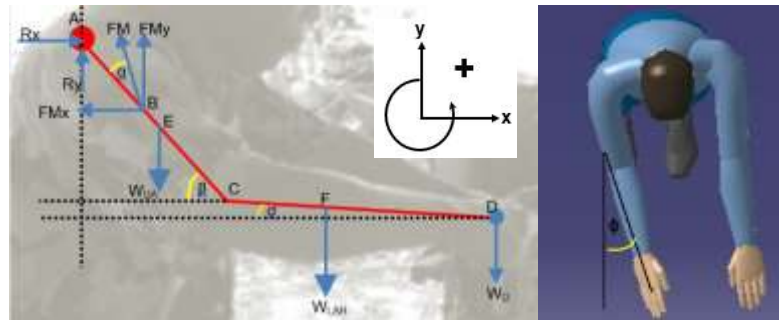
$$\phi = \text{Sudut fleksi lengan bawah } (^{\circ}) = 23^{\circ}$$

Perhitungan biomekanika:

F_m = Gaya pada Otot Deltoid

R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi bahu

R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi bahu



$$\Sigma M_A = 0$$

$$-F_{mx} \cdot (AB \cdot \sin\beta) + F_{my} \cdot (AB \cdot \cos\beta) - W_{UA} \cdot (AE \cdot \cos\beta) - W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) - W_D \cdot (CD \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) = 0$$

$$-F_m \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot (AB \cdot \sin\beta) + F_m \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot (AB \cdot \cos\beta) - W_{UA} \cdot (AE \cdot \cos\beta) - W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos\sigma \cdot \cos\phi + AC \cdot \cos\beta) - W_D \cdot (CD \cdot \cos\sigma \cdot \cos\phi + AC \cdot \cos\beta) = 0$$

$$-F_m \cdot \cos(25+49) \cdot (0,12 \cdot \sin 49) + F_m \cdot \sin(25+49) \cdot (0,12 \cdot \cos 49) - 17,658 \cdot (0,15 \cdot \cos 49) - 11,772 \cdot (0,1275 \cdot \cos 5 \cdot \cos 23 + 0,3 \cdot \cos 49) - 4,9050 \cdot (0,3 \cdot \cos 5 \cdot \cos 23 + 0,3 \cdot \cos 49) = 0$$

$$0,0540F_m - 8,0098 = 0$$

$$0,0540F_m = 8,0098$$

$$F_m = 152,73 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_x - F_{mx} = 0$$

$$R_x = F_{mx}$$

$$R_x = F_m \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$R_x = 152,73 \cdot \cos(25+49)$$

$$R_x = 42,099 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y + F_{my} - W_{UA} - W_{LAH} - W_D = 0$$

$$R_y = W_{UA} + W_{LAH} + W_D - F_m \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

$$R_y = 17,658 + 11,772 + 4,905 - 152,73 \cdot \sin(25+49)$$

$$R_y = -112,48 \text{ N}$$

Tangan Kiri

Diketahui:

$$W = \text{Berat Operator} = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6$$

$$H = \text{Tinggi Operator} = 1,50 \text{ m}$$

$$W_D = \text{Berat benda yang dibawa pekerja}$$

$$= 0,5\text{kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 4,905 \text{ N}$$

$$W_C = \text{Berat segmen lengan} = 0,05W = 0,05 \cdot 588,6 \text{ N} = 29,43 \text{ N}$$

$$AB = \text{Jarak sendi bahu ke gaya otot deltoid} \\ = 0,08H = 0,08 \times 1,50 = 0,12 \text{ m}$$

$$AD = \text{Jarak dari titik berat lengan ke segmen tangan} \\ = 0,4H = 0,4 \times 1,50 = 0,6 \text{ m}$$

$$AC = \text{Jarak sendi bahu ke titik berat segmen lengan} \\ = 0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3\text{m}$$

$$CF = \text{Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah} \\ = 0,085H = 0,085 \times 1,50 = 0,1275 \text{ m}$$

$$CD = \text{Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah} \\ = 0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3 \text{ m}$$

$$\alpha = \text{Sudut yang dibentuk otot deltoid } (^{\circ}) = 25^{\circ}$$

$$\beta = \text{Sudut antara lengan atas dan sumbu x } (^{\circ}) = 36^{\circ}$$

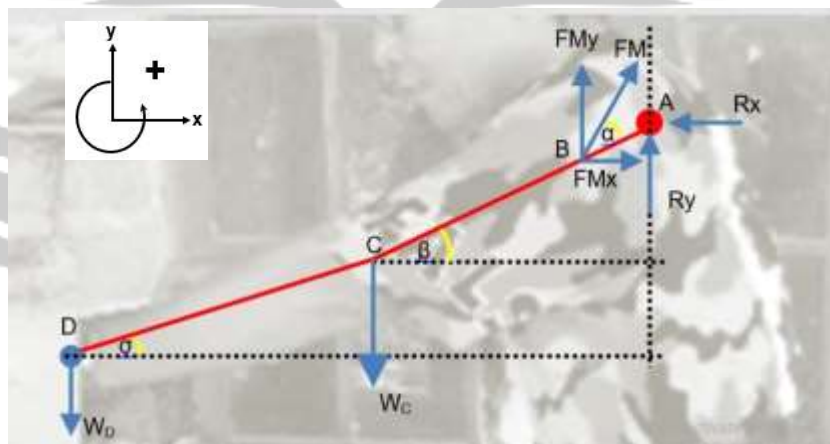
$$\sigma = \text{Sudut antara lengan bawah dan sumbu x } (^{\circ}) = 20^{\circ}$$

Perhitungan biomekanika:

F_m = Gaya pada Otot Deltoid

R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi bahu

R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi bahu



$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_{mx} \cdot AB \cdot \sin\beta - F_{my} \cdot AB \cdot \cos\beta + W_C \cdot AC \cdot \cos\beta + W_D \cdot AD \cdot \cos\beta = 0$$

$$F_m \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot AB \cdot \sin\beta - F_m \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot AB \cdot \cos\beta + W_C \cdot AC \cdot \cos\beta + W_D \cdot AD \cdot \cos\beta = 0$$

$$F_m \cdot \cos(25 + 36) \cdot 0,12 \cdot \cos 36 - F_m \cdot \sin(25 + 36) \cdot 0,12 \cdot \cos 36 + 29,43 \cdot 0,3 \cdot \cos 36 + 4,905 \cdot 0,6 \cdot \cos 36 = 0$$

$$-0,0507F_m + 9,5213 = 0$$

$$F_m = 251,6 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-R_x + F_{mx} = 0$$

$$R_x = F_{mx}$$

$$R_x = F_m \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$R_x = 251,6 \cdot \cos(25 + 36)$$

$$R_x = 122 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y + F_{my} - W_{UA} - W_{LAH} - W_D = 0$$

$$R_y = W_C + W_D - F_m \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

$$R_y = 29,4300 + 4,905 - 251,6 \cdot \sin(25 + 36)$$

$$R_y = -186 \text{ N}$$

Punggung

Diketahui:

$$W = \text{Berat badan pekerja (N)} = 60 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6 \text{ N}$$

$$H = \text{Tinggi tubuh pekerja (m)} = 1,50 \text{ m}$$

$$W_L = \text{Berat benda yang dibawa pekerja (N)} = 1 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ N}$$

$$\alpha = \text{Sudut yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot } \textit{erector} = 13^\circ$$

$$\theta = \text{Sudut yang terbentuk antara ruas tulang belakang dengan garis horizontal } (^\circ) = 71^\circ$$

$$\beta = \text{Sudut antara otot } \textit{erector} \text{ dan sumbu } x = \theta - \alpha = 71^\circ - 13^\circ = 58^\circ$$

$$W_B = \text{Berat segmen tubuh tulang belakang} = 0,36 W = 0,36 \times 588,6 \text{ N} = 211,896 \text{ N}$$

$$W_D = \text{Berat segmen tubuh bagian atas yaitu bagian leher, kepala dan lengan} = 0,18W + W_L = 0,18 \times 588,6 \text{ N} + 9,81 \text{ N} = 115,7580 \text{ N}$$

$$AB = \text{Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik tengah berat segmen tulang belakang (B)} = 0,15H = 0,15 \times 1,50 \text{ m} = 0,225 \text{ m}$$

$$AC = \text{Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik gaya otot tulang belakang (C)} = 0,20H = 0,20 \times 1,50 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$$

$$AD = \text{Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik bagian leher, kepala dan lengan (D)}$$

$$= 0,30H = 0,30 \times 1,50\text{m} = 0,45\text{m}$$

Dicari:

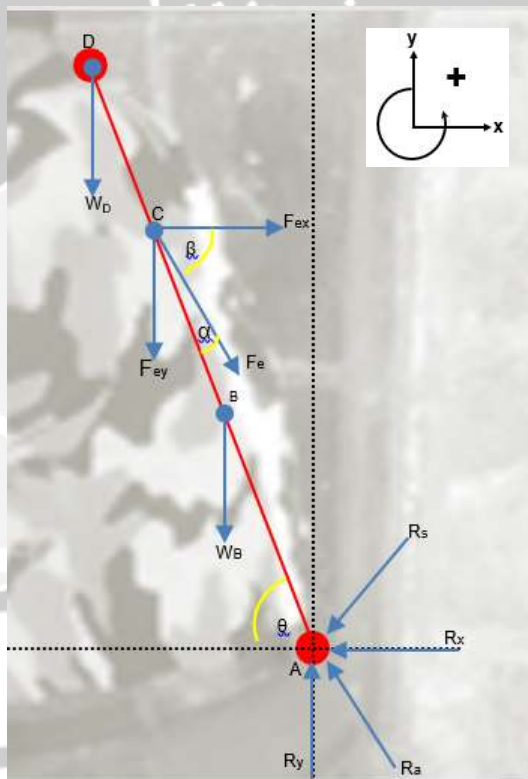
F_e = Gaya otot extensor pada tulang belakang (N)

R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi lumbosacral (N)

R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi lumbosacral (N)

R_a = Gaya reaksi aksial otor searah poros tulang belakang (N)

R_s = Gaya reaksi geser otot tegak lurus terhadap poros tulang belakang (N)



Penyelesaian:

$$\Sigma M_a = 0$$

$$-W_D \cdot AD \cdot \cos\theta - F_{ey} \cdot AC \cdot \cos\theta - W_B \cdot AB \cdot \cos\theta + F_{ex} \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$-W_D \cdot AD \cdot \cos\theta - F_e \cdot \sin\beta \cdot AC \cdot \cos\theta - W_B \cdot AB \cdot \cos\theta + F_e \cdot \cos\beta \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$-115,7580 \cdot 0,45 \cdot \cos 71 - F_e \cdot \sin 58 \cdot 0,3 \cdot \cos 71 - 211,8960 \cdot 0,225 \cdot \cos 71$$

$$+ F_e \cdot \cos 58 \cdot 0,3 \cdot \sin 71 = 0$$

$$0,0675F_e - 32,48 = 0$$

$$F_e = 481,3074 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{ex} - R_x = 0$$

$$R_x = F_e \cdot \cos\beta$$

$$R_x = 481,3074 \cdot \cos 58$$

$$R_x = 255,0541 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y - W_B - F_{ey} - W_D = 0$$

$$R_y = W_B + F_e \cdot \sin\beta + W_D$$

$$R_y = 211,8960 + 481,3074 \cdot \cos 58 + 115,7580$$

$$R_y = 735,8259 \text{ N}$$

$$R_a = R_y \cdot \sin\theta + R_x \cdot \cos\theta$$

$$R_a = 735,8259 \cdot \sin 71 + (255,0541) \cdot \cos 71$$

$$R_a = 778,7745 \text{ N}$$

$$R_s = -R_y \cdot \cos\theta + R_x \cdot \sin\theta$$

$$R_s = -735,8259 \cdot \cos 71 + (255,0541) \cdot \sin 71$$

$$R_s = -480,7198 \text{ N}$$

Kaki Kanan

Diketahui :

$$W = \text{Berat badan pekerja (N)} = 60 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6 \text{ N}$$

$$H = \text{Tinggi tubuh pekerja (m)} = 1,50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_A &= \text{Berat bagian atas pinggul} = 0,85W \\ &= 0,85 \times 588,6 \text{ N} = 500,31 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_B &= \text{Berat segmen paha} = 0,10W = 0,10 \times 588,6 \text{ N} \\ &= 58,86 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_E &= \text{Berat segmen betis} = 0,05W = 0,05 \times 588,6 \text{ N} \\ &= 29,43 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta y &= \text{Jarak antara tulang paha tegak lurus dengan perpanjangan gaya} \\ &\text{otot quadriceps} = 0,03H = 0,03 \times 1,50 \text{ m} = 0,045 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\theta = \text{Sudut antara paha dan sumbu } x \text{ (}^\circ\text{)} = 70^\circ$$

$$\beta = \text{Sudut antara betis dan sumbu } x \text{ (}^\circ\text{)} = 70^\circ$$

$$\begin{aligned} BC &= \text{Jarak antara titik tengah segmen paha (B) ke sendi lutut (C)} = \\ &0,12H = 0,12 \times 1,50 \text{ m} = 0,18 \text{ m} \end{aligned}$$

- AC = Jarak antara titik berat bagian atas pinggul (A) ke sendi lutut (C)
 = $0,24H = 0,24 \times 1,50 \text{ m} = 0,36 \text{ m}$
- CE = Jarak antara sendi lutut (C) ke titik tengah segmen betis (E) =
 $0,145H = 0,145 \times 1,50 \text{ m} = 0,2175 \text{ m}$

Dicari:

- Φ = Sudut antara gaya otot quadriceps dan paha ($^{\circ}$)
 α = Sudut antara gaya otot quadriceps dan sumbu x ($^{\circ}$)
 F_m = Gaya otot quadriceps (N)
 R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi lutut (N)
 R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi lutut (N)

Penyelesaian:

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta y}{AC} \right)$$

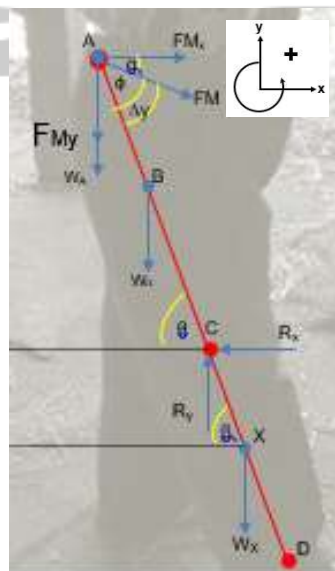
$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{0,03H}{0,24H} \right)$$

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{0,045}{0,36} \right)$$

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{0,045}{0,36} \right)$$

$$\Phi = 7,125$$

$$\alpha = \theta - \Phi = 70^{\circ} - 7,125^{\circ} = 62,875^{\circ}$$



$$\Sigma M_C = 0$$

$$W_A \cdot AC \cdot \cos\theta + W_B \cdot BC \cdot \cos\theta - W_X \cdot CX \cdot \cos\beta + F_{my} \cdot AC \cdot \cos\theta - F_{mx} \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$W_A \cdot AC \cdot \cos\theta + W_B \cdot BC \cdot \cos\theta - W_X \cdot CX \cdot \cos\beta + F_{my} \cdot \sin\alpha \cdot AC \cdot \cos\theta - F_{mx} \cdot \cos\alpha \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$500,31 \cdot 0,36 \cdot \cos 70 + 58,86 \cdot 0,18 \cdot \cos 70 - 29,43 \cdot 0,2175 \cdot \cos 70 +$$

$$F_m \cdot \sin 62,875 \cdot 0,36 \cdot \cos 70 - F_m \cdot \cos 62,875 \cdot 0,36 \cdot \sin 70 = 0$$

$$-0,045 F_m - 63,036 = 0$$

$$F_m = 1411,708 \text{ N}$$

$$\Sigma F_X = 0$$

$$F_{mx} - R_x = 0$$

$$R_x = F_m \cdot \cos\alpha$$

$$R_x = 643,6446 \text{ N}$$

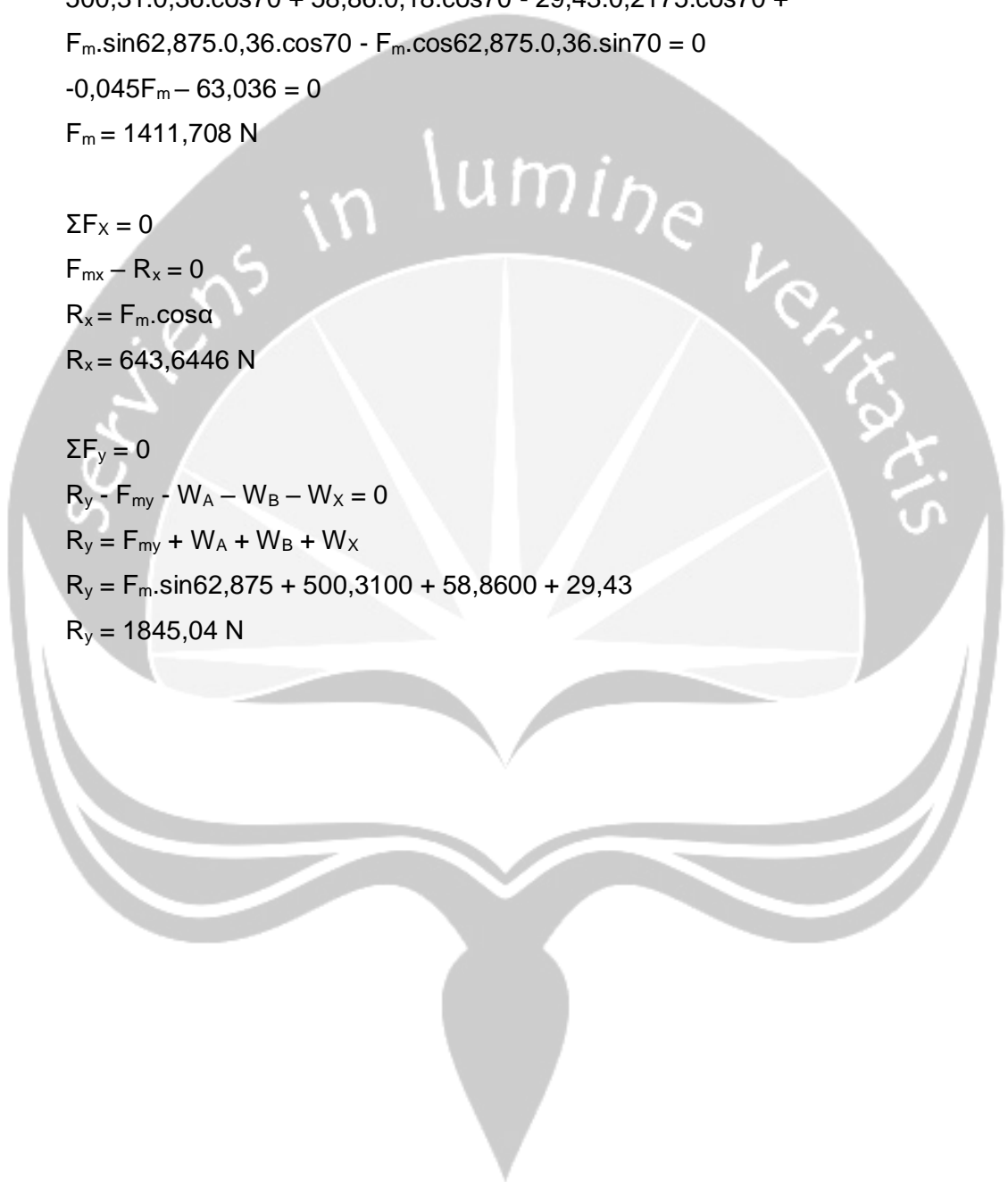
$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y - F_{my} - W_A - W_B - W_X = 0$$

$$R_y = F_{my} + W_A + W_B + W_X$$

$$R_y = F_m \cdot \sin 62,875 + 500,3100 + 58,8600 + 29,43$$

$$R_y = 1845,04 \text{ N}$$



LAMPIRAN 5. Pemodelan dan Perhitungan Biomekanika Pada Proses Pengangkatan Tuas Penahan Sesudah Perbaikan Tangan Kanan

Diketahui:

$$W = \text{Berat Operator} = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6$$

$$H = \text{Tinggi Operator} = 1,50 \text{ m}$$

$$W_D = \text{Berat benda yang dibawa pekerja} \\ = 0 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 0 \text{ N}$$

$$W_{LAH} = \text{Berat lengan bawah dan tangan} \\ = 0,02W = 0,02 \times 588,6 = 11,772$$

$$W_{UA} = \text{Berat lengan atas} \\ = 0,03W = 0,03 \times 588,6 = 17,658$$

$$AB = \text{Jarak sendi bahu ke gaya otot deltoid} \\ = 0,08H = 0,08 \times 1,50 = 0,12 \text{ m}$$

$$AE = \text{Jarak sendi bahu ke titik ganglion} \\ = 0,1H = 0,1 \times 1,50 = 0,15 \text{ m}$$

$$AC = \text{Jarak sendi bahu ke titik berat segmen lengan} \\ = 0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3 \text{ m}$$

$$CF = \text{Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah} \\ = 0,085H = 0,085 \times 1,50 = 0,1275 \text{ m}$$

$$CD = \text{Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah} \\ = 0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3 \text{ m}$$

$$\alpha = \text{Sudut yang dibentuk otot deltoid } (^{\circ}) = 25^{\circ}$$

$$\beta = \text{Sudut antara lengan atas dan sumbu x } (^{\circ}) = 85^{\circ}$$

$$\sigma = \text{Sudut antara lengan bawah dan sumbu x } (^{\circ}) = 13^{\circ}$$

$$\gamma = \text{Sudut antara FM dan FMx } (^{\circ}) = 70^{\circ}$$

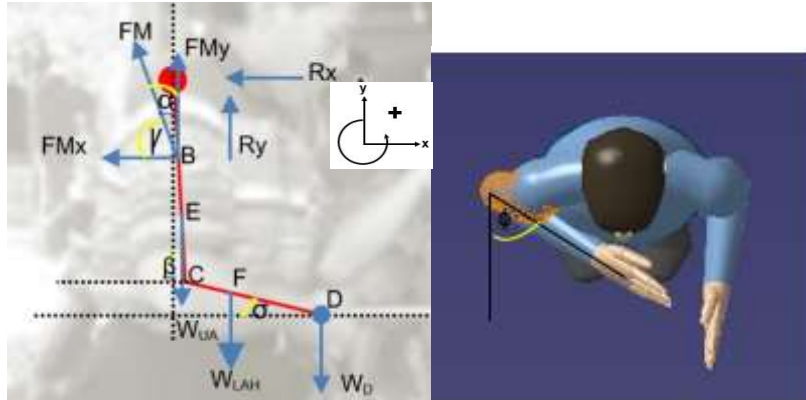
$$\Phi = \text{Sudut fleksi lengan bawah } (^{\circ}) = 55^{\circ}$$

Perhitungan biomekanika:

F_m = Gaya pada Otot Deltoid

R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi bahu

R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi bahu



$$\Sigma MA = 0$$

$$-F_{mx} \cdot (AB \cdot \sin\beta) + F_{my} \cdot (AB \cdot \cos\beta) - W_{UA} \cdot (AE \cdot \cos\beta) - W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) - W_D \cdot (CD \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) = 0$$

$$-F_m \cdot \cos\gamma \cdot (AB \cdot \sin\beta) + F_m \cdot \sin\gamma \cdot (AB \cdot \cos\beta) - W_{UA} \cdot (AE \cdot \cos\beta) - W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos\sigma + AC \cdot \sin\beta) - W_D \cdot (CD \cdot \sin\sigma \cdot \cos\phi + AC \cdot \sin\beta) = 0$$

$$-F_m \cdot \cos 70^\circ \cdot (0,12 \cdot \sin 85^\circ) + F_m \cdot \sin 70^\circ \cdot (0,12 \cdot \cos 85^\circ) - 17,658 \cdot (0,15 \cdot \cos 85^\circ) + 11,772 \cdot (0,1275 \cdot \cos 13^\circ + 0,3 \cdot \cos 85^\circ) - 0 \cdot (0,3 \cdot \sin 13^\circ \cdot \cos 55^\circ + 0,3 \cdot \cos 85^\circ) = 0$$

$$-0,0311F_m - 1,377 = 0$$

$$F_m = 44,352 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_x - F_{mx} = 0$$

$$R_x = F_{mx}$$

$$R_x = F_m \cdot \cos\gamma$$

$$R_x = (44,352) \cdot \cos 70^\circ$$

$$R_x = 15,169 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y + F_{my} - W_{UA} - W_{LAH} - W_D = 0$$

$$R_y = W_{UA} + W_{LAH} + W_D - F_m \cdot \sin\gamma$$

$$R_y = 17,6580 + 11,7720 + 0 - (44,352) \cdot \cos 70^\circ$$

$$R_y = -12,25 \text{ N}$$

Tangan Kiri

Diketahui:

$$W = \text{Berat Operator} = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6$$

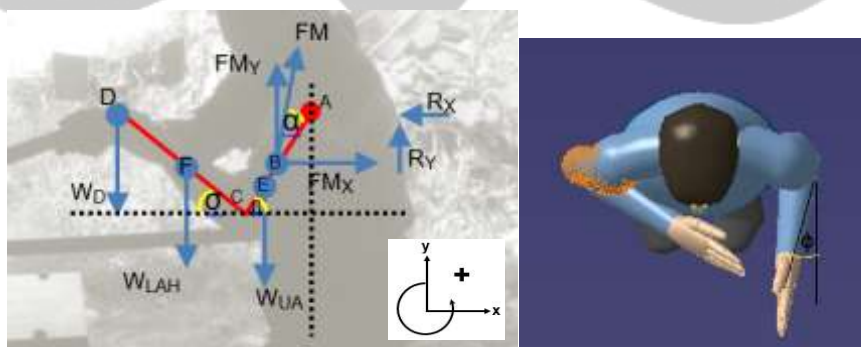
- H = Tinggi Operator = 1,50 m
- W_D = Berat benda yang dibawa pekerja
= 4,48 kg \cdot 9,81 m/s² = 43,9488 N
- W_{LAH} = Berat lengan bawah dan tangan
= 0,02W = 0,02 x 588,6 = 11,772
- W_{UA} = Berat lengan atas
= 0,03W = 0,03 x 588,6 = 17,658
- AB = Jarak sendi bahu ke gaya otot deltoid
= 0,08H = 0,08 x 1,50 = 0,12 m
- AE = Jarak sendi bahu ke titik ganglion
= 0,1H = 0,1 x 1,50 = 0,15 m
- AC = Jarak sendi bahu ke titik berat segmen lengan
= 0,2H = 0,2 x 1,50 = 0,3m
- CF = Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah
= 0,085H = 0,085 x 1,50 = 0,1275 m
- CD = Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah
= 0,2H = 0,2 x 1,50 = 0,3 m
- α = Sudut yang dibentuk otot deltoid ($^\circ$) = 25 $^\circ$
- β = Sudut antara lengan atas dan sumbu x ($^\circ$) = 60 $^\circ$
- σ = Sudut antara lengan bawah dan sumbu x ($^\circ$) = 40 $^\circ$
- ϕ = Sudut fleksi lengan bawah ($^\circ$) = 30 $^\circ$

Perhitungan biomekanika:

F_m = Gaya pada Otot Deltoid

R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi bahu

R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi bahu



$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_{mx} \cdot (AB \cdot \sin\beta) - F_{my} \cdot (AB \cdot \cos\beta) + W_{UA} \cdot (AE \cdot \cos\beta) + W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) + W_D \cdot (CD \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) = 0$$

$$F_m \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot (AB \cdot \sin \beta) - F_m \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot (AB \cdot \cos \beta) + W_{UA} \cdot (AE \cdot \cos \beta) + W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos \sigma + AC \cdot \cos \beta) + W_D \cdot (CD \cdot \cos \sigma \cdot \cos \phi + AC \cdot \cos \beta) = 0$$

$$F_m \cdot \cos(25 + 60) \cdot (0,12 \cdot \sin 60) - F_m \cdot \sin(25 + 60) \cdot (0,12 \cdot \cos 60) + 17,6580 \cdot (0,15 \cdot \cos 60) + 11,7720 \cdot (0,1275 \cdot \cos 40 + 0,3 \cdot \cos 60) + 43,9488 \cdot (0,3 \cdot \cos 40 \cdot \cos 30 + 0,3 \cdot \cos 60) = 0$$

$$-0,0507F_m + 19,425 = 0$$

$$F_m = 383,03 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-R_x + F_{mx} = 0$$

$$R_x = F_{mx}$$

$$R_x = F_m \cdot \cos \beta$$

$$R_x = (383,03) \cdot \cos 60$$

$$R_x = 191,515 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y + F_{my} - W_{UA} - W_{LAH} - W_D = 0$$

$$R_y = W_{UA} + W_{LAH} + W_D - F_m \cdot \sin \beta$$

$$R_y = 17,6580 + 11,7720 + 43,9488 - (383,03) \cdot \sin 60$$

$$R_y = -258,335 \text{ N}$$

Punggung

Diketahui:

$$W = \text{Berat badan pekerja (N)} = 60 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6 \text{ N}$$

$$H = \text{Tinggi tubuh pekerja (m)} = 1,50 \text{ m}$$

$$W_L = \text{Berat benda yang dibawa pekerja (N)}$$

$$= 4,48 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 43,9488 \text{ N}$$

$$\alpha = \text{Sudut yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot } \textit{erector}$$

$$= 13^\circ$$

$$\theta = \text{Sudut yang terbentuk antara ruas tulang belakang dengan garis}$$

$$\text{horizontal } (^\circ) = 65^\circ$$

$$\beta = \text{Sudut antara otot } \textit{erector} \text{ dan sumbu } x = \theta - \alpha = 65^\circ - 13^\circ = 52^\circ$$

$$W_B = \text{Berat segmen tubuh tulang belakang} = 0,36 W$$

$$= 0,36 \times 588,6 \text{ N} = 211,896 \text{ N}$$

$$W_D = \text{Berat segmen tubuh bagian atas yaitu bagian leher, kepala dan lengan}$$

$$= 0,18W + W_L = 0,18 \times 588,6 \text{ N} + 43,9488 \text{ N} = 113,8588 \text{ N}$$

AB = Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik tengah berat segmen tulang belakang (B)

$$= 0,15H = 0,15 \times 1,50\text{m} = 0,225\text{m}$$

AC = Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik gaya otot tulang belakang (C)

$$= 0,20H = 0,20 \times 1,50\text{m} = 0,3\text{m}$$

AD = Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik bagian leher, kepala dan lengan (D)

$$= 0,30H = 0,30 \times 1,50\text{m} = 0,45\text{m}$$

Dicari:

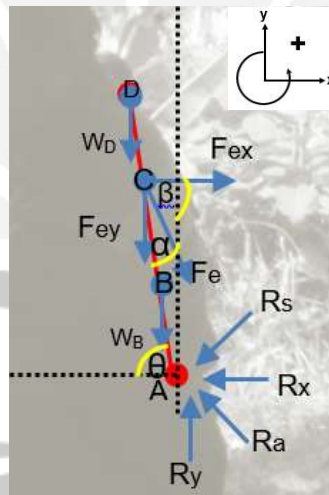
F_e = Gaya otot extensor pada tulang belakang (N)

R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi lumbosacral (N)

R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi lumbosacral (N)

R_a = Gaya reaksi aksial otor searah poros tulang belakang (N)

R_s = Gaya reaksi geser otot tegak lurus terhadap poros tulang belakang (N)



Penyelesaian:

$$\Sigma M_a = 0$$

$$W_D \cdot AD \cdot \cos\theta + F_{ey} \cdot AC \cdot \cos\theta + W_B \cdot AB \cdot \cos\theta - F_{ex} \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$W_D \cdot AD \cdot \cos\theta + F_e \cdot \sin\beta \cdot AC \cdot \cos\theta + W_B \cdot AB \cdot \cos\theta - F_e \cdot \cos\beta \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$120,663 \cdot 0,45 \cdot \cos 65 + F_e \cdot \sin 52 \cdot 0,3 \cdot \cos 65 + 211,8960 \cdot 0,225 \cdot \cos 65 -$$

$$F_e \cdot \cos 52 \cdot 0,3 \cdot \sin 65 = 0$$

$$-0,067F_e + 48,656 = 0$$

$$F_e = 720,9881 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{ex} - R_x = 0$$

$$R_x = F_e \cdot \cos\beta$$

$$R_x = 720,9881 \cdot \cos 52$$

$$R_x = 443,885 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y - W_B - F_{ey} - W_D = 0$$

$$R_y = W_B + F_e \cdot \sin\beta + W_D$$

$$R_y = 211,8960 + (720,9881) \cdot \cos 52 + 113,8588$$

$$R_y = 929,939 \text{ N}$$

$$R_a = R_y \cdot \sin\theta + R_x \cdot \cos\theta$$

$$R_a = (929,939) \cdot \sin 65 + (443,885) \cdot \cos 65$$

$$R_a = 1030,405 \text{ N}$$

$$R_s = -R_y \cdot \cos\theta + R_x \cdot \sin\theta$$

$$R_s = -(929,939) \cdot \cos 65 + (443,885) \cdot \sin 65$$

$$R_s = -795,3053 \text{ N}$$

Kaki Kiri

diketahui :

$$W = \text{Berat badan pekerja (N)} = 60 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6 \text{ N}$$

$$H = \text{Tinggi tubuh pekerja (m)} = 1,50 \text{ m}$$

$$W_A = \text{Berat bagian atas pinggul} = 0,85W$$

$$= 0,85 \times 588,6 \text{ N} = 500,31 \text{ N}$$

$$W_B = \text{Berat segmen paha} = 0,10W = 0,10 \times 588,6 \text{ N}$$

$$= 58,86 \text{ N}$$

$$W_E = \text{Berat segmen betis} = 0,05W = 0,05 \times 588,6 \text{ N}$$

$$= 29,43 \text{ N}$$

$$\Delta y = \text{Jarak antara tulang paha tegak lurus dengan perpanjangan gaya}$$

$$\text{otot quadriceps} = 0,03H = 0,03 \times 1,50 \text{ m} = 0,045 \text{ m}$$

$$\theta = \text{Sudut antara paha dan sumbu x (}^\circ\text{)} = 65^\circ$$

$$\beta = \text{Sudut antara betis dan sumbu x (}^\circ\text{)} = 130^\circ$$

$$BC = \text{Jarak antara titik tengah segmen paha (B) ke sendi lutut (C) =}$$

$$0,12H = 0,12 \times 1,50 \text{ m} = 0,18 \text{ m}$$

$$AC = \text{Jarak antara titik berat bagian atas pinggul (A) ke sendi lutut (C)}$$

$$= 0,24H = 0,24 \times 1,50 \text{ m} = 0,36 \text{ m}$$

CE = Jarak antara sendi lutut (C) ke titik tengah segmen betis (E) =
 $0,145H = 0,145 \times 1,50 \text{ m} = 0,2175 \text{ m}$

Dicari:

Φ = Sudut antara gaya otot quadriceps dan paha ($^{\circ}$)

α = Sudut antara gaya otot quadriceps dan sumbu x ($^{\circ}$)

F_m = Gaya otot quadriceps (N)

R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi lutut (N)

R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi lutut (N)

Penyelesaian:

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta y}{AC} \right)$$

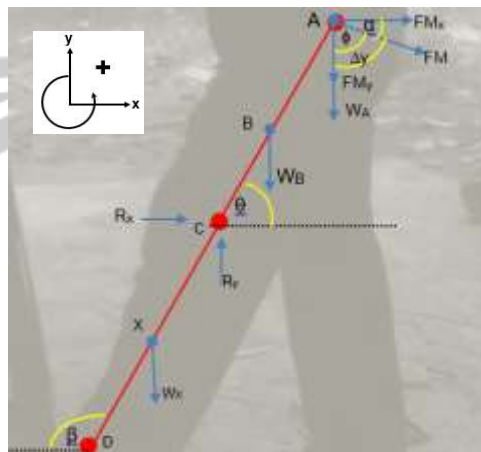
$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{0,03H}{0,24H} \right)$$

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{0,045}{0,36} \right)$$

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{0,045}{0,36} \right)$$

$$\Phi = 7,125$$

$$\alpha = \theta - \Phi = 65^{\circ} - 7,125^{\circ} = 57,875^{\circ}$$



$$\Sigma M_C = 0$$

$$-W_A \cdot AC \cdot \cos\theta - W_B \cdot BC \cdot \cos\theta + W_X \cdot CX \cdot \cos\beta - F_{my} \cdot AC \cdot \cos\theta - F_{mx} \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$-W_A \cdot AC \cdot \cos\theta - W_B \cdot BC \cdot \cos\theta + W_X \cdot CX \cdot \cos\beta - F_m \cdot \sin\alpha \cdot AC \cdot \cos\theta - F_m \cdot \cos\alpha \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$0$$

$$-500,31 \cdot 0,36 \cdot \cos 65 - 58,86 \cdot 0,18 \cdot \cos 65 + 29,43 \cdot 0,2175 \cdot \cos 65 -$$

$$F_m \cdot \sin 57,875 \cdot 0,36 \cdot \cos 65 + F_m \cdot \cos 57,875 \cdot 0,36 \cdot \sin 65 = 0$$

$$-0,0446 F_m - 77,89 = 0$$

$$F_m = -1744 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{mx} - R_x = 0$$

$$R_x = F_m \cdot \cos \alpha$$

$$R_x = -928 \text{ N}$$

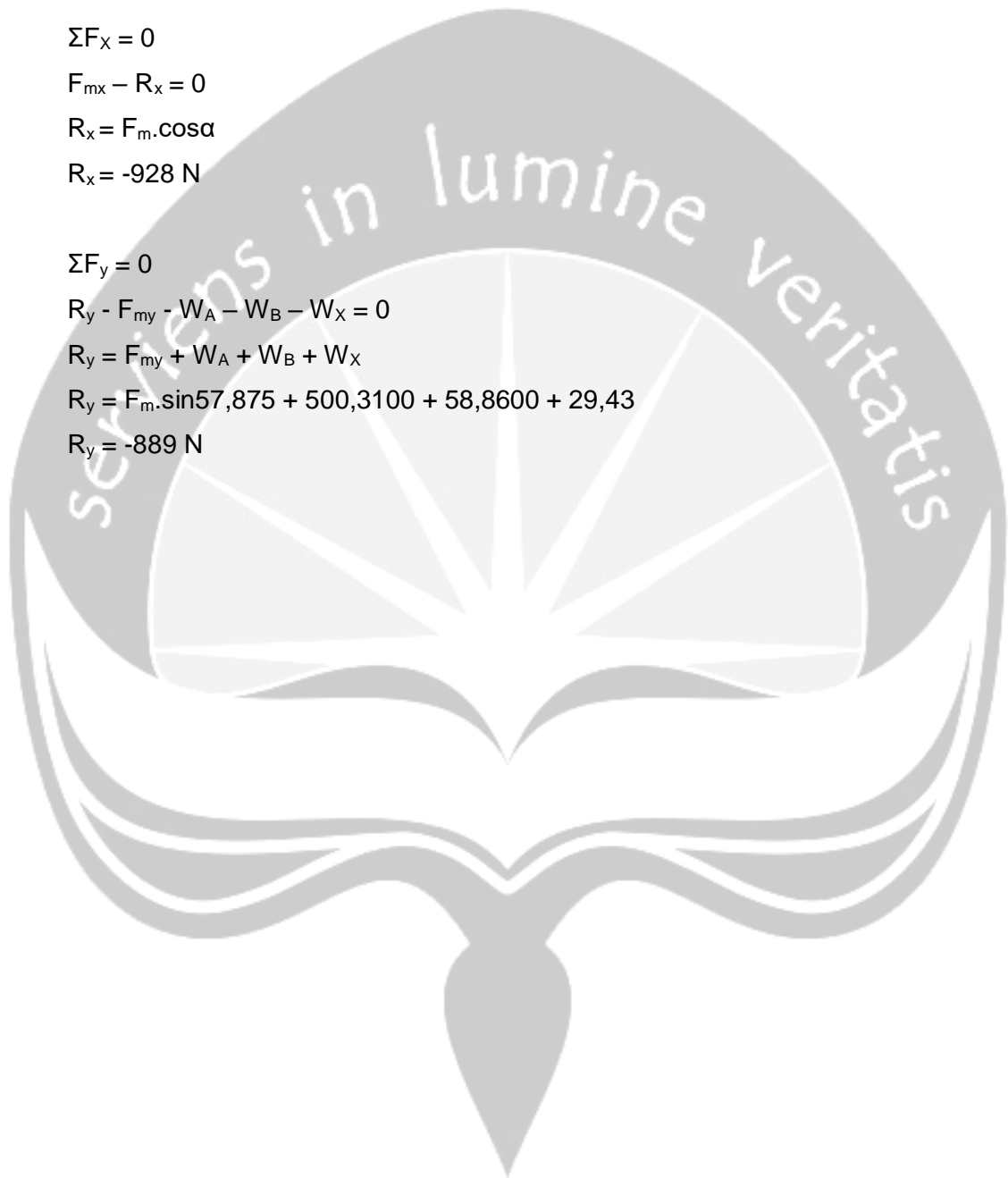
$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y - F_{my} - W_A - W_B - W_X = 0$$

$$R_y = F_{my} + W_A + W_B + W_X$$

$$R_y = F_m \cdot \sin 57,875 + 500,3100 + 58,8600 + 29,43$$

$$R_y = -889 \text{ N}$$



LAMPIRAN 6. Pemodelan dan Perhitungan Biomekanika Pada Proses Pengangkatan Tuas Pemotong Sesudah Perbaikan

Tangan Kanan

Diketahui:

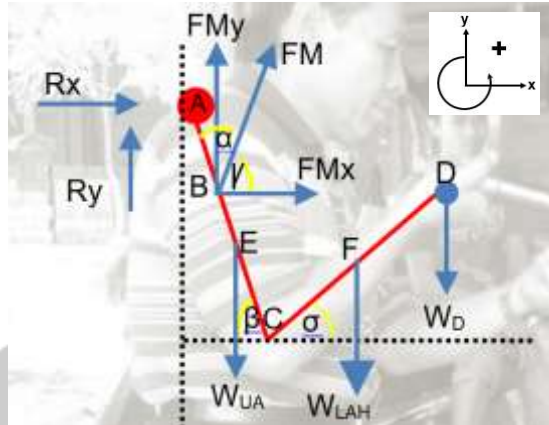
W	= Berat Operator = $60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$	= 588,6
H	= Tinggi Operator	= 1,50 m
W _D	= Berat benda yang dibawa pekerja = $5,88 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$	= 57,6828 N
W _{LAH}	= Berat lengan bawah dan tangan = $0,02W = 0,02 \times 588,6$	= 11,772
W _{UA}	= Berat lengan atas = $0,03W = 0,03 \times 588,6$	= 17,658
AB	= Jarak sendi bahu ke gaya otot deltoid = $0,08H = 0,08 \times 1,50$	= 0,12 m
AE	= Jarak sendi bahu ke titik ganglion = $0,1H = 0,1 \times 1,50$	= 0,15 m
AC	= Jarak sendi bahu ke titik berat segmen lengan = $0,2H = 0,2 \times 1,50$	= 0,3m
CF	= Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah = $0,085H = 0,085 \times 1,50$	= 0,1275 m
CD	= Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah = $0,2H = 0,2 \times 1,50$	= 0,3 m
α	= Sudut yang dibentuk otot deltoid ($^{\circ}$)	= 25°
β	= Sudut antara lengan atas dan sumbu x ($^{\circ}$)	= 70°
σ	= Sudut antara lengan bawah dan sumbu x ($^{\circ}$)	= 40°
γ	= Sudut antara FM dan FMx	($^{\circ}$) = 70°

Perhitungan biomekanika:

Fm = Gaya pada Otot Deltoid

Rx = Gaya reaksi horizontal pada sendi bahu

Ry = Gaya reaksi vertical pada sendi bahu



$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_{mx} \cdot (AB \cdot \sin\beta) + F_{my} \cdot (AB \cdot \cos\beta) - W_{UA} \cdot (AE \cdot \cos\beta) - W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) - W_D \cdot (CD \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) = 0$$

$$F_m \cdot \cos\psi \cdot (AB \cdot \sin\beta) + F_m \cdot \sin\psi \cdot (AB \cdot \cos\beta) - W_{UA} \cdot (AE \cdot \cos\beta) - W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos\sigma + AC \cdot \sin\beta) - W_D \cdot (CD \cdot \sin\sigma + AC \cdot \sin\beta) = 0$$

$$F_m \cdot \cos 70^\circ \cdot (0,12 \cdot \sin 70^\circ) + F_m \cdot \sin 70^\circ \cdot (0,12 \cdot \cos 70^\circ) - 17,658 \cdot (0,15 \cdot \cos 70^\circ) + 11,772 \cdot (0,1275 \cdot \cos 40^\circ + 0,3 \cdot \cos 70^\circ) - 57,6828 \cdot (0,3 \cdot \sin 40^\circ + 0,3 \cdot \cos 70^\circ) = 0$$

$$0,0771 F_m - 22,4384 = 0$$

$$F_m = 290,9002 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_x - F_{mx} = 0$$

$$R_x = F_{mx}$$

$$R_x = F_m \cdot \cos\psi$$

$$R_x = (290,9002) \cdot \cos 70^\circ$$

$$R_x = 99,4937 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y + F_{my} - W_{UA} - W_{LAH} - W_D = 0$$

$$R_y = W_{UA} + W_{LAH} + W_D - F_m \cdot \sin\psi$$

$$R_y = 17,6580 + 11,7720 + 57,6828 - (290,9002) \cdot \cos\psi$$

$$R_y = -12,3809 \text{ N}$$

Tangan Kiri

Diketahui:

$$W = \text{Berat Operator} = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6$$

$$H = \text{Tinggi Operator} = 1,50 \text{ m}$$

$$W_D = \text{Berat benda yang dibawa pekerja} \\ = 0 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 0 \text{ N}$$

$$W_{LAH} = \text{Berat lengan bawah dan tangan} \\ = 0,02W = 0,02 \times 588,6 = 11,772$$

$$W_{UA} = \text{Berat lengan atas} \\ = 0,03W = 0,03 \times 588,6 = 17,658$$

$$AB = \text{Jarak sendi bahu ke gaya otot deltoid} \\ = 0,08H = 0,08 \times 1,50 = 0,12 \text{ m}$$

$$AE = \text{Jarak sendi bahu ke titik ganglion} \\ = 0,1H = 0,1 \times 1,50 = 0,15 \text{ m}$$

$$AC = \text{Jarak sendi bahu ke titik berat segmen lengan} \\ = 0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3 \text{ m}$$

$$CF = \text{Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah} \\ = 0,085H = 0,085 \times 1,50 = 0,1275 \text{ m}$$

$$CD = \text{Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah} \\ = 0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3 \text{ m}$$

$$\alpha = \text{Sudut yang dibentuk otot deltoid } (^{\circ}) = 25^{\circ}$$

$$\beta = \text{Sudut antara lengan atas dan sumbu x } (^{\circ}) = 60^{\circ}$$

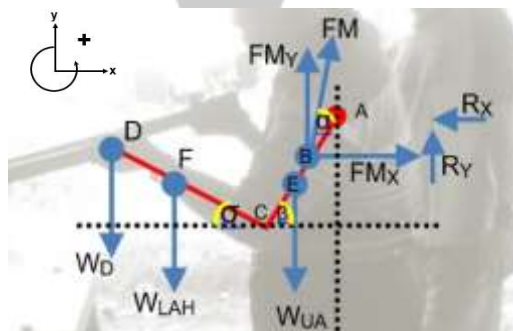
$$\sigma = \text{Sudut antara lengan bawah dan sumbu x } (^{\circ}) = 30^{\circ}$$

Perhitungan biomekanika:

F_m = Gaya pada Otot Deltoid

R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi bahu

R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi bahu



$$\Sigma MA = 0$$

$$F_{mx} \cdot (AB \cdot \sin\beta) - F_{my} \cdot (AB \cdot \cos\beta) + W_{UA} \cdot (AE \cdot \cos\beta) + W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) + W_D \cdot (CD \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) = 0$$

$$F_m \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot (AB \cdot \sin\beta) - F_m \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot (AB \cdot \cos\beta) + W_{UA} \cdot (AE \cdot \cos\beta) + W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) + W_D \cdot (CD \cdot \cos\sigma + AC \cdot \cos\beta) = 0$$

$$F_m \cdot \cos(25 + 60) \cdot (0,12 \cdot \sin 60) - F_m \cdot \sin(25 + 60) \cdot (0,12 \cdot \cos 60) + 17,6580 \cdot (0,15 \cdot \cos 60) + 11,7720 \cdot (0,1275 \cdot \cos 30 + 0,3 \cdot \cos 60) + 0 \cdot (0,3 \cdot \cos 30 + 0,3 \cdot \cos 60) = 0$$

$$-0,0507F_m + 4,3900 = 0$$

$$F_m = 86,5634 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-R_x + F_{mx} = 0$$

$$R_x = F_{mx}$$

$$R_x = F_m \cdot \cos\beta$$

$$R_x = (86,5634) \cdot \cos 60$$

$$R_x = 7,5444 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y + F_{my} - W_{UA} - W_{LAH} - W_D = 0$$

$$R_y = W_{UA} + W_{LAH} + W_D - F_m \cdot \sin\beta$$

$$R_y = 17,6580 + 11,7720 + 14,715 - (86,5634) \cdot \sin 60$$

$$R_y = -56,8040 \text{ N}$$

Punggung

Diketahui:

$$W = \text{Berat badan pekerja (N)} = 60 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6 \text{ N}$$

$$H = \text{Tinggi tubuh pekerja (m)} = 1,50 \text{ m}$$

$$W_L = \text{Berat benda yang dibawa pekerja (N)} \\ = 5,88 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 57,6828 \text{ N}$$

$$\alpha = \text{Sudut yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot } \textit{erector} \\ = 13^\circ$$

$$\theta = \text{Sudut yang terbentuk antara ruas tulang belakang dengan garis horizontal } (^\circ) = 0^\circ$$

$$\beta = \text{Sudut antara otot } \textit{erector} \text{ dan sumbu } x = \theta - \alpha = 0^\circ - 13^\circ = -13^\circ$$

$$W_B = \text{Berat segmen tubuh tulang belakang} = 0,36 W$$

$$= 0,36 \times 588,6 \text{ N} = 211,896 \text{ N}$$

$$W_D = \text{Berat segmen tubuh bagian atas yaitu bagian leher, kepala dan lengan} \\ = 0,18W + W_L = 0,18 \times 588,6 \text{ N} + 57,6828 \text{ N} = 116,3309 \text{ N}$$

$$AB = \text{Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik tengah berat segmen tulang belakang (B)} = 0,15H = 0,15 \times 1,50\text{m} = 0,225\text{m}$$

$$AC = \text{Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik gaya otot tulang belakang (C)} \\ = 0,20H = 0,20 \times 1,50\text{m} = 0,3\text{m}$$

$$AD = \text{Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik bagian leher, kepala dan lengan (D)} \\ = 0,30H = 0,30 \times 1,50\text{m} = 0,45\text{m}$$

Dicari:

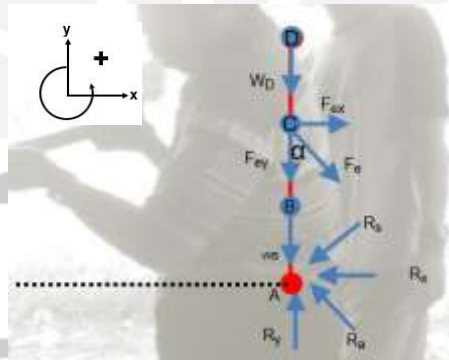
$$F_e = \text{Gaya otot extensor pada tulang belakang (N)}$$

$$R_x = \text{Gaya reaksi horizontal pada sendi lumbosacral (N)}$$

$$R_y = \text{Gaya reaksi vertical pada sendi lumbosacral (N)}$$

$$R_a = \text{Gaya reaksi aksial otor searah poros tulang belakang (N)}$$

$$R_s = \text{Gaya reaksi geser otot tegak lurus terhadap poros tulang belakang (N)}$$



Penyelesaian:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$- F_{ex} \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$- F_e \cdot \cos\beta \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$- F_e \cdot \cos(-13) \cdot 0,3 \cdot \sin 0 = 0$$

$$F_e = 0 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{ex} - R_x = 0$$

$$R_x = F_e \cdot \cos\beta$$

$$R_x = 0 \cdot \cos(-13)$$

$$R_x = 0 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y - W_B - F_{ey} - W_D = 0$$

$$R_y = W_B + F_e \cdot \sin \beta + W_D$$

$$R_y = 211,8960 + (0) \cdot \cos(-13) + 116,3309$$

$$R_y = 328,2269 \text{ N}$$

$$R_a = R_y \cdot \sin \theta + R_x \cdot \cos \theta$$

$$R_a = (328,2269) \cdot \sin 0 + (0) \cdot \cos 0$$

$$R_a = 0 \text{ N}$$

$$R_s = -R_y \cdot \cos \theta + R_x \cdot \sin \theta$$

$$R_s = -(328,2269) \cdot \cos 0 + (0) \cdot \sin 0$$

$$R_s = -328,2269 \text{ N}$$

Kaki Kiri

diketahui :

$$W = \text{Berat badan pekerja (N)} = 60 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6 \text{ N}$$

$$H = \text{Tinggi tubuh pekerja (m)} = 1,50 \text{ m}$$

$$W_A = \text{Berat bagian atas pinggul} = 0,85W \\ = 0,85 \times 588,6 \text{ N} = 500,31 \text{ N}$$

$$W_B = \text{Berat segmen paha} = 0,10W = 0,10 \times 588,6 \text{ N} \\ = 58,86 \text{ N}$$

$$W_E = \text{Berat segmen betis} = 0,05W = 0,05 \times 588,6 \text{ N} \\ = 29,43 \text{ N}$$

$$\Delta y = \text{Jarak antara tulang paha tegak lurus dengan perpanjangan gaya} \\ \text{otot quadriceps} = 0,03H = 0,03 \times 1,50 \text{ m} = 0,045 \text{ m}$$

$$\theta = \text{Sudut antara paha dan sumbu x (}^\circ\text{)} = 60^\circ$$

$$\beta = \text{Sudut antara betis dan sumbu x (}^\circ\text{)} = 130^\circ$$

$$BC = \text{Jarak antara titik tengah segmen paha (B) ke sendi lutut (C)} = \\ 0,12H = 0,12 \times 1,50 \text{ m} = 0,18 \text{ m}$$

$$AC = \text{Jarak antara titik berat bagian atas pinggul (A) ke sendi lutut (C)} \\ = 0,24H = 0,24 \times 1,50 \text{ m} = 0,36 \text{ m}$$

$$CE = \text{Jarak antara sendi lutut (C) ke titik tengah segmen betis (E)} = \\ 0,145H = 0,145 \times 1,50 \text{ m} = 0,2175 \text{ m}$$

Dicari:

- Φ = Sudut antara gaya otot quadriceps dan paha ($^{\circ}$)
- α = Sudut antara gaya otot quadriceps dan sumbu x ($^{\circ}$)
- F_m = Gaya otot quadriceps (N)
- R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi lutut (N)
- R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi lutut (N)

Penyelesaian:

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta y}{AC} \right)$$

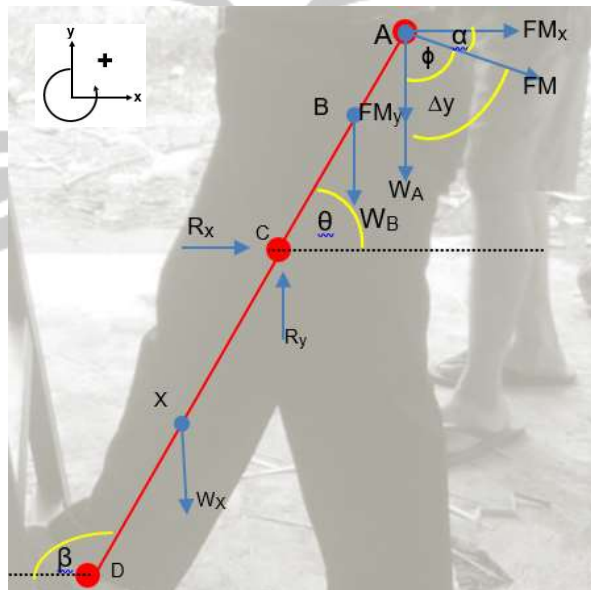
$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{0,03H}{0,24H} \right)$$

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{0,045}{0,36} \right)$$

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{0,045}{0,36} \right)$$

$$\Phi = 7,125$$

$$\alpha = \theta - \Phi = 60^{\circ} - 7,125^{\circ} = 52,875^{\circ}$$



$$\Sigma M_C = 0$$

$$-W_A \cdot AC \cdot \cos \theta - W_B \cdot BC \cdot \cos \theta + W_X \cdot CX \cdot \cos \beta - F_{my} \cdot AC \cdot \cos \theta - F_{mx} \cdot AC \cdot \sin \theta = 0$$

$$-W_A \cdot AC \cdot \cos\theta - W_B \cdot BC \cdot \cos\theta + W_X \cdot CX \cdot \cos\beta - F_m \cdot \sin\alpha \cdot AC \cdot \cos\theta + F_m \cdot \cos\alpha \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$-500,31 \cdot 0,36 \cdot \cos 60 - 58,86 \cdot 0,18 \cdot \cos 60 + 29,43 \cdot 0,2175 \cdot \cos 60 - F_m \cdot \sin 52,875 \cdot 0,36 \cdot \cos 60 + F_m \cdot \cos 52,875 \cdot 0,36 \cdot \sin 60 = 0$$

$$-0,3317 F_m - 98,55 = 0$$

$$F_m = -297 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{mx} - R_x = 0$$

$$R_x = F_m \cdot \cos\alpha$$

$$R_x = -179 \text{ N}$$

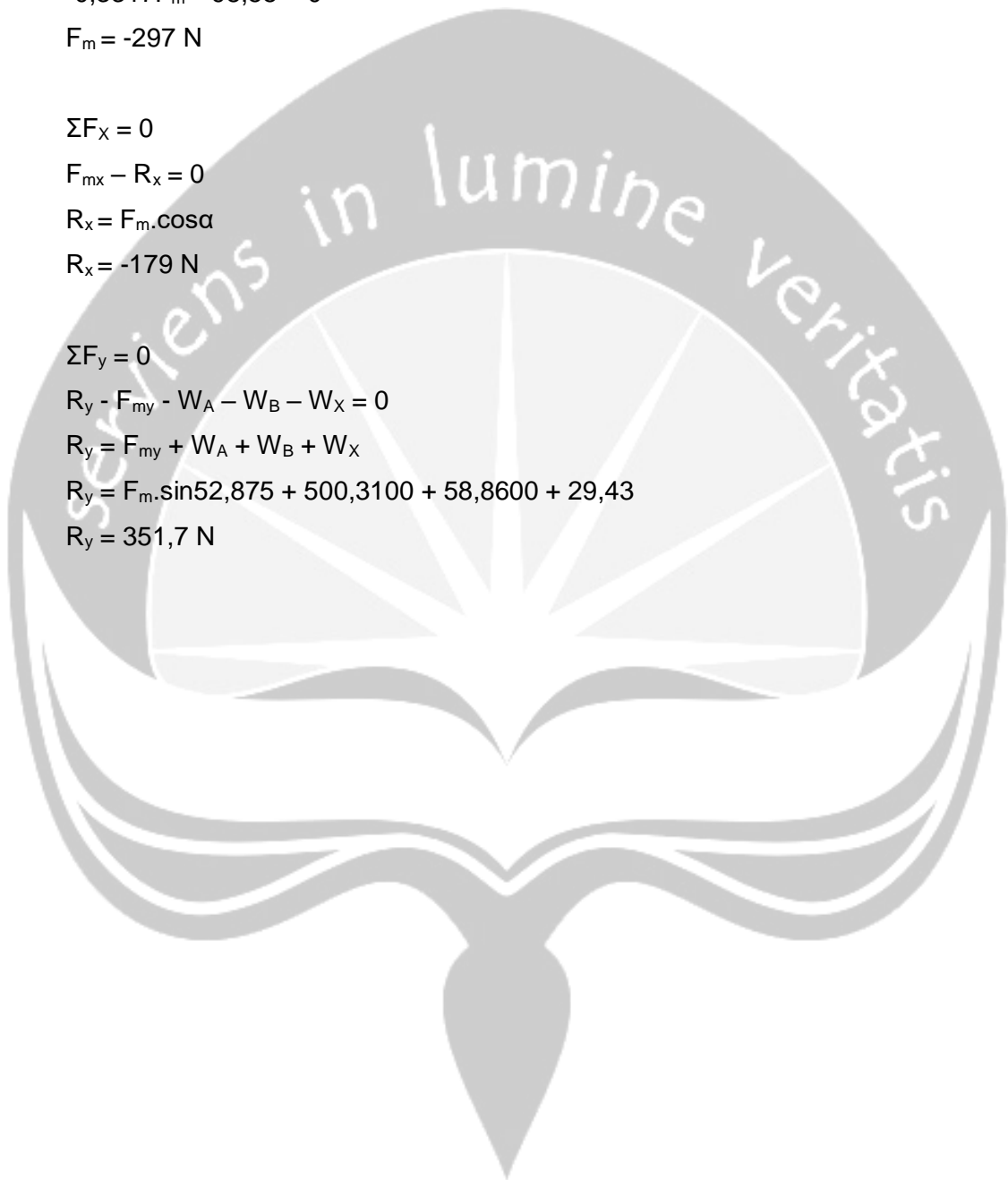
$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y - F_{my} - W_A - W_B - W_X = 0$$

$$R_y = F_{my} + W_A + W_B + W_X$$

$$R_y = F_m \cdot \sin 52,875 + 500,3100 + 58,8600 + 29,43$$

$$R_y = 351,7 \text{ N}$$



LAMPIRAN 7. Pemodelan dan Perhitungan Biomekanika Pada Proses Pengaturan Tuas Sesudah Perbaikan

Tangan Kanan

Diketahui:

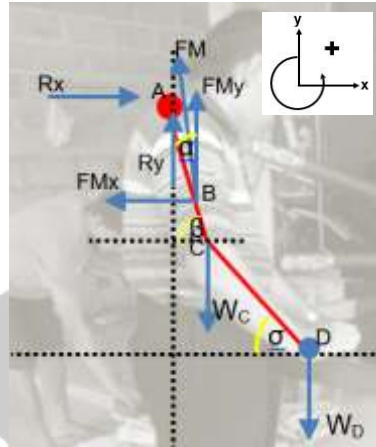
W	= Berat Operator = $60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$	= 588,6
H	= Tinggi Operator	= 1,50 m
W _D	= Berat benda yang dibawa pekerja = $0 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 0 \text{ N}$	
W _C	= Berat segmen lengan = $0,05W = 0,05 \cdot 588,6 \text{ N}$	= 29,43 N
AB	= Jarak sendi bahu ke gaya otot deltoid = $0,08H = 0,08 \times 1,50 = 0,12 \text{ m}$	
AE	= Jarak sendi bahu ke titik ganglion = $0,1H = 0,1 \times 1,50 = 0,15 \text{ m}$	
AC	= Jarak sendi bahu ke titik berat segmen lengan = $0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3 \text{ m}$	
CF	= Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah = $0,085H = 0,085 \times 1,50 = 0,1275 \text{ m}$	
CD	= Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah = $0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3 \text{ m}$	
α	= Sudut yang dibentuk otot deltoid ($^{\circ}$)	= 25°
β	= Sudut antara lengan atas dan sumbu x ($^{\circ}$)	= 75°
σ	= Sudut antara lengan bawah dan sumbu x ($^{\circ}$)	= 45°

Perhitungan biomekanika:

F_m = Gaya pada Otot Deltoid

R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi bahu

R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi bahu



$$\Sigma MA = 0$$

$$-F_{mx} \cdot AB \cdot \sin\beta + F_{my} \cdot AB \cdot \cos\beta - W_c \cdot AC \cdot \cos\beta - W_D \cdot (AC \cdot \cos\beta + CD \cdot \cos\sigma) = 0$$

$$-F_m \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot AB \cdot \sin\beta + F_m \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot AB \cdot \cos\beta - W_c \cdot AC \cdot \cos\beta - W_D \cdot (AC \cdot \cos\beta + CD \cdot \cos\sigma) = 0$$

$$F_m \cdot \cos(25 + 75) \cdot 0,12 \cdot \cos 75 - F_m \cdot \sin(25 + 75) \cdot 0,12 \cdot \cos 75 + 29,43 \cdot 0,3 \cdot \cos 75 + 0 \cdot (0,3 \cdot \cos 75 + 0,3 \cdot \cos 45) = 0$$

$$0,0360 F_m + 2,2851 = 0$$

$$F_m = 63,5112 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-R_x + F_{mx} = 0$$

$$R_x = F_{mx}$$

$$R_x = F_m \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$R_x = 63,5112 \cdot \cos(25 + 75)$$

$$R_x = -11,0286 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y + F_{my} - W_{UA} - W_{LAH} - W_D = 0$$

$$R_y = W_c + W_D - F_m \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

$$R_y = 29,4300 + 0 - (63,5112) \cdot \sin(25 + 75)$$

$$R_y = -33,1163 \text{ N}$$

Tangan Kiri

Diketahui:

$$W = \text{Berat Operator} = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6$$

$$H = \text{Tinggi Operator} = 1,50 \text{ m}$$

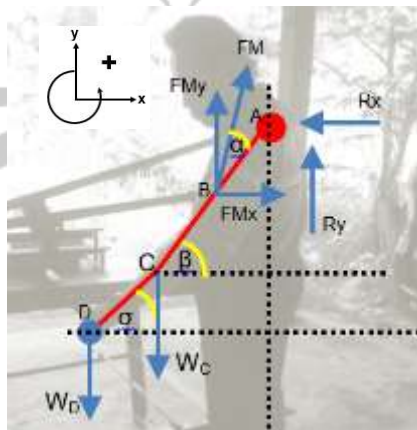
- W_D = Berat benda yang dibawa pekerja
 = $1,5\text{kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 14,715 \text{ N}$
- W_C = Berat segmen lengan = $0,05W = 0,05 \cdot 588,6 \text{ N} = 29,43 \text{ N}$
- AB = Jarak sendi bahu ke gaya otot deltoid
 = $0,08H = 0,08 \times 1,50 = 0,12 \text{ m}$
- AD = Jarak dari titik berat lengan ke segmen tangan
 = $0,4H = 0,4 \times 1,50 = 0,6 \text{ m}$
- AC = Jarak sendi bahu ke titik berat segmen lengan
 = $0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3 \text{ m}$
- CF = Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah
 = $0,085H = 0,085 \times 1,50 = 0,1275 \text{ m}$
- CD = Jarak titik berat segmen lengan ke titik berat lengan bawah
 = $0,2H = 0,2 \times 1,50 = 0,3 \text{ m}$
- α = Sudut yang dibentuk otot deltoid ($^\circ$) = 25°
- β = Sudut antara lengan atas dan sumbu x ($^\circ$) = 50°
- σ = Sudut antara lengan bawah dan sumbu x ($^\circ$) = 50°

Perhitungan biomekanika:

F_m = Gaya pada Otot Deltoid

R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi bahu

R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi bahu



$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_{mx} \cdot AB \cdot \sin\beta - F_{my} \cdot AB \cdot \cos\beta + W_c \cdot AC \cdot \cos\beta + W_D \cdot AD \cdot \cos\beta = 0$$

$$F_m \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot AB \cdot \sin\beta - F_m \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot AB \cdot \cos\beta + W_c \cdot AC \cdot \cos\beta + W_D \cdot AD \cdot \cos\beta = 0$$

$$F_m \cdot \cos(25 + 50) \cdot 0,12 \cdot \sin 50 - F_m \cdot \sin(25 + 50) \cdot 0,12 \cdot \cos 50 + 29,43 \cdot 0,3 \cdot \cos 50 + 14,715 \cdot 0,6 \cdot \cos 50 = 0$$

$$-0,0507F_m + 11,3445 = 0$$

$$F_m = 223,7 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-R_x + F_{mx} = 0$$

$$R_x = F_{mx}$$

$$R_x = F_m \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$R_x = 223,7 \cdot \cos(25 + 50)$$

$$R_x = 57,897 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y + F_{my} - W_{UA} - W_{LAH} - W_D = 0$$

$$R_y = W_C + W_D - F_m \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

$$R_y = 29,4300 + 14,715 - 223,7 \cdot \sin(25 + 50)$$

$$R_y = -171,9 \text{ N}$$

Punggung

Diketahui:

$$W = \text{Berat badan pekerja (N)} = 60 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6 \text{ N}$$

$$H = \text{Tinggi tubuh pekerja (m)} = 1,50 \text{ m}$$

$$W_L = \text{Berat benda yang dibawa pekerja (N)} \\ = 1,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 14,7150 \text{ N}$$

$$\alpha = \text{Sudut yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot } \textit{erector} \\ = 13^\circ$$

$$\theta = \text{Sudut yang terbentuk antara ruas tulang belakang dengan garis} \\ \text{horizontal } (^\circ) = 0^\circ$$

$$\beta = \text{Sudut antara otot } \textit{erector} \text{ dan sumbu } x = \theta - \alpha = 78^\circ - 13^\circ = 0^\circ$$

$$W_B = \text{Berat segmen tubuh tulang belakang} = 0,36 W \\ = 0,36 \times 588,6 \text{ N} = 211,896 \text{ N}$$

$$W_D = \text{Berat segmen tubuh bagian atas yaitu bagian leher, kepala dan lengan} \\ = 0,18W + W_L = 0,18 \times 588,6 \text{ N} + 14,715 \text{ N} = 108,5967 \text{ N}$$

$$AB = \text{Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik tengah berat segmen tulang} \\ \text{belakang (B)} = 0,15H = 0,15 \times 1,50 \text{ m} = 0,225 \text{ m}$$

$$AC = \text{Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik gaya otot tulang belakang (C)} \\ = 0,20H = 0,20 \times 1,50 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$$

AD = Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik bagian leher, kepala dan lengan (D)
 = 0,30H = 0,30 x 1,50m = 0,45m

Dicari:

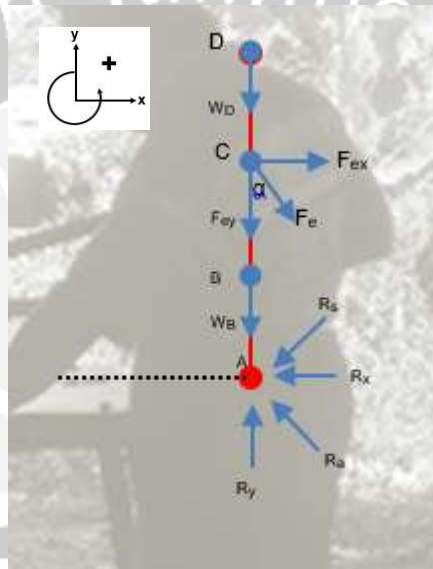
F_e = Gaya otot extensor pada tulang belakang (N)

R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi lumbosacral (N)

R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi lumbosacral (N)

R_a = Gaya reaksi aksial otor searah poros tulang belakang (N)

R_s = Gaya reaksi geser otot tegak lurus terhadap poros tulang belakang (N)



Penyelesaian:

$$\Sigma M_a = 0$$

$$- F_{ex} \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$- F_e \cdot \cos\alpha \cdot AC \cdot \sin\theta = 0$$

$$- F_e \cdot \cos 13,0,3 \cdot \cos 0 = 0$$

$$F_e = 0 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{ex} - R_x = 0$$

$$R_x = F_e \cdot \cos\beta$$

$$R_x = 0 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y - W_B - F_{ey} - W_D = 0$$

$$R_y = W_B + F_e \cdot \sin\alpha + W_D$$

$$R_y = 211,8960 + 0 + 108,5967 \text{ N}$$

$$R_y = 320,4927 \text{ N}$$

$$R_a = R_y \cdot \sin\theta + R_x \cdot \cos\theta$$

$$R_a = 320,4927 \cdot \sin 0 + 0$$

$$R_a = 0 \text{ N}$$

$$R_s = -R_y \cdot \cos\theta + R_x \cdot \sin\theta$$

$$R_s = -320,4927 \cdot \cos 0 + 0$$

$$R_s = -320,4927 \text{ N}$$

