

## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan menunjukkan terjadinya penurunan risiko cedera pada oprator CO<sub>2</sub> Process. Penurunan risiko cedera ditinjau dari aspek biomekanika, analisis postur kerja, waktu proses, dan ROI sebagai berikut:

##### 1. Biomekanika

Penurunan gaya yang dialami segmen-segmen tubuh pada *load – unload* VCM – *Pallet* adalah sebagai berikut :

- a. Terjadi penurunan reaksi gaya horizontal (RX) tangan sebesar 54%.
- b. Terjadi penurunan reaksi gaya vertikal (RY) tangan sebesar 82%.
- c. Terjadi penurunan gaya otot deltoid (FM) tangan sebesar 54%.

Penurunan gaya yang dialami segmen-segmen tubuh pada *load – unload* VCM – *Tray* adalah sebagai berikut :

- a. Terjadi penurunan reaksi gaya horizontal (RX) tangan sebesar 28%.
- b. Terjadi penurunan reaksi gaya vertikal (RY) tangan sebesar 31%.
- c. Terjadi penurunan gaya otot deltoid (FM) tangan sebesar 24%.

##### 2. Postur kerja

- a. Terjadi penurunan skor tingkat risiko 6 ke 4 pada *load – unload* VCM – *tray*.
- b. Terjadi penurunan skor tingkat risiko 6 ke 4 pada *load – unload* VCM – *pallet*.

##### 3. Waktu Proses

*VCM Hand Tool 2* terbukti bisa mempercepat waktu pemindahan VCM lebih cepat 9% dari waktu pemindahan VCM menggunakan *VCM Hand Tool 1*.

##### 4. ROI

- a. ROI *VCM Hand Tool 2* adalah 0.24 kuartal yang dikatakan sebagai rancangan yang layak untuk diinvestasikan.
- a. Implementasi *VCM Hand Tool* mampu menghemat biaya kerugian dan pengobatan sebesar USD 3175.2/kuartal

## 6.2. Saran

Saran yang bisa diberikan untuk perusahaan yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mekanisme *VCM Hand Tool 2* dikembangkan lebih lanjut seperti menggunakan sistem vacum untuk mengganti sistem magnet untuk membawa VCM.
- b. Pengembangan *VCM Hand Tool 2* berfokus pada mekanisme dan ergonomi agar risiko cedera semakin kecil.

Penelitian selanjutnya diharapkan bisa melakukan analisis yang dapat mengukur dampak penurunan risiko cedera lebih lanjut.



## DAFTAR PUSTAKA

- AIHA Ergonomics Committee. (2011). Ergonomic Assessment Toolkit. American Industrial Hygiene Association.
- Atamney, L. M., & Corlett, E. N. (1993). RULA : A Survey Method for The Investigation of Work-Relates Upper Limb Disorders. Institute for Occupational Ergonomics, University of Nottingham, University Park, 91-99.
- Atamney, L. M., & Corlett, E. N. (n.d.). Osmond Group Limited . Retrieved Agustus 2, 2015, from Osmond Group Limited (osmond): <http://www.rula.co.uk>
- Battini, D., Faccio, M., Ferrari, E., Persona, A., Sgarbossa, F. (2011). New methodological framework to improve productivity and ergonomics in assembly system design. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41, 30-42
- Bridger, R. S. (1995). *Introduction to Ergonomics*. New York: McGraw-Hill International Editions.
- Chaffin, D. B., Andersson, G., & Martin, B. J. (1999). *Occupational biomechanics*. New York: Wiley.
- Chandler A. Phillips. (2000). *Human Factors Engineering*. John Wiley & Sons.
- Chuan, T. K., Hartono, M., & Kumar, N. (2010). Anthropometry of the Singaporean and Indonesian populations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(6), 757-766.
- Chowdhury, S. R., & Paul, C. (2011). *Survey of Injuries Involving Stationary Saws Table and Bench Saws*.
- Corlett, E. N. (1992). *Static Muscle Loading and Evaluation of Posture*. (J. R. Wilson, & E. N. Corlett, Eds.) London: Taylor.
- Cross, N. (1994). *Engineering Design Method Strategi for Product Design*. UK: The Open University.
- Dekranasda. (2005). *Strategi Pengelolaan Usaha Kerajinan yang Efisien*. Yogyakarta: Dekranasda DIY.

- Descatha, A., Roquelaure, Y., Chastang, J. F., Evanoff, B., Melchior, M., Mariot, C., ... & Leclerc, A. (2007). Validity of Nordic-style questionnaires in the surveillance of upper-limb work-related musculoskeletal disorders. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 33(1), 58.
- Grandjean, E. (1993). *Fitting The Task to The Man*, 4 th ed. London: Taylor & Francis Inc.
- Herdiman, L., & Damayanti, R. W. (2009). Perancangan lantai produksi dengan minimisasi waste activity dan perbaikan posisi kerja pekerja sebagai upaya meningkatkan efisiensi produksi almari. *Gema Teknik Majalah Ilmiah Teknik*, 11(1), pp-50.
- Hermawan, E., Lady, L., & Mariawati, A. S. (2015). Perbaikan Metode Kerja Pada Stasiun Truss And Roof Dengan Pendekatan Biomekanika Di PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri Untirta*, 3(2).
- Helianty, Y., & Regi Hermawan, C. S. W. (2009). Perbaikan Stasiun Kerja Serut Berdasarkan Aspek Antropometri dan Biomekanika.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 201-205.
- International Ergonomics Association. (2000). What is ergonomics. IEA Members” and “Study Programs”.(nd) Available at <http://www.iea.cc/index.php>.
- Jäger, P. D. I. M., Griefahn, B., Liebers, F., Steinberg, D. I. U., & für Arbeitsschutz, B. (2003). Preventing musculoskeletal disorders in the workplace
- Kroemer, K., Kroemer, H., & Elbert, K. K. (2001). *Ergonomics How to Design for Ease and Efficiency* second edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., & Jørgensen, K. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied ergonomics*, 18(3), 233-237.
- Kushwaha, D.K., Kane, P.V. (2015). Ergonomic assessment and workstation design of shipping crane cabin in steel industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1-11.

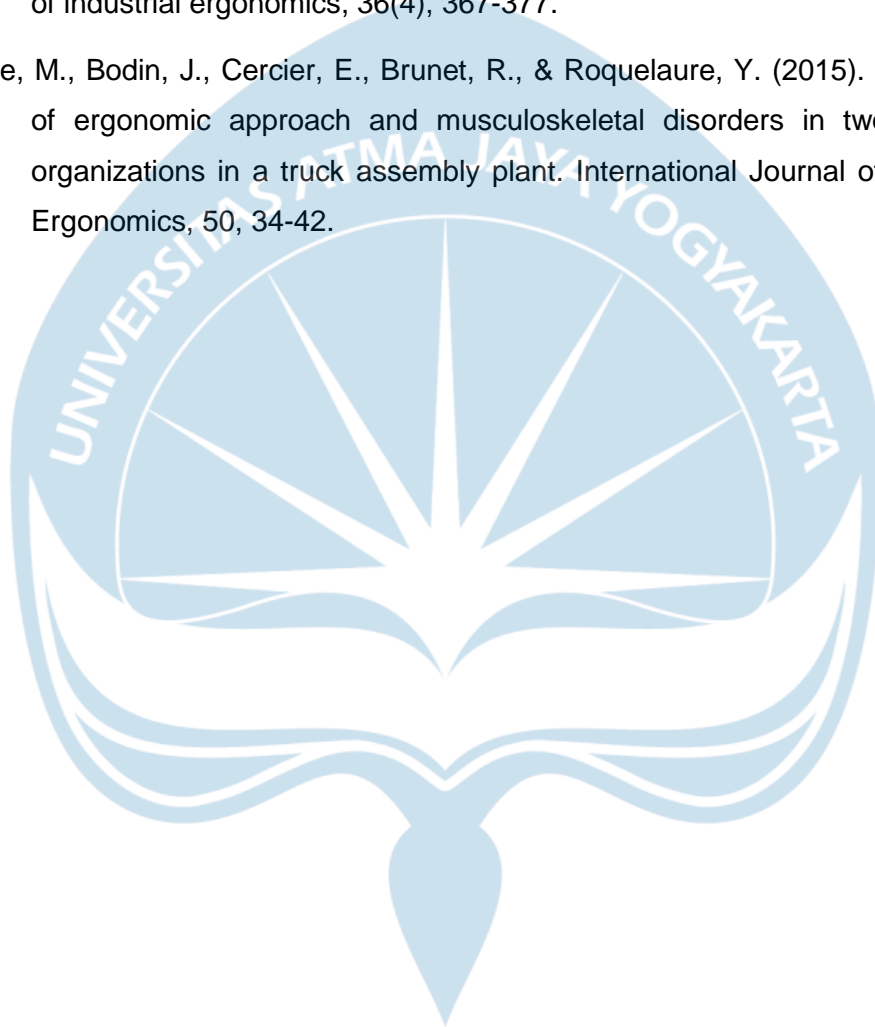
- Manuaba, A. (2000). Ergonomi, Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Seminar Nasional Ergonomi 2000 (pp. 1-4). Surabaya: Guna Wijaya.
- Mirka. (2004). Development of an ergonomics guideline for the furniture manufacturing industry. *Applied Ergonomics*, 36, 241–247
- Nasution, H., & Nazlina. (2012). Perancangan Fasilitas Kerja untuk Mereduksi Human Error. *Teknik Industri*, Vol. 14, No. 1 , 73-82.
- Özkaya, N., Nordin, M., Goldsheyder, D., & Leger, D. (2012). *Fundamentals of biomechanics: equilibrium, motion, and deformation*. Springer Science & Business Media.
- Parasti, N. A. (2013). Perancangan Fasilitas Kerja Berdasarkan Analisis Postur Kerja Pada Pengrajin Gerabah Kasongan Yogyakarta di Home Industri Ibu Tinem. Program Studi Teknik Industri: UAJY.
- Patrick, G. D., Raymond, W. M., Tom, B. L., & Niall O'Brien. (2002). Bending the tool and the effect on human performance: Further investigation of a simulated wire-twisting task. *AIHA Journal*, 63(5), 586-593.
- Pulat, B. M. (1992). *Fundamental of Industrial Ergonomics*. New York: Prentice Hall.
- Robinson, F., Jr, & Lyon, B. K. (1994). Ergonomic guidelines for hand-held tools. *Professional Safety*, 39(8), 16.
- Rinawati, D. I., & Wisnu, G. B. (2011). Perancangan Alat Bantu Guna Mereduksi Beban Otot dan Gaya yang Diterima oleh Pekerja *Fine Focus Adjustment* di PT. Arisamandiri Pratama, 6(3), 198-206.
- Sari, N. (2014). Perbaikan Postur Kerja Menurunkan Keluhan Muskuloskeletal dan Waktu Proses Pemahatan di Java Art Stone Yogyakarta. Program Studi Teknik Industri: UAJY.
- Scott, P., Kogi, K., & McPhee, B. (2010). *Ergonomics guidelines for occupational health practice in industrially developing countries*. Darmstadt: International Ergonomics Association.
- Shields, B. J., Wilkins III, J. R., & Smith, G. A. (2011). Nonoccupational table saw-related injuries treated in US emergency departments, 1990–2007. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 71(6), 1902-1907.

- Shouqian, S., & Zongkai, L. (2003). Models and techniques of computer supported cooperative conceptual design. *Integrated Manufacturing Systems*, 14(6), 530-536.
- Sugiharto, A. I., & Trihastuti, D. (Des 2013, Vol 2 No.2). Analisis Perbaikan Postur dan Metode Kerja untuk Mengurangi Kelelahan Muskuloskeletal di PT.XYZ Surabaya. *Gema Aktualita*, 98-106.
- Susanto, A. (2014). Perancangan Meja Kerja untuk Alat Pres Plastik yang Ergonomis Menggunakan Metode Rasional dan Pendekatan Anthropometri. Fakultas Teknik Industri Dian Nuswantoro Semarang, 1- 13.
- Sutalaksana, I. Z. (2006). Teknik Perancangan Sistem Kerja. Bandung: ITB
- Tarwaka, HA, S., & Sudiajeng, L. (2004). Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas. Surakarta: Uniba Press.
- Tuhumena, R., Soenoko, R., & Wahyudi, S. (2014). Perancangan Fasilitas kerja Proses Pengelasan yang Ergonomis (Studi Kasus pada Bengkel PT Aji Batara Perkasa). *Journal of Engineering and Management in Industrial System*, 2(2).
- Wang, H. (2006). U.S. Patent No. 7,040,206. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office
- Wibowo, A. A. (2011). Material dan Kontruksi Kayu. Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan UPI.
- Wignjosoebroto, S., Dewi, D. S., & Praptama, D. A. (2004). Perancangan Ulang Stasiun Kerja pada Ruang Kemudi Crane.
- Wignjosoebroto, S., Rahman, A., & Pramono, D. (2006). Perancangan Lingkungan Kerja dan Alat Bantu yang Ergonomis untuk Mengurangi Masalah Back Injury dan Tingkat Kecelakaan Kerja pada Departemen Mesin Bubut. *Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)*. Surabaya.
- Wignjosoebroto, Sritomo., Gunani, Sri., Pawennari A.. (2010). Analisis Ergonomi Terhadap Rancangan Fasilitas Kerja Pada Stasiun Kerja Di Bagian Skiving Dengan Antropometri Orang Indonesia (Studi Kasus Di Pabrik Vulkanisir Ban).

Wulandari Putri, P. D., & Griadhi, I. (2016). Perbaikan Stasiun Kerja Menurunkan Aktivitas Listrik Otot dan Keluhan Muskuloskeletal pada Perajin Ukir Kayu di Desa Batuan Gianyar Bali. *E-Jurnal Medika Udayana*, 5(1).

Yeow, P. H., & Sen, R. N. (2006). Productivity and quality improvements, revenue increment, and rejection cost reduction in the manual component insertion lines through the application of ergonomics. *International journal of industrial ergonomics*, 36(4), 367-377.

Zare, M., Bodin, J., Cercier, E., Brunet, R., & Roquelaure, Y. (2015). Evaluation of ergonomic approach and musculoskeletal disorders in two different organizations in a truck assembly plant. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 50, 34-42.



## Lampiran

### Lampiran 1. Gambar Produk Western Digital

Internal Dekstop Drive (WD Blue, WD Green, WD Black, WD Red, WD Purple)



My Book – My Book Thunderbolt



My Passport Pro – My Passport Ultra – My Passport AV-TV



WD Sentinel DS6100





WD TV – WD Elements Play



My Cloud Mirror – My Cloud EX 4



## Lampiran 2. Kuesioner *Nordic Body Map*

### Kuesioner

Pelaksanaan Tugas Akhir Analisis Biomekanika dan Postur Kerja pada *CO<sub>2</sub> Process* membutuhkan pengambilan data dengan instrumen kuesioner. Responden dari Kuesioner ini adalah operator *CO<sub>2</sub> Process* di Western Digital (Thailand) Co., Ltd, untuk itu saya:

Nama : Andreas Lelu Bastian

NIM : 120606926

Program Studi : Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Membutuhkan bantuan saudara dalam pengisian kuesioner guna mengetahui keluhan nyeri yang dialami bagian tubuh operator *CO<sub>2</sub> Process*. Atas perhatian saudara saya ucapkan terima kasih.

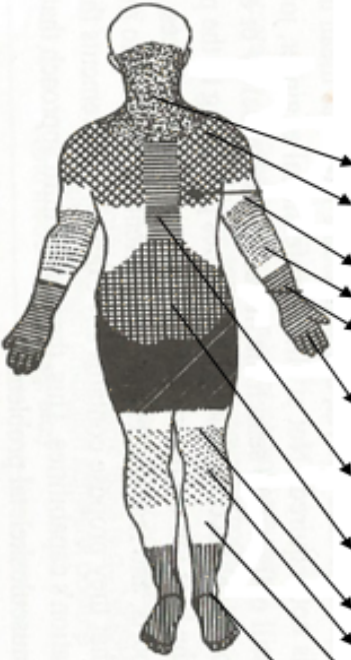
Nama Responden :

Berilah tanda (X) pada pilihan yang dianggap benar

1. Jenis Kelamin  
A. Pria      B. Perempuan
2. Usia Anda Sekarang.....
3. Berapa lama bekerja di Western Digital (Thailand) Co., Ltd .....

### Standardized Nordic Questionnaire for Analysis of Musculoskeletal Symptoms

Cara mengisi kuesioner: Jawab dengan cara memberi tanda silang pada kotak yang disediakan-1 tanda silang tiap 1 pertanyaan. Dimohon untuk menjawab seluruh pertanyaan meskipun belum pernah mengalami masalah di bagian tubuh tertentu. Terdapat gambar posisi bagian tubuh yang menunjukkan bagian yang ditanyakan dalam kuesioner.



No	Apakah anda setiap saat selama 12 bulan terakhir mengalami keluhan di bagian tubuh dibawah ini?:	Diisi bagi yang memiliki keluhan	
		Apakah anda selama 12 bulan terakhir telah mengantisipasi keluhan tersebut?	Apakah anda selama 7 hari terakhir ini masih mengalami keluhan tersebut?
1	Leher [ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak
2	Pundak [ ] Kiri [ ] Kanan [ ] Keduanya	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak
3	Lengan Atas [ ] Kiri [ ] Kanan [ ] Keduanya	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak
4	Siku tangan [ ] Kiri [ ] Kanan [ ] Keduanya	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak
5	Lengan Bawah [ ] Kiri [ ] Kanan [ ] Keduanya	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak
6	Telapak Tangan [ ] Kiri [ ] Kanan [ ] Keduanya	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak
7	Punggung atas [ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak
8	Punggung bawah [ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak
9	Paha [ ] Kiri [ ] Kanan [ ] Keduanya	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak
10	Lutut [ ] Kiri [ ] Kanan [ ] Keduanya	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak
11	Betis [ ] Kiri [ ] Kanan [ ] Keduanya	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak
12	Angkel/ telapak kaki [ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak	[ ] Ya [ ] Tidak

**Rekapitulasi keluhan selama 12 bulan terakhir dari 8 Pekerja (pertanyaan 1)**

No.	Keluhan segmen tubuh	Jumlah Operator yang Mengeluhkan Sakit
1	Lengan bawah kanan	4
2	Lengan bawah kiri	4
3	Telapak Tangan kanan	4
4	Telapak Tangan kiri	4

**Rekapitulasi antisipasi keluhan selama 12 bulan terakhir (pertanyaan 2)**


No.	Keluhan segmen tubuh	Jumlah Operator yang Mengeluhkan Sakit	Jumlah Operator yang Mengantisipasi Keluhan	Jumlah Operator yang tidak Mengantisipasi Keluhan
1	Lengan bawah kanan	4	4	0
2	Lengan bawah kiri	4	4	0
3	Telapak Tangan kanan	4	4	0
4	Telapak Tangan kiri	4	4	0

**Rekapitulasi keluhan selama selama 7 hari terakhir dari 8 Pekerja (pertanyaan 3)**

No.	Keluhan segmen tubuh	Operator				Jumlah Operator yang Mengeluhkan Sakit
		1	2	3	4	
1	Lengan bawah kanan	s	s	s	s	4
2	Lengan bawah kiri	s	s	s	s	4
3	Telapak Tangan kanan	s	s	s	s	4
4	Telapak Tangan kiri	s	s	s	s	4

Keterangan : s = sakit; ts= tidak sakit

# Lampiran 3. Lembar Penilaian RULA



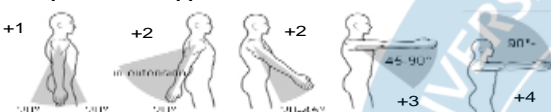
## RULA Employee Assessment Worksheet

Task Name: \_\_\_\_\_  
 Date: \_\_\_\_\_

---

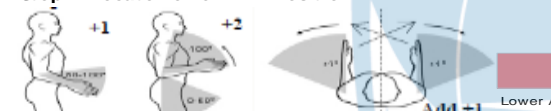
### A. Arm and Wrist Analysis

**Step 1: Locate Upper Arm Position:**



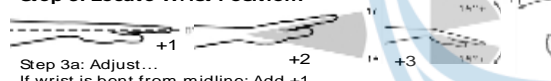
Step 1a: Adjust...  
 If shoulder is raised: +1  
 If upper arm is abducted: +1  
 If arm is supported or person is leaning: -1

**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.

### Scores


Table A		Wrist Score			
		1	2	3	4
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
		1	2	3	4
		5	6	7	8

Table C		Neck, Trunk, Leg Score							
Wrist / Arm Score	1	2	3	4	5	6	7	8	
	1	1	2	3	4	5	6	7	8
	2	2	2	3	4	5	6	7	8
	3	3	3	3	4	5	6	7	8
	4	3	3	3	4	5	6	7	8
	5	4	4	4	5	6	7	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7	7	

**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


### 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.

Posture Score A:

Muscle Use Score:

Force / Load Score:

Wrist & Arm Score:

RULA Score:

Neck Score:

Trunk Score:

Leg Score:

Posture B Score:

Muscle Use Score:

Force / Load Score:

Neck, Trunk, Leg Score:

### Lampiran 4. Uji Keseragaman dan Kecukupan Data

#### Data Test

Description : Process time VCM before Improvement

Description	%	Value
Confidence Level	95	2
Detail Level	5	0.05
K/S		40

Subgroup average table

Number Subgroup =  $1 + 3.3 \log n$   
 Data (n) = 30  
 Number Subgroup = 5.8745 ≈ 6

Subgroup	Data (Xi)					Average	Description
1	218.00	218.80	218.80	218.80	218.81	218.642	Uniform
2	218.80	218.82	218.81	218.82	218.82	218.814	Uniform
3	218.81	218.84	218.82	218.82	218.82	218.822	Uniform
4	218.83	218.83	218.83	218.84	218.84	218.834	Uniform
5	218.85	218.90	218.90	218.90	218.89	218.888	Uniform
6	218.90	218.90	219.00	219.00	218.90	218.94	Uniform
<b>Subgroup Total Average</b>						<b>1312.94</b>	
<b>Total Xi</b>						<b>6564.7</b>	
<b>Total Xi<sup>2</sup></b>						<b>43095286.1</b>	

(Xi) <sup>2</sup>				
47524	47873.44	47873.44	47873	47877.816
47873.44	47882.19	47877.82	47882	47882.1924
47877.82	47890.95	47882.19	47882	47882.1924
47886.57	47886.57	47886.57	47891	47890.9456
47895.32	47917.21	47917.21	47917	47912.832
47917.21	47917.21	47961	47961	47917.21
<b>Total (Xi)<sup>2</sup></b>				<b>1436510.32</b>

Subgroup Average Value 218.8233  
 Standard Deviation 0.164471

#### DATA UNIFORMITY TEST

Avg Stdv 0.073553  
 Lower Control Limit 218.6027  
 Upper Control Limit 219.044  
 Description : Uniform

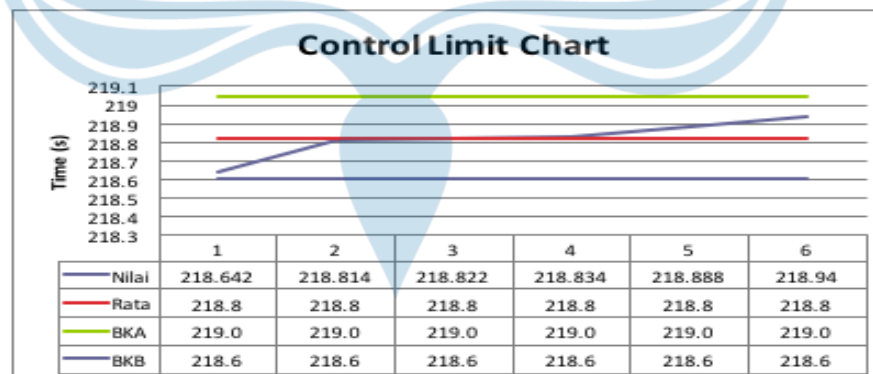
#### DATA SUFFICIENT TEST

N' 0.000874  
 Description : Data Sufficient

#### Percentile Value

Percentile 5% 218.8  
 Percentile 95% 218.955

Control Limit Chart



## Data Test

Description : Process time VCM (Improvement)

Description	%	Nilai
Confidence Level	95	2
Detail Level	5	0.05
K/S		40

Subgroup average table

Number Subgroup =  $1 + 3.3 \log n$

Data (n) = 30

Number Subgroup = 5.8745 ≈ 6

Subgroup	Data (Xi)						Average	Description
1	200.00	200.00	200.00	200.40	200.45		200.17	Uniform
2	200.41	200.40	200.39	200.31	200.35		200.372	Uniform
3	200.37	200.40	200.40	200.40	200.00		200.314	Uniform
4	200.40	200.30	200.40	200.50	200.40		200.4	Uniform
5	200.30	200.40	200.50	200.30	200.50		200.4	Uniform
6	200.30	200.40	200.40	200.40	200.50		200.4	Uniform
Subgroup Total Average							1202.056	
Total Xi							6010.28	
Total Xi <sup>2</sup>							36123465.7	

(Xi) <sup>2</sup>					
40000	40000	40000	40160	40180.2025	
40164.17	40160.16	40156.15	40124	40140.1225	
40148.14	40160.16	40160.16	40160	40000	
40160.16	40120.09	40160.16	40200	40160.16	
40120.09	40160.16	40200.25	40120	40200.25	
40120.09	40160.16	40160.16	40160	40200.25	
Total (Xi) <sup>2</sup>					1204116.16

Subgroup Average Value      200.3427  
Standard Deviation            0.148043

### DATA UNIFORMITY TEST

Avg Stdv                            0.066207  
Lower Control Limit            200.144  
Upper Control Limit            200.5413  
Description :                      **Uniform**

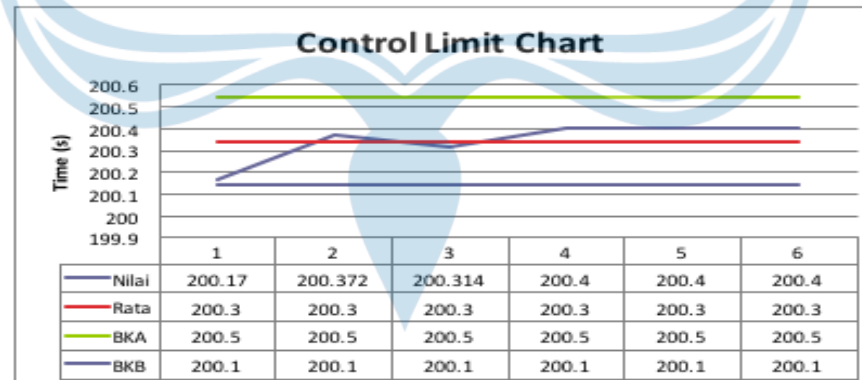
### DATA SUFFICIENT TEST

N'                                        0.000845  
Description :                        **Data Sufficient**

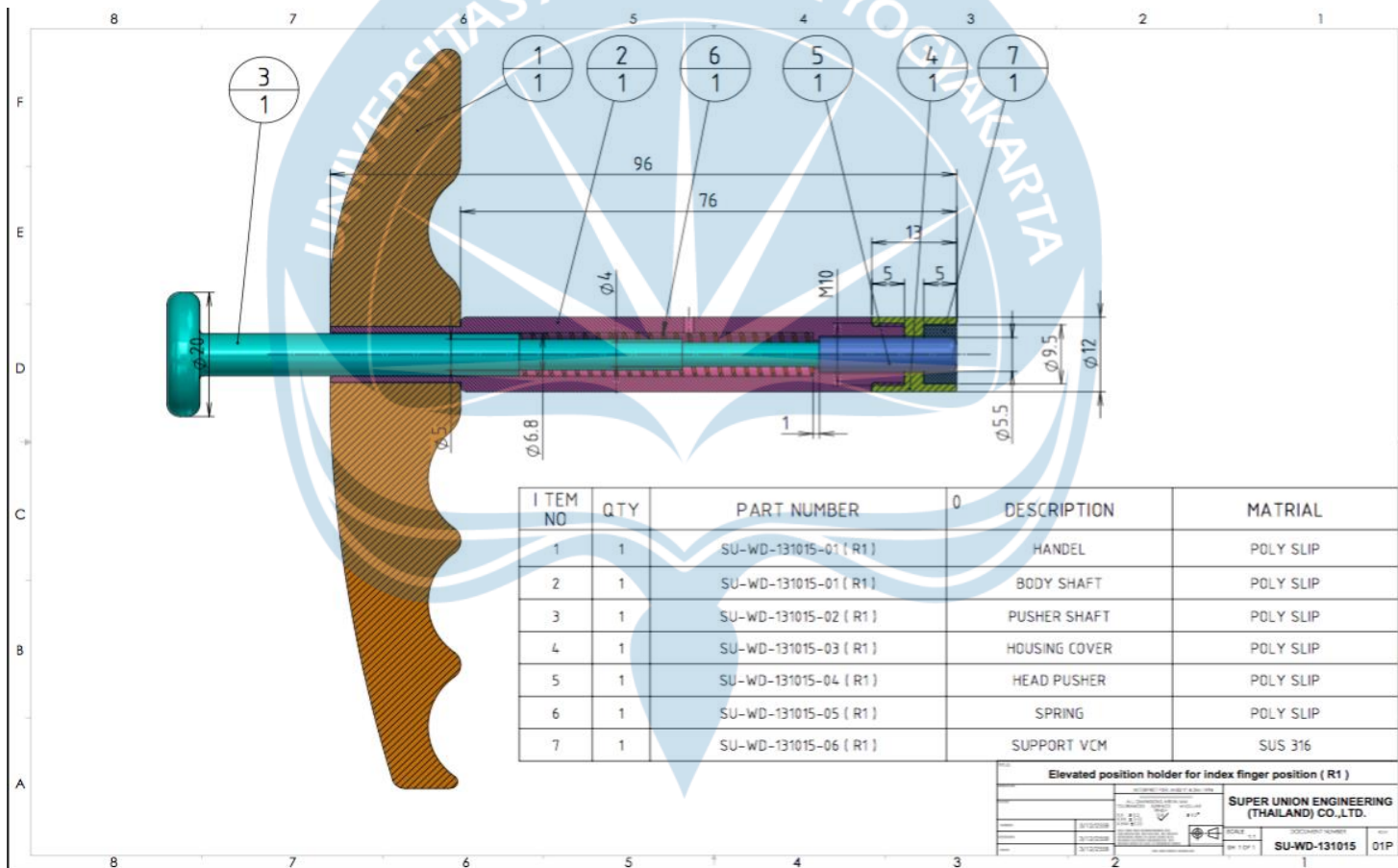
### Percentile Value

Percentile 5%                    200  
Percentile 95%                  200.5

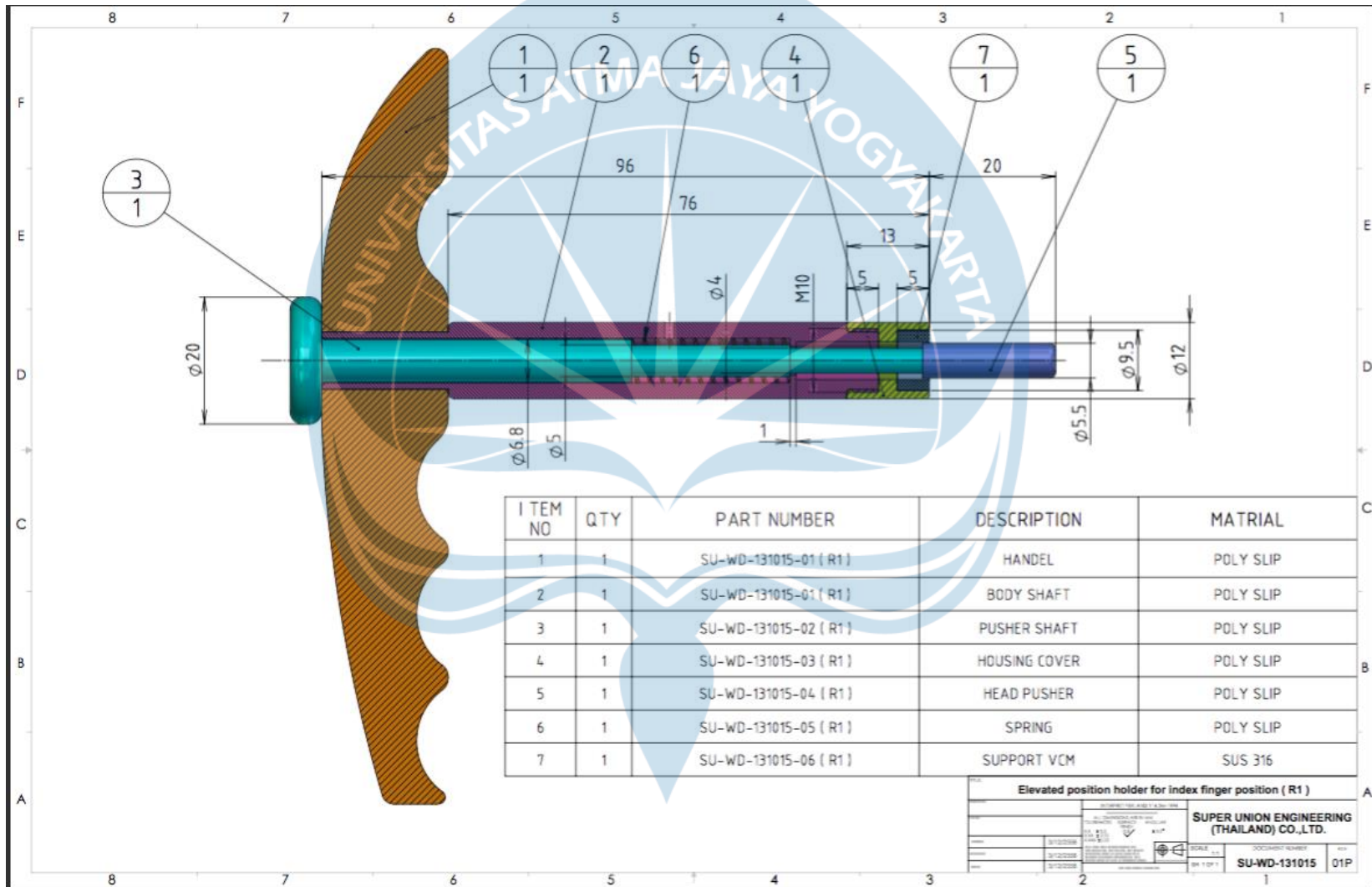
Control Limit Chart



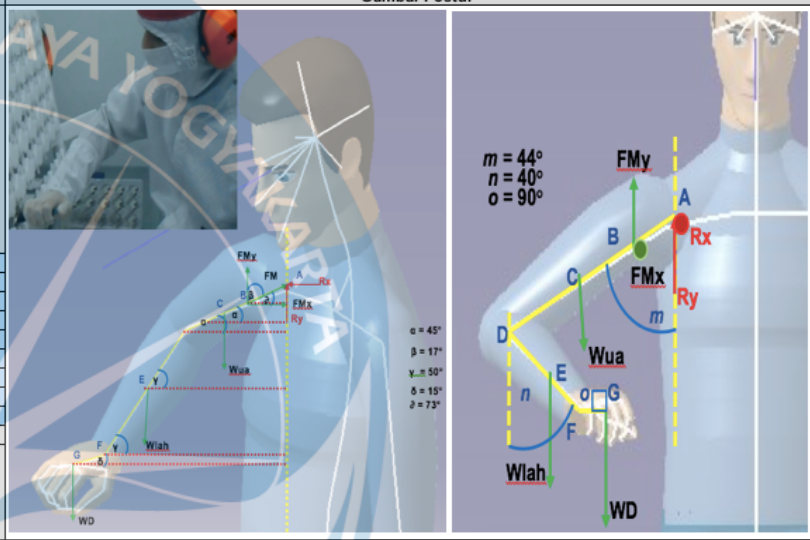
Lampiran 5. Gambar Teknik VCM *Hand Tool 2*







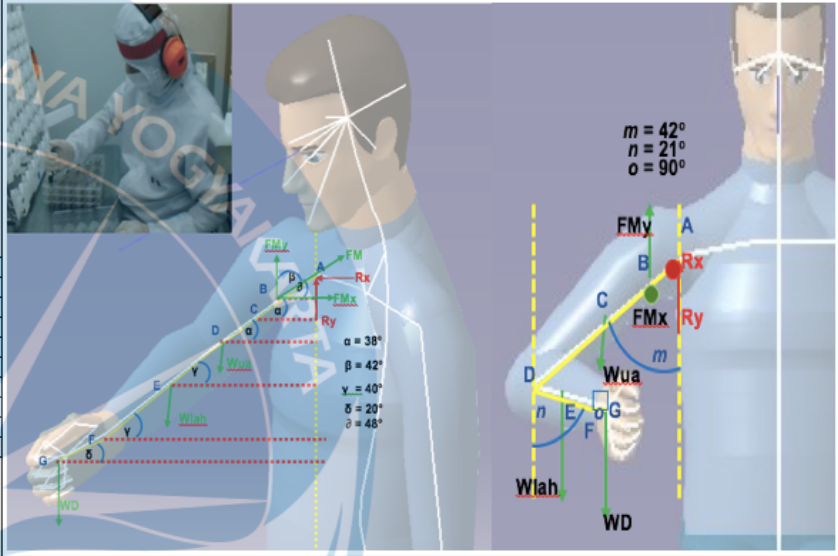
## Lampiran 6. Detail Perhitungan Biomekanika

Proses : Load - Unload VCM - Pallet		Tanggal : 29-Sep-15	
Deskripsi : Proses pemindahan VCM dari/ke Pallet			
Ket. Tambahan : sebelum Perbaikan			
<b>Data</b>			
Simbol	Deskripsi	Nilai	Satuan
W	Berat Operator	656.6	Newton
Mvcm+vcmht	Massa VCM + VCM HT	0.222	Newton
WD	Berat VCM + VCM HT	2.1756	Newton
Wua	Berat Upper Arm	0.03	Newton
Wlah	Berat Lowe Arm	0.02	Newton
H	Tinggi Operator	1.72	meter
AB	Panjang titik cartilage ke titik deltoid	0.1376	meter
AC	Panjang titik cartilage ke titik berat upper arm	0.2236	meter
AD	Panjang titik cartilage ke titik olecranon	0.344	meter
DF	Panjang titik olecranon ke titik ganglion	0.3096	meter
DE	Panjang titik olecranon ke titik berat lower arm	0.1548	meter
FG	Panjang titik ganglion ke titik tengah telapak tangan	0.0344	meter
$\alpha$	Sudut proyeksi horizontal garis AC dan AD	45	derajat
$\beta$	Sudut proyeksi vertikal FM	45	derajat
$\gamma$	Sudut proyeksi horizontal garis DE dan DF	50	derajat
$\delta$	Sudut proyeksi horizontal garis FG	15	derajat
$\theta$	Sudut proyeksi vertikal FM	73	derajat
m	Sudut proyeksi vertikal upper arm (Proyeksi depan)	44	derajat
n	Sudut proyeksi vertikal lower arm (Proyeksi depan)	40	derajat
o	Sudut proyeksi garis vertikal FG	90	derajat
<b>Tujuan</b>			
Fmy	Gaya FM di sumbu y	?	Newton
FMx	Gaya FM di sumbu x	?	Newton
FM	Gaya Otot Deltoid	?	Newton
Rx	Gaya reaksi di sumbu x	?	Newton
Ry	Gaya reaksi di sumbu y	?	Newton
<b>Perhitungan Manual</b>			
$\sin(\theta) = \frac{Fmy}{FM} \rightarrow Fmy = FM \cdot \sin(\theta)$ $\cos(\theta) = \frac{FMx}{FM} \rightarrow FMx = FM \cdot \cos(\theta)$ $\sin(\beta) = \frac{Fmx}{FM} \rightarrow Fmx = FM \cdot \sin(\beta)$ $\cos(\beta) = \frac{Fmy}{FM} \rightarrow Fmy = FM \cdot \cos(\beta)$	$\sum Fy = 0$ $FMy + Ry - Wua - Wlah - WD = 0$ $(FM \cdot \sin(\theta)) + Ry - Wua - Wlah - WD = 0$ $Ry = Wua + Wlah + WD - (FM \cdot \sin(\theta)) = -26,39206437 N$	$\sum MA = 0$ $(FM \cdot \sin(\theta) \cdot ((AB \cdot \cos(\theta)) \cdot \cos(m)) + (FM \cdot \cos(\theta) \cdot AB \cdot \cos(\theta)) - (Wua \cdot ((AC \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m))) - (Wlah \cdot ((DE \cdot \cos(\gamma)) \cdot \cos(n)) + ((AD \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m))) - (WD \cdot ((FG \cdot \cos(\delta)) \cdot \cos(o)) + ((DF \cdot \cos(\gamma)) \cdot \cos(n)) + ((AD \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m))) = 0$	 <p> <math>m = 44^\circ</math>  <math>n = 40^\circ</math>  <math>o = 90^\circ</math>  <math>\alpha = 45^\circ</math>  <math>\beta = 11^\circ</math>  <math>\gamma = 50^\circ</math>  <math>\delta = 15^\circ</math>  <math>\theta = 73^\circ</math> </p>
$\sum Fx = 0$ $FMx - Rx = 0$ $(FM \cdot \cos(\theta)) - Rx = 0$ $Rx = (FM \cdot \cos(\theta)) = 59,22037831 N$	$0,039436995FM = 3,302858684$ $FM = 83,74749717 N$		
<b>Kesimpulan</b>			
Fmy	Gaya FM di sumbu y	2.31769357	Newton
FMx	Gaya FM di sumbu x	0.98505607	Newton
FM	Gaya Otot Deltoid	83.7474972	Newton
Rx	Gaya reaksi di sumbu x	59.2184232	Newton
Ry	Gaya reaksi di sumbu y	-26.390109	Newton
<b>Perhitungan Excel</b>			
Fmy	Gaya FM di sumbu y	2.31769357	Newton
FMx	Gaya FM di sumbu x	0.98505607	Newton
FM	Gaya Otot Deltoid	83.7474972	Newton
Rx	Gaya reaksi di sumbu x	59.2184232	Newton
Ry	Gaya reaksi di sumbu y	-26.390109	Newton

Spv Approval

Proses : Load - Unload VCM - Pallet				Tanggal : 29-Sep-15			
Deskripsi : Proses pemindahan VCM dari/ke Pallet							
Ket. Tambahan : setelah Perbaikan							
<b>Data</b>				<b>Gambar Postur</b>			
Simbol	Deskripsi	Nilai	Satuan				
W	Berat Operator	656.6	Newton				
Mvcm+vcmt	Massa VCM + VCM HT	0.19	Newton				
WD	Berat VCM + VCM HT	1.862	Newton				
Wua	Berat Upper Arm	0.03	Newton				
Wlah	Berat Lowe Arm	0.02	Newton				
H	Tinggi Operator	1.72	meter				
AB	Panjang titik cartilage ke titik deltoid	0.1376	meter				
AC	Panjang titik cartilage ke titik berat upper arm	0.2236	meter				
AD	Panjang titik cartilage ke titik olecranon	0.344	meter				
DF	Panjang titik olecranon ke titik tengah telapak tangan	0.3096	meter				
DE	Panjang titik olecranon ke titik berat lower arm	0.1548	meter				
$\alpha$	Sudut proyeksi horizontal garis FM, DE, dan DF	46	derajat			Sin	Cos
$\beta$	Sudut proyeksi vertikal FM	44	derajat			0.71934	0.694658
$\delta$	Sudut proyeksi horizontal garis AB	3	derajat			0.69466	0.71934
$\mu$	Sudut proyeksi horizontal garis AC dan AD	8	derajat	0.05234	0.99863		
m	Sudut proyeksi horizontal garis AC dan AD	46	derajat	0.13917	0.990268		
n	Sudut proyeksi horizontal garis AC dan AD	80	derajat	0.71934	0.694658		
$\mu$	Sudut proyeksi horizontal garis AC dan AD			0.98481	0.173648		
<b>Tujuan</b>							
Fmy	Gaya FM di sumbu y	?	Newton				
FMx	Gaya FM di sumbu x	?	Newton				
FM	Gaya Otot Deltoid	?	Newton				
Rx	Gaya reaksi di sumbu x	?	Newton				
Ry	Gaya reaksi di sumbu y	?	Newton				
<b>Perhitungan Manual</b>							
$\sin(\alpha) = \frac{F_{my}}{F_m} \rightarrow F_{my} = F_m \cdot \sin(\alpha)$				$\sum MA = 0$			
$\cos(\alpha) = \frac{F_{mx}}{F_m} \rightarrow F_{mx} = F_m \cdot \cos(\alpha)$				$((F_m \cdot \cos(\alpha)) \cdot ((AB \cdot \cos(\delta)) + \cos(m))) + (F_m \cdot \sin(\alpha) \cdot AB \cdot \cos(\delta)) - (W_{ua} \cdot ((AC \cdot \cos(\mu)) + \cos(m)) - (W_{lah} \cdot ((DE \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(n)) + (AD \cdot \cos(\mu) \cdot \cos(m)))) - ((WD \cdot ((DF \cdot \cos(\alpha)) + \cos(n)) + (AD \cdot \cos(\mu)) \cdot \cos(m))) = 0$			
$\sin(\beta) = \frac{F_{mx}}{F_m} \rightarrow F_{mx} = F_m \cdot \sin(\beta)$				$((F_m \cdot \cos(\alpha)) \cdot ((AB \cdot \cos(\delta)) \cdot \cos(m))) + (F_m \cdot \sin(\alpha) \cdot AB \cdot \cos(\delta)) = (W_{ua} \cdot ((AC \cdot \cos(\mu)) \cdot \cos(m)) + (W_{lah} \cdot ((DE \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(n)) + (AD \cdot \cos(\mu) \cdot \cos(m)))) + ((WD \cdot ((DF \cdot \cos(\alpha)) + \cos(n)) + (AD \cdot \cos(\mu)) \cdot \cos(m)))$			
$\cos(\beta) = \frac{F_{my}}{F_m} \rightarrow F_{my} = F_m \cdot \cos(\beta)$				$0,164117854F_m = 6,382361919$			
$\sum F_x = 0$				$F_m = 38,88889451 \text{ N}$			
$F_{mx} - R_x = 0$							
$(F_m \cdot \cos(\alpha)) - R_x = 0$							
$R_x = (F_m \cdot \cos(\alpha)) = 27,01449609 \text{ N}$							
$\sum F_y = 0$							
$F_{my} + R_y - W_{ua} - W_{lah} - WD = 0$							
$(F_m \cdot \sin(\alpha)) + R_y - W_{ua} - W_{lah} - WD = 0$							
$R_y = W_{ua} + W_{lah} + WD - (F_m \cdot \sin(\alpha)) = 4,85350664 \text{ N}$							
<b>Kesimpulan</b>				<b>Perhitungan Excel</b>			
Fmy	Gaya FM di sumbu y	2.67026	Newton	Fmy	Gaya FM di sumbu y	2.67026	Newton
FMx	Gaya FM di sumbu x	3.7121	Newton	FMx	Gaya FM di sumbu x	3.7121	Newton
FM	Gaya Otot Deltoid	38.8889	Newton	FM	Gaya Otot Deltoid	38.8889	Newton
Rx	Gaya reaksi di sumbu x	27.0145	Newton	Rx	Gaya reaksi di sumbu x	27.0145	Newton
Ry	Gaya reaksi di sumbu y	4.85351	Newton	Ry	Gaya reaksi di sumbu y	4.85351	Newton
<b>Spv Approval</b>							

Proses : Load - Unload VCM - Tray		Tanggal : 29-Sep-15	
Deskripsi : Proses pemindahan VCM dari/ke Tray			
Ket. Tambahan : sebelum Perbaikan			
<b>Data</b>		<b>Gambar Postur</b>	
Simbol	Deskripsi	Nilai	Satuan
W	Berat Operator	656.6	Newton
Mvcm+vcmht	Massa VCM + VCM HT	0.222	Newton
WD	Berat VCM + VCM HT	2.1756	Newton
Wua	Berat Upper Arm	0.03	Newton
Wlah	Berat Lowe Arm	0.02	Newton
H	Tinggi Operator	1.72	meter
AB	Panjang titik cartilage ke titik deltoid	0.1376	meter
AC	Panjang titik cartilage ke titik berat upper arm	0.2236	meter
AD	Panjang titik cartilage ke titik olecranon	0.344	meter
DF	Panjang titik olecranon ke titik ganglion	0.3096	meter
DE	Panjang titik olecranon ke titik berat lower arm	0.1548	meter
FG	Panjang titik ganglion ke titik tengah telapak tangan	0.0344	meter
		Sin	Cos
$\alpha$	Sudut proyeksi horizontal garis AC dan AD	38	derajat
$\beta$	Sudut proyeksi vertikal FM	42	derajat
$\gamma$	Sudut proyeksi horizontal garis DE dan DF	40	derajat
$\delta$	Sudut proyeksi horizontal garis FG	20	derajat
$\theta$	Sudut proyeksi vertikal FM	48	derajat
m	Sudut proyeksi vertikal FM	42	derajat
n	Sudut proyeksi vertikal FM	21	derajat
o	Sudut proyeksi vertikal FM	90	derajat
<b>Tujuan</b>			
Fmy	Gaya FM di sumbu y	?	Newton
FMx	Gaya FM di sumbu x	?	Newton
FM	Gaya Otot Deltoid	?	Newton
Rx	Gaya reaksi di sumbu x	?	Newton
Ry	Gaya reaksi di sumbu y	?	Newton
<b>Perhitungan Manual</b>			
$\sin(\theta) = \frac{F_{my}}{F_m} \rightarrow F_{my} = F_m \cdot \sin(\theta) \quad \sum MA = 0$ $\cos(\theta) = \frac{F_{mx}}{F_m} \rightarrow F_{mx} = F_m \cdot \cos(\theta) \quad ((F_m \cdot \sin(\theta)) \cdot ((AB \cdot \cos(\delta)) \cdot \cos(m)) + (FM \cdot \cos(\delta) \cdot AB \cdot \cos(\delta)) - (Wua \cdot ((AC \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m))) - (Wlah$ $\sin(\beta) = \frac{F_{mx}}{F_m} \rightarrow F_{mx} = F_m \cdot \sin(\beta) \quad + ((DE \cdot \cos(\gamma)) \cdot \cos(n)) + ((AD \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m)) - (WD \cdot ((FG \cdot \cos(\delta))$ $\cos(\beta) = \frac{F_{my}}{F_m} \rightarrow F_{my} = F_m \cdot \cos(\beta) \quad + \cos(\alpha) + ((DF \cdot \cos(\gamma)) \cdot \cos(n)) + ((AD \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m)) = 0$ $\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0$ $FMx - Rx = 0 \quad (FMy) + Ry - Wua - Wlah - WD = 0$ $(FM \cdot \cos(\delta)) - Rx = 0 \quad (FM \cdot \sin(\delta)) + Ry - Wua - Wlah - WD = 0$ $Rx = (FM \cdot \cos(\delta)) = 46,79986682 \text{ N} \quad Ry = Wua + Wlah + WD - (FM \cdot \sin(\delta)) = -3,736227013 \text{ N}$			
<b>Kesimpulan</b>		<b>Perhitungan Excel</b>	
Fmy	Gaya FM di sumbu y	3.01983182	Newton
FMx	Gaya FM di sumbu x	3.65886795	Newton
FM	Gaya Otot Deltoid	59.3890682	Newton
Rx	Gaya reaksi di sumbu x	46.7992244	Newton
Ry	Gaya reaksi di sumbu y	-3.73572508	Newton
Fmy	Gaya FM di sumbu y	3.01983182	Newton
FMx	Gaya FM di sumbu x	3.65886795	Newton
FM	Gaya Otot Deltoid	59.3890682	Newton
Rx	Gaya reaksi di sumbu x	46.7992244	Newton
Ry	Gaya reaksi di sumbu y	-3.73572508	Newton
<b>Spv Approval</b>			

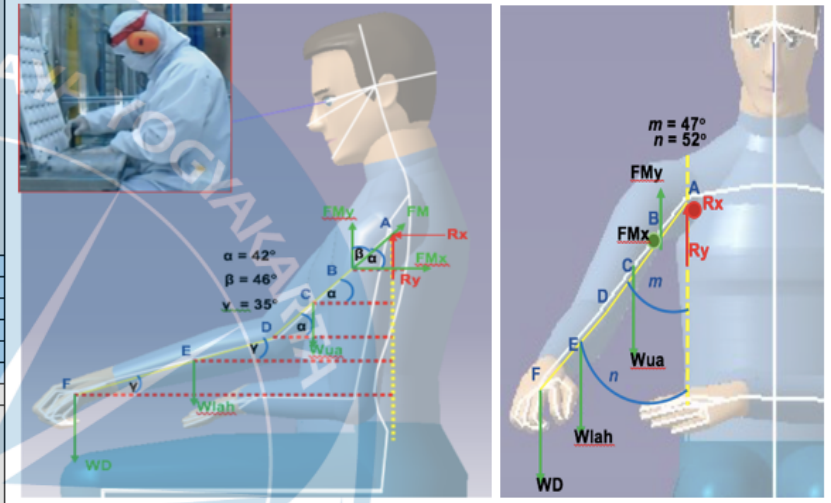


Proses : Load - Unload VCM - Tray  
 Deskripsi : Proses pemindahan VCM dari/ke Tray  
 Ket. Tambahan : setelah Perbaikan

Tanggal : 29-Sep-15

Simbol	Deskripsi	Nilai	Satuan		
W	Berat Operator	656.6	Newton		
Mvcm+vcmht	Massa VCM + VCM HT	0.19	Newton		
WD	Berat VCM + VCM HT	1.862	Newton		
Wua	Berat Upper Arm	0.03	Newton		
Wlah	Berat Lowe Arm	0.02	Newton		
H	Tinggi Operator	1.72	meter		
AB	Panjang titik cartilage ke titik deltoid	0.1376	meter		
AC	Panjang titik cartilage ke titik berat upper arm	0.2236	meter		
AD	Panjang titik cartilage ke titik olecranon	0.344	meter		
DF	Panjang titik olecranon ke titik tengah telapak tangan	0.344	meter		
DE	Panjang titik olecranon ke titik berat lower arm	0.1548	meter		
		Sin	Cos		
$\alpha$	Sudut proyeksi horizontal garis FM, AC, dan AD	42	derajat	0.669130606	0.743144825
$\beta$	Sudut proyeksi vertikal FM	46	derajat	0.7193398	0.69465837
$\gamma$	Sudut proyeksi horizontal garis DE dan DF	35	derajat	0.573576436	0.819152044
m	Sudut proyeksi horizontal garis DE dan DF	47	derajat	0.731353702	0.68199836
n	Sudut proyeksi horizontal garis DE dan DF	52	derajat	0.788010754	0.615661475

Gambar Postur



**Perhitungan Manual**

$$\sin(\alpha) = \frac{F_{my}}{F_m} \rightarrow F_{my} = F_m \cdot \sin(\alpha) \quad \sum MA = 0$$

$$\cos(\alpha) = \frac{F_{mx}}{F_m} \rightarrow F_{mx} = F_m \cdot \cos(\alpha) \quad ((F_m \cdot \sin(\alpha)) \cdot ((AB \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m))) + (F_m \cdot \cos(\alpha) \cdot AB \cdot \cos(\alpha)) - (W_{ua} \cdot ((AC \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m))) - (W_{lah} \cdot ((AD \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m)) + ((DE \cdot \cos(\gamma)) \cdot \cos(n)) - (WD \cdot ((DF \cdot \cos(\gamma)) \cdot \cos(n)) + ((AD \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m))) = 0$$

$$\sin(\beta) = \frac{F_{mx}}{F_m} \rightarrow F_{mx} = F_m \cdot \sin(\beta)$$

$$\cos(\beta) = \frac{F_{my}}{F_m} \rightarrow F_{my} = F_m \cdot \cos(\beta)$$

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0$$

$$(F_{mx}) - R_x = 0 \quad F_{my} + R_y - W_{ua} - W_{lah} - WD = 0$$

$$(F_m \cdot \cos(\beta)) - R_x = 0 \quad (F_m \cdot \sin(\alpha)) + R_y - W_{ua} - W_{lah} - WD = 0$$

$$R_x = (F_m \cdot \cos(\alpha)) = 33,6089829N \quad R_y = W_{ua} + W_{lah} + WD - (F_m \cdot \sin(\alpha)) = 2,566172128 N$$

$$((F_m \cdot \sin(\alpha)) \cdot ((AB \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m))) + (F_m \cdot \cos(\alpha) \cdot AB \cdot \cos(\alpha)) = (W_{ua} \cdot ((AC \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m))) + (W_{lah} \cdot ((AD \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m)) + ((DE \cdot \cos(\gamma)) \cdot \cos(n)) + (WD \cdot ((DF \cdot \cos(\gamma)) \cdot \cos(n)) + ((AD \cdot \cos(\alpha)) \cdot \cos(m)))$$


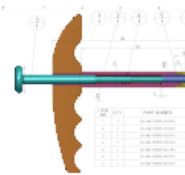
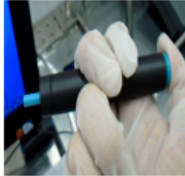
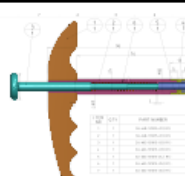
$$0,122656005 F_m = 5,547160419$$

$$F_m = 45,22534739 N$$

Kesimpulan			Perhitungan Excel				
Fmy	Gaya FM di sumbu y	2.110415797	Newton	Fmy	Gaya FM di sumbu y	2.110415797	Newton
Fmx	Gaya FM di sumbu x	3.436744622	Newton	Fmx	Gaya FM di sumbu x	3.436744622	Newton
FM	Gaya Otot Deltoid	45.22534739	Newton	FM	Gaya Otot Deltoid	45.22534739	Newton
Rx	Gaya reaksi di sumbu x	33.6089829	Newton	Rx	Gaya reaksi di sumbu x	33.6089829	Newton
Ry	Gaya reaksi di sumbu y	2.566172128	Newton	Ry	Gaya reaksi di sumbu y	2.566172128	Newton

Spv Approval

Lampiran 7. Tabel Kesimpulan Penelitian

Aktivitas	Postur Kerja	Skor RULA		Biomekanika (Newton)			Rerata Waktu Proses (detik)	Keluhan <i>Musculoskeletal</i> (operator)				Jumlah VCM <i>rejected</i> (unit/hari)	Desain VCM <i>Hand Tool</i>
		Kiri	Kanan	FM	RX	RY		Lengan Bawah Kanan	Lengan Bawah Kiri	Telapak Tangan Kanan	Telapak Tangan Kiri		
Load - Unload VCM to/from Tray	sebelum Perbaikan	4	6	59.3891	46.7992	-3.7357	219.45	4	4	4	4	23	
	setelah Perbaikan	4	4	45.2253	33.6090	2.5662	199.76	0	0	0	0	0	
	% Penurunan	0%	33%	24%	28%	169%	9%	100%	100%	100%	100%	100%	
Load - Unload VCM to/from Pallet	sebelum Perbaikan	4	6	83.7475	59.2184	-26.3901	219.45	4	4	4	4	23	
	setelah Perbaikan	4	4	38.8889	27.0145	4.8535	199.76	0	0	0	0	0	
	% Penurunan	0%	33%	54%	54%	118%	9%	100%	100%	100%	100%	100%	