

KODE/RUMPUN ILMU: 435 /TEKNIK INDUSTRI

B

**LAPORAN
PENELITIAN INTERNAL KELOMPOK MONODISIPLIN**



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

**ANALISIS ASPEK BIOMEKANIKA DAN POSTUR KERJA PADA PEKERJA
INDUSTRI KREATIF DI YOGYAKARTA**

**TEMA PENELITIAN UNIVERSITAS
Kearifan Lokal**

**TOPIK PENELITIAN UNIT
Ergonomi Fisiologi Kerja**

Ketua

**Maria Chandra Dewi K., S.T., M.T.
(NPP:03.97.618/NIDN: 0504017502)**

Laboratorium APK&Ergonomi
Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Maret 2018

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN INTERNAL KELOMPOK MONODISIPLIN		
1	Judul Proposal Penelitian	ANALISIS ASPEK BIOMEKANIKA DAN POSTUR KERJA PADA PEKERJA INDUSTRI KREATIF
2	Kata kunci	Biomekanika, postur kerja, industri kreatif
3	Jenis Penelitian	Lapangan
IDENTITAS PENELITI		
6	Nama Ketua Penelitian	Chandra Dewi K., ST.,MT..
	Jabatan/Golongan	Lektor Kepala/IV a
	NPP/NIDN	03.97.618 0504017502
	Bidang Keahlian	Teknik Industri
	Unit/Fakultas/Jurusan	Unit Jurusan/Program Studi
		Fakultas Teknologi Industri Teknik Industri
	Alamat Rumah	Semangkek Rt 01 Rw 03, Klaten Tengah, Klaten
	No. Telp/Faks/Email Ketua	0878 1260 5588 Email:candra_dewi@mail.uajy.ac.id
7	Mitra Kerjasama/Sasaran	Universitas Atma Jaya Yogyakarta
	Alamat Mitra	Jalan Babarsari 44 Depok Sleman Yogyakarta 55281
8	Waktu Pelaksanaan	September 2017 – Februari 2018
9	Dana yang diusulkan	Dana UAJY
		Rp. 12.810.000,00
	Jumlah Total	Rp. 12.810.000,00
	Terbilang	Dua Belas Juta Delapan Ratus Sepuluh Ribu Rupiah
10	Spesifikasi <i>outcome</i> pengabdian pada masyarakat	Paper dalam Jurnal Nasional <i>Atsya 16/4/2018</i>

Yogyakarta, April 2018



Mengetahui dan Menyetujui
Dekan FTI

[Signature]
DR. A. Teguh Siswanto, M.Sc.
NPP:09.93.464/NIDN:0521115901

Peneliti

[Signature]

Chandra Dewi K., ST., MT.
NPP:03.97.618/NIDN:0504017502



Mengetahui dan Menyetujui
Ketua LPPM

[Signature]
Dr. I Putu Sugiarta, S.E., M.Si., Ak., C.A.
NPP:12.94.528/NIDN:0524107001

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Ringkasan.....	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Landasan Teori	5
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	8
3.1. Ruang Lingkup dan Batasan	8
3.2. Tahapan Penelitian	8
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	11
4.1. Mengidentifikasi Kebutuhan Konsumen.....	11
4.2. Penentuan Karakteristik Ergonomi.....	12
4.3. Hasil Evaluasi Kebutuhan Pengguna pada Rancangan Fasilitas.....	24
4.4. Hasil Rancangan Fasilitas.....	30
BAB 5 KESIMPULAN.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	37

RINGKASAN

Potensi tumbuhnya industri kreatif di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) cukup tinggi. Di daerah ini banyak dijumpai sentra produksi berbagai kerajinan seni, budaya, wisata, didukung dengan pendidikan yang cukup banyak. Yogyakarta mempunyai banyak potensi yang harus terus dikembangkan sehingga menjadi sentra industri kreatif di Indonesia. Para pelaku industri kreatif di Yogyakarta luar biasa karena ada banyak dukungan serta kontribusi dari kalangan seni dan seniman, dunia pendidikan. Industri Kreatif dapat diartikan sebagai kumpulan aktivitas ekonomi yang terkait dengan penciptaan atau penggunaan pengetahuan dan informasi. Industri kreatif juga dikenal dengan nama lain Industri Budaya atau juga Ekonomi Kreatif. Kementerian Perdagangan Indonesia menyatakan bahwa Industri kreatif adalah industri yang berasal dari pemanfaatan kreativitas, keterampilan serta bakat individu untuk menciptakan kesejahteraan serta lapangan pekerjaan dengan menghasilkan dan mengeksplotasi daya kreasi dan daya cipta individu tersebut. Luaran yang dicapai pada penelitian ini adalah terwujudnya analisis postur kerja dan biomekanika pada pekerja di beberapa industri kreatif. Luaran yang lain adalah adanya publikasi ilmiah pada jurnal nasional. Sebelum dilakukan publikasi ilmiah maka, hasil penelitian ini akan diseminarkan di seminar nasional untuk mendapatkan masukan-masukan dari para peneliti, akademisi maupun praktisi.

Penelitian ini sejalan dengan Rencana Induk Pengembangan Penelitian RIPP Universitas Atma Jaya Yogyakarta 2017, tentang pengembangan topik kearifan lokal. Pada tahap lebih lanjut, topik penelitian universitas dijabarkan lebih rinci menjadi tema-tema penelitian yang direncanakan di level yang lebih operasional, yaitu fakultas (bahkan di tingkat) program studi yaitu tentang kearifan lokal. Kearifan lokal kaitannya dalam pengembangan teknologi industri.

Manfaat dari penelitian ini adalah mengangkat berbagai permasalahan dan kasus postur kerja dan biomekanika pada beberapa industri kreatif di Yogyakarta. Manfaat yang lain adalah hasil analisis postur kerja dan biomekanika akan membantu memetakan aktifitas pekerja di industri kreatif dan memberikan adanya saran bila ada keluhan muskuloskeletal yang dialami pekerja. Usulan rancangan perbaikan fasilitas/alat kerja sesuai dengan permasalahan postur kerja di masing-masing industri kreatif.

ANALISIS ASPEK BIOMEKANIKA DAN POSTUR KERJA PADA PEKERJA INDUSTRI KREATIF DI YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Kegiatan penelitian kelompok monodisiplin dengan judul “Analisis Aspek Biomekanika dan Postur Kerja pada Pekerja Industri Kreatif di Yogyakarta” telah dilaksanakan sebagai wujud dari dharma penelitian yang merupakan salah satu dharma dari Tri Dharma Perguruan Tinggi.

Kami ucapkan terima kasih atas dukungan yang diberikan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini, kepada:

1. Tuhan Yang maha Kuasa
2. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada masyarakat (LPPM) Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY)
3. Dekan Fakultas Teknologi Industri (FTI) UAJY
4. Semua pihak yang telah mendukung

Sebagai akhir kata, semoga kegiatan ini benar-benar memberikan manfaat yang berarti bagi perkembangan studi Teknik Industri dan Taman Kanak-Kanak pada khususnya.

Yogyakarta, Februari 2018

Tim Peneliti

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Potensi tumbuhnya industri kreatif di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) cukup tinggi. Di daerah ini banyak dijumpai sentra produksi berbagai kerajinan seni, budaya, wisata, didukung dengan pendidikan pendidikan yang cukup banyak. Yogyakarta mempunyai banyak potensi yang harus terus dikembangkan sehingga menjadi sentra industri kreatif di Indonesia. Para pelaku industri kreatif di Yogyakarta luar biasa karena ada banyak dukungan serta kontribusi dari kalangan seni dan seniman, dunia pendidikan (Anonim, 2005).

Industri Kreatif dapat diartikan sebagai kumpulan aktivitas ekonomi yang terkait dengan penciptaan atau penggunaan pengetahuan dan informasi. Industri kreatif juga dikenal dengan nama lain Industri Budaya atau juga Ekonomi Kreatif . Kementerian Perdagangan Indonesia menyatakan bahwa Industri kreatif adalah industri yang berasal dari pemanfaatan kreativitas, keterampilan serta bakat individu untuk menciptakan kesejahteraan serta lapangan pekerjaan dengan menghasilkan dan mengeksplotasi daya kreasi dan daya cipta individu tersebut. Perusahaan industri menurut Badan Pusat Statistik diklasifikasikan menjadi 4 golongan, yaitu industri besar dengan jumlah tenaga kerja 100 orang atau lebih, industri sedang dengan jumlah pekerja 20-99 orang, industri kecil dengan jumlah pekerja 5-19 orang dan industri rumah tangga dengan jumlah tenaga kerja kurang dari 5 orang. Perusahaan atau industri bertujuan untuk menghasilkan barang atau jasa dan terletak pada suatu lokasi tertentu serta terdapat seorang atau lebih yang bertanggung jawab atas perusahaan tersebut.

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) terdapat cukup banyak Industri manufaktur besar, sedang, mikro dan kecil. Salah satu industri yang terdapat di DIY adalah industri kerajinan kayu. Menurut data dari Badan Pusat Statistik Provinsi D.I. Yogyakarta industri kayu skala mikro dan kecil pada triwulan II tahun 2015 terhadap triwulan I tahun 2015 mengalami pertumbuhan positif sebesar 10,82 persen. Angka pertumbuhan ini juga sejalan dengan pertumbuhan produksi industri mikro dan kecil di tingkat nasional sebesar 5,09 persen.

Penelitian ini sejalan dengan Rencana Induk Pengembangan Penelitian RIPP Universitas Atma Jaya Yogyakarta 2017, tentang pengembangan topik kearifan lokal. Pada tahap lebih lanjut, topik penelitian unggulan universitas dijabarkan lebih rinci menjadi tema-tema penelitian yang direncanakan di level yang lebih operasional, yaitu fakultas (bahkan di tingkat) program studi yaitu tentang kearifan lokal juga. Kearifan lokal kaitannya dalam pengembangan teknologi industri.

Aktivitas pekerja pada Industri kreatif yang ada di Yogyakarta pada saat membuat kerajinan kreatif masih dilakukan secara manual. Kebanyakan pekerja mengalami beberapa keluhan muskuloskeletal pada waktu bekerja. Pekerja tersebut mengatakan merasakan sakit di daerah kaki dan punggung, maupun pada tangan. Pernyataan dari operator ini mendukung opini bahwa penyebab dari sakit yang dialami oleh operator yaitu diduga diakibatkan dari posisi kerja yang tidak sesuai dengan postur kerja yang seharusnya. Keluhan yang dialami pekerja, akan diobservasi lebih lanjut dengan dilakukan dokumentasi yaitu pengambilan foto dari postur kerja operator dan area kerja dari operator. Untuk merekam hasil dari observasi dilakukan pengumpulan hasil wawancara yang sudah disampaikan oleh operator maupun pemilik UMKM. Menurut Tichauer (1978) dalam Panero (2003), postur kerja duduk tidak baik dapat menyebabkan kurangnya aliran darah pada suatu daerah (ischemia), gangguan pada sirkulasi darah, menyebabkan nyeri, sakit dan rasa kebal (mati rasa). Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian otot skeletal yang dapat menyebabkan kerusakan pada sendi, ligamen, dan tendon apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam waktu lama (Tarwaka dkk, 2004). Analisis biomekanika diperlukan apabila pada postur kerja diobservasinya tidak baik. Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian otot skeletal yang dapat menyebabkan kerusakan pada sendi, ligamen, dan tendon apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam waktu lama (Tarwaka dkk, 2004).

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Bagaimanakah postur kerja dan biomekanika pekerja industri kreatif di Yogyakarta.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk menganalisis aspek postur kerja dan biomekanika pada pekerja industri kreatif di Yogyakarta.

1.4. MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan sebagai bentuk perhatian bagi dunia pendidikan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi beragam manfaat bagi berbagai pihak sebagai berikut:

1. Bagi lembaga pendidikan

Memberi kontribusi dan pemahaman mengenai aspek postur kerja dan biomekanika pada pekerja industri kreatif di Daerah Istimewa Yogyakarta.

2. Bagi Program Studi dan Keilmuan Teknik Industri

Mengimplementasikan pendekatan ergonomi fisiologi kerja sebagai salah satu pendekatan.

Adapun luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Hasil analisis postur kerja dan biomekanika akan membantu memetakan aktifitas pekerja di industri kreatif dan memberikan adanya saran bila ada keluhan muskuloskeletal yang dialami pekerja.
- Usulan rancangan perbaikan fasilitas/alat kerja sesuai dengan permasalahan postur kerja di masing-masing industri kecil.
- Publikasi artikel ilmiah dalam jurnal ilmiah nasional.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. TINJAUAN PUSTAKA

2.2. LANDASAN TEORI

2.2.1. Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyerasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004). Pengertian ergonomi menurut (Wignjosoebroto S. , 2004) dalam buku Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas oleh (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004) adalah Ergonomi yang seringkali juga disebut sebagai *Human Factor Engineering*, *Engineering Psychology*, dan sebagainya sebagai sebuah disiplin keilmuan meletakkan manusia pada titik pusat perhatiannya dalam sebuah sistem kerja dimana manusia terlibat didalamnya. Menurut (IB Adnyana Manuaba, 2004) dengan intervensi ergonomi biaya murah, kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja dapat ditingkatkan, dengan sendirinya produktivitas kerja meningkat dan sudah barang tentu keuntungan perusahaan juga akan meningkat.

Ergonomi adalah cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman, sehat, nyaman, dan efisien. (Sutalaksana, Z., Iftikar, 2006)

Tujuan dari ergonomi menurut (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004) adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.

- b. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif
- c. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

2.2.2. Biomekanika kerja

Occupational biomechanics adalah suatu disiplin ilmu dari interaksi fisik para pekerja dengan alat bantu kerja (*tools*), mesin-mesin, dan material-material dengan meminimasi dari risiko cedera (*musculoskeletal disorders*) yang dialami oleh pekerja (Chaffin, Andersson, & Martin, 1999). Menurut (Frankel & Nordin, 1999) biomekanika adalah suatu ilmu yang menggunakan hukum fisika-fisika dan konsep teknik untuk mendeskripsikan gerakan dengan berbagai bagian tubuh dan gaya dari bagian tubuh selama aktivitas dalam bekerja.

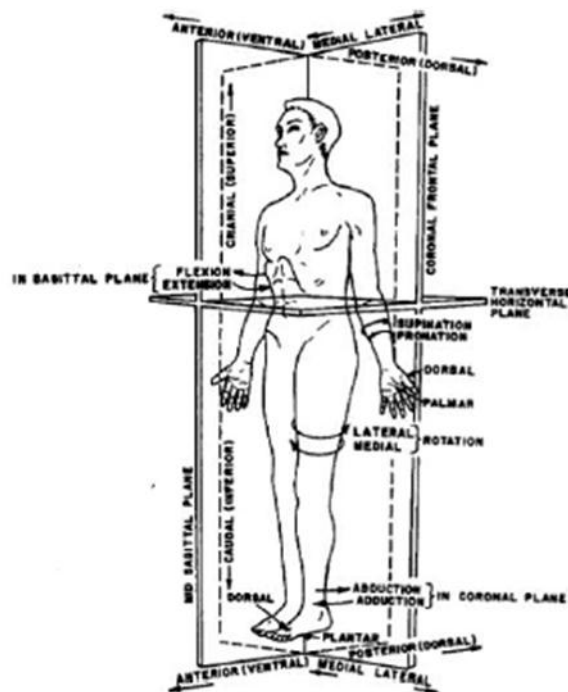
Mas'adah, Fatmawati dan Ajibta (2004) mengatakan bahwa kelelahan kerja yang terjadi akibat dari aktivitas yang berulang-ulang (*repetitive lifting*) akan meningkatkan risiko rasa nyeri pada tulang belakang (*back injuries*), *repetitive lifting* dapat menyebabkan *Cumulative Trauma Injuries* atau *Repetitive Strain Injuries*. Studi mengenai evaluasi dan mengembangkan model biomekanika pada pinggang belakang yang poisisinya *extention* dilakukan oleh Daggfeldt dan Thorstensson(2003). Pada saat melakukan aktivitas pengangkatan atau pemindahan material maka tidak boleh melebihi kekuatan angkat maksimum yang diijinkan. Riemer, T., dan Hslao-Wecksler (2008) melakukan evaluasi terhadap gerakan jongkok-berdiri berpengaruh langsung pada sendi dan *ground reaction force*.

2.2.3. Free Body Diagram

Free body diagram adalah suatu diagram untuk menggambarkan tubuh yang berisi tentang gaya, jarak, dan beban yang dialami oleh bagian-bagian tubuh. *Free body diagram* membantu untuk menganalisis berapa gaya dan torsi maksimum yang dialami oleh suatu bagian tubuh. Analisis ini dapat digunakan untuk membantu dalam memperbaiki dari postur kerja yang baik. Menurut (Phillips, 2000) prosedur umum untuk menganalisis gaya dan momen dari *free body diagram* adalah sebagai berikut :

- Gambarkan *free body diagram* dari elemen-elemen sistem dan diindikasi gaya-gaya yang eksternal yang tidak diketahui.
- Tetapkan sumbu x dan y dan menunjukkan secara langsung untuk gerakan translasi dan rotasi
- Setiap *free body diagram*, gunakan kondisi yang dibutuhkan untuk translasi dan rotasi dan susun persamaan sesuai dengan hukum Newton.
- Selesaikan persamaan tersebut secara simultan untuk menghitung dari parameter yang dicari.

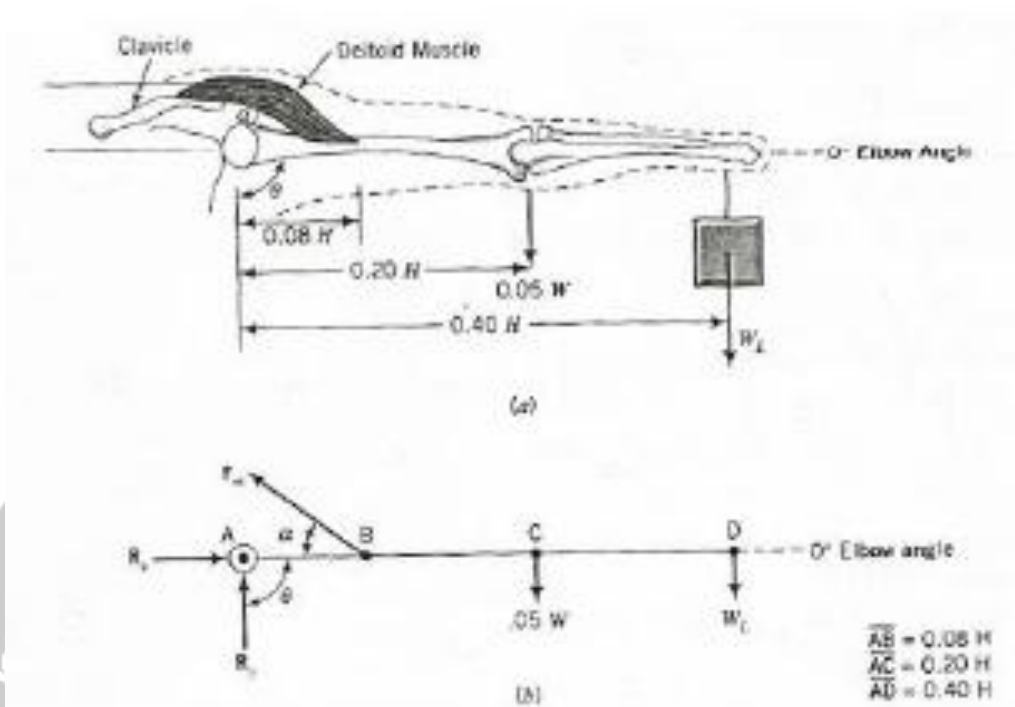
Menurut buku yang ditulis oleh (Chaffin, Andersson, & Martin, 1999), bidang tubuh manusia adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Bidang Tubuh Manusia

a. Free Body Diagram Lengan

Menurut buku yang ditulis oleh (Phillips, 2000) digambarkan yaitu *free body diagram* untuk bagian lengan adalah sebagai berikut :



Gambar 0. Free Body Diagram Lengan

Keterangan :

WC (berat segmen di titik A) = 0,05 W

WL (berat benda yang dibawa pekerja)

\overline{AB} (panjang segmen A ke B) = 0,08 H

\overline{AC} (panjang segmen A ke C) = 0,2 H

\overline{CD} (panjang segmen C ke D) = 0,2 H

\overline{AE} (panjang segmen A ke E) = 0,1 H

\overline{CF} (panjang segmen C ke F) = 0,085 H

α (sudut yang dibentuk otot deltoid)

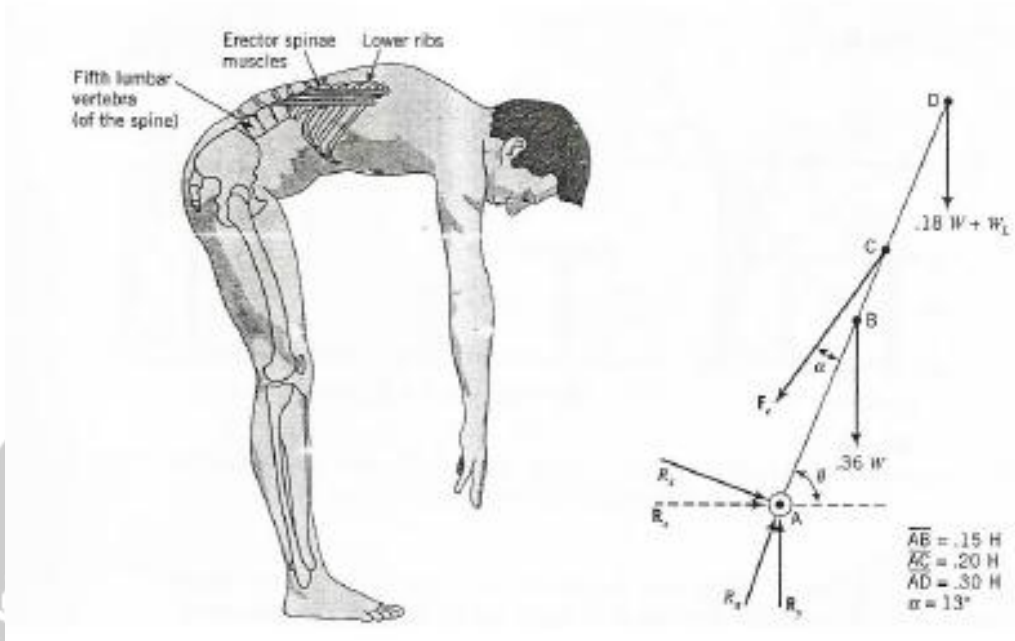
FM (gaya di otot deltoid)

RX (reaksi gaya horizontal)

RY (reaksi gaya vertikal)

b. Free Body Diagram Punggung

Menurut buku yang ditulis oleh (Phillips, 2000) digambarkan yaitu *free body diagram* untuk bagian punggung adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Free Body Diagram Punggung

Keterangan :

F_e = gaya otot pada tulang belakang di titik C

W = berat pekerja yang diamati

W_L = berat beban yang dibawa pekerja

R_x = reaksi gaya horizontal pada sendi

R_y = reaksi gaya vertikal pada sendi

α = sudut 130 yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot FE

θ = sudut yang terbentuk antara ruas tulang belakang dengan garis horizontal

WB (berat segmen tubuh tulang belakang) = 0,36 W

WD (berat segmen tubuh atas punggung bagian leher dan kepala) = 0,18 W

H = tinggi tubuh pekerja

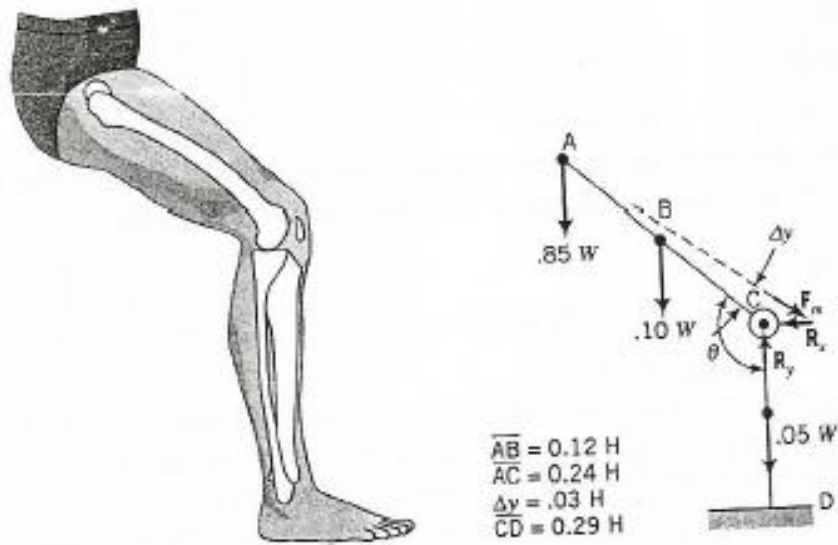
\overline{AB} (panjang segmen A ke B) = 0,15 H

\overline{AC} (panjang segmen A ke C) = 0,2 H

\overline{AD} (panjang segmen A ke D) = 0,3 H

c. Free Body Diagram Kaki

Menurut buku yang ditulis oleh (Phillips, 2000) digambarkan yaitu *free body diagram* untuk bagian kaki adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Free Body Diagram Kaki

Keterangan :

F_m = gaya otot quadriceps

W = berat pekerja yang diamati

W_A (berat bagian atas pinggang di titik A) = 0,085 W

W_B (berat segmen paha) = 0,1 W

W_E (berat segmen betis) = 0,05 W

C = lutut kaki

D = telapak kaki

R_x = reaksi gaya horizontal pada sendi

R_y = reaksi gaya horizontal vertikal pada sendi

Δy = 0,03 H (jarak antara tulang paha dengan perpanjangan gaya otot quadriceps)

θ = sudut yang dibentuk antara paha dan kaki

H = tinggi tubuh pekerja yang diamati

\overline{AB} (panjang segmen A ke B) = 0,12 H

\overline{AC} (panjang segmen A ke C) = 0,24 H

\overline{CD} (panjang segmen C ke D) = 0,9 H

2.2.4. Gaya dan Momen Gaya

Gaya adalah suatu besaran yang mengakibatkan benda bergerak (Giancoli, 2009). Gaya yaitu besaran 15okum15, sehingga gaya memiliki arah ketika sedang bereaksi. Salah satu contoh dari penerapan gaya adalah gaya dorong. Benda yang didorong tersebut menghasilkan gerakan, dan gerakan tersebut berpindah dari satu titik ke titik lain dan memiliki arah.

Berbicara mengenai gaya, tidak luput dari tiga 15okum Newton. Hukum-hukum Newton adalah sebagai berikut :

a. Hukum Newton 1

$$\sum F = 0$$

b. Hukum Newton 2

$$\sum F = m \times a$$

Keterangan :

F = Gaya (Newton)

m = Massa (kg)

a = Percepatan/gravitasi (9,8 m/s²)

c. Hukum Newton 3

$$F \text{ aksi} = -F \text{ reaksi}$$

Momen gaya adalah perkalian dari gaya dikali dengan jarak. Momen gaya merupakan besaran yang menyebabkan benda berotasi (Rotasional)

$$t = F \times d$$

$$\sum M = 0$$

Keterangan :

t = Torsi

F = Gaya (Newton)

d = Jarak (m)

M = Momen gaya

2.2.5. Postur Kerja

2.2.5.1. Quick Exposure Check (QEC)

Quick Exposure Check adalah suatu metode penilaian dari beban postur kerja suatu proses yang diperkenalkan oleh Dr. Guanyang Li dan Peter Buckle yaitu menilai pada

empat bagian tubuh yaitu bagian punggung, bahu/lengan, pergelangan tangan, dan leher (Ahmad Ilman, 2013). QEC dikembangkan untuk :

- a. Menilai perubahan paparan pada tubuh yang berisiko terjadinya *musculoskeletal* sebelum dan sesudah intervensi ergonomi.
- b. Melibatkan pengamat dan juga pekerja dalam melakukan penilaian dan mengidentifikasi kemungkinan untuk perubahan pada sistem kerja.
- c. Membandingkan paparan risiko cedera diantara dua orang atau lebih yang melakukan pekerjaan yang sama, atau diantara orang-orang yang melakukan pekerjaan yang berbeda
- d. Meningkatkan kesadaran diantara para manajer, *engineer*, desainer, praktisi keselamatan dan kesehatan kerja dan para operator mengenai faktor risiko *musculoskeletal* pada stasiun kerja.

Metode QEC ini dapat dikatakan tidak semuanya berdasarkan pengamatan dari peneliti, tetapi juga operator yang akan diteliti ikut terlibat, karena dalam pengambilan data peneliti dan operator saling mengisi kuesioner dimana isi dari kuesioner menggambarkan peran masing-masing. Berikut adalah contoh dari *exposure level* dan kuesioner :

Tabel 1. Action Level QEC

Total Exposure Level	Action
< 40%	Aman
40-49%	Perlu penelitian lebih lanjut
50-69%	Perlu penelitian lebih lanjut dan dilakukan perubahan
≥ 70 %	Dilakukan penelitian dan perubahan secepatnya

2.2.5.2. Rapid Upper Limb Assesment (RULA)

Terdapat beberapa alat yang dapat digunakan untuk menganalisis postur kerja, yaitu Rapid Upper Limb Assessment (RULA), Rapid Entire Body Assessment (REBA), dan Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) dan masih banyak lagi. Metode-metode tersebut yang akan digunakan untuk mengevaluasi dan menganalisis postur kerja adalah RULA, dikarenakan kebanyakan pekerja di Yungki Edutoys dalam proses pembuatan mainan menggunakan tubuh bagian atas, seperti tangan, lengan, kepala, punggung, dan siku. Terutama untuk pekerja di bagian polishing, sehingga RULA dianggap sangat mendetail dan cocok untuk mengevaluasi postur kerja di Yungki Edutoys.

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan suatu metode penilaian postur tubuh bagian atas (Anonim, 2011). Metode RULA dikembangkan untuk penilaian faktor beban eksternal yaitu jumlah gerakan, kerja otot statis, tenaga/kekuatan, dan postur kerja (Atamney & Corlett, 1993) untuk memenuhi tujuan sebagai berikut :

- a. Memberikan sebuah metode penyaringan suatu populasi kerja dengan cepat, yang berhubungan dengan kerja yang beresiko yang menyebabkan gangguan pada anggota badan bagian atas.
- b. Mengidentifikasi usaha otot yang berhubungan dengan postur kerja, penggunaan tenaga dan kerja yang berulang-ulang yang dapat menimbulkan kelelahan otot.
- c. Memberikan hasil yang dapat digabungkan dengan sebuah metode penilaian ergonomi yaitu epidemiologi, fisik, mental, lingkungan, dan faktor organisasi

Terdapat empat hal yang menjadi aplikasi utama dari RULA, yaitu :

- a. Mengukur resiko muskuloskeletal, biasanya sebagai bagian dari perbaikan yang lebih luas dari ergonomi.
- b. Membandingkan beban muskuloskeletal antara rancangan stasiun kerja yang sekarang dengan yang telah dimodifikasi.
- c. Mengevaluasi keluaran seperti produktifitas atau kesesuaian penggunaan peralatan.
- d. Melatih operator tentang beban muskuloskeletal yang diakibatkan dari perbedaan postur kerja.

RULA membagi bagian tubuh menjadi dua bagian utama agar menghasilkan suatu metode yang cepat untuk digunakan, yaitu grup A dan B. Grup A meliputi bagian lengan atas, lengan bawah, serta pergelangan tangan. Sementara itu grup B meliputi bagian leher, batang tubuh, dan kaki.

2.2.5.3. Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Rapid Entire Body Assessment (REBA) (Anonim, 2011) merupakan alat penilaian ergonomi yang bertujuan untuk menganalisis postural kerja terhadap risiko muskuloskeletal di berbagai pekerjaan berdasarkan peringkat segmen tubuh tertentu dalam bidang gerakan tertentu, menggunakan sistem penilaian untuk aktivitas otot termasuk statis, dinamis, cepat berubah atau postur tidak stabil, dan menyediakan keputusan tindakan. REBA dikembangkan oleh S. Hignett and L. McAtamney pada tahun 2000. Aspek risiko Muskuloskeletal Disorder yang dikaji berupa postur tidak wajar, beban, dan coupling. Bagian tubuh yang dikaji berupa batang tubuh, leher, tungkai kaki, lutut, lengan atas dan bawah, dan pergelangan tangan. REBA pada

umumnya dipakai untuk menganalisis pekerjaan dengan rentang frekuensi tertentu, melibatkan beberapa bagian tubuh, berdiri maupun duduk



BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Ruang Lingkup dan Batasan

Ruang lingkup dan batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Postur kerja operator yang digunakan sebagai objek studi dalam penelitian ini adalah postur kerja pekerja pada industri kecil kerajinan tangan.

Data yang digunakan adalah:

- a. Data antropometri pekerja di beberapa industri kecil kerajinan tangan. Kerajinan tangan yang dimaksud misalnya kerajinan pembuat tas, industri kerajinan berbahan baku batok kelapa.
- b. Data postur kerja pekerja dan biomekanika.

3.2. Tahapan Penelitian

Penelitian direncanakan selama 6 (enam) bulan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Identifikasi postur kerja buruk yang terjadi pada saat pekerja melakukan pekerjaannya.
- b. Pengukuran dan pengolahan data antropometri.
- c. Evaluasi postur kerja dan biomekanika pada saat pekerja melakukan aktivitasnya.

Rincian kegiatan penelitian dan indikator capaian setiap tahapan dijelaskan pada Tabel 1 dan diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.

Identifikasi postur buruk berdasarkan kondisi di lapangan. Data antropometri berdasarkan pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan set alat ukur antropometer. Bila aspek postur kerja dan biomekanika pada kondisi awal dilapangan sudah diperoleh, maka akan dilakukan usulan terhadap alat/fasilitas yang digunakan pekerja. Perbaikan postur kerja dan biomekanika diharapkan dapat dicapai dengan adanya perbaikan postur kerja.

Beberapa metode untuk mengevaluasi postur kerja *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), atau *Quick Exposure Check* (QEC) dapat digunakan sesuai dengan kondisi di lapangan.

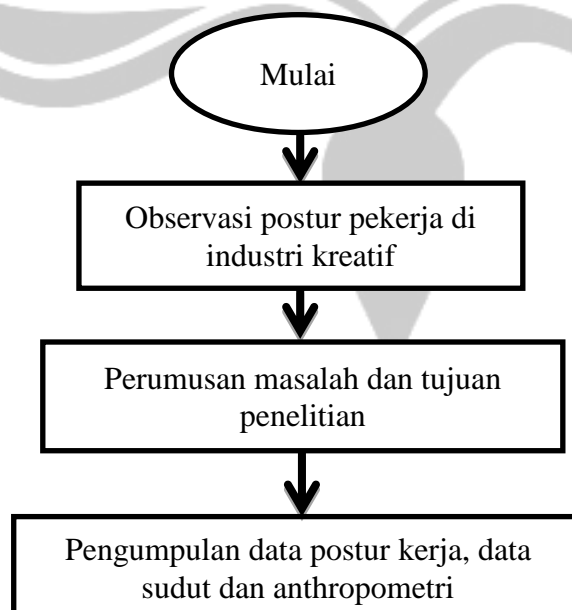
Nordic Body Map Kuesioner adalah suatu kuesioner yang berfungsi untuk mengetahui gejala penyakit yang ditimbulkan akibat bekerja dengan suatu postur

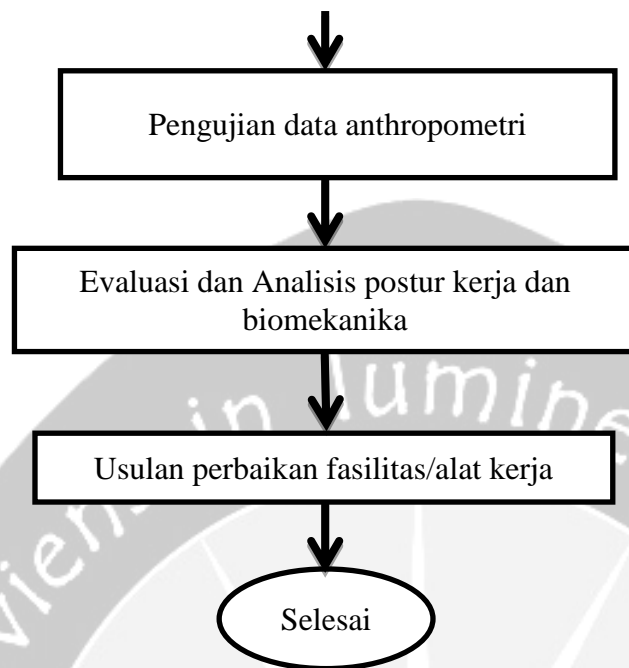
tertentu. *Nordic Body Map* dapat diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (agak sakit) sampai sangat sakit (Wilson, J.R., dan Corlett, N., 2005). Cara menggunakan *Nordic Body Map* adalah dengan memberikan langsung lembar kuesioner kepada responden (operator) yang bekerja langsung pada tiap proses. Isi dari pertanyaan dari *Nordic Body Map* adalah “Pernahkah operator merasakan sakit pada bagian tubuh tertentu ?”

Kuesioner ini nantinya akan didapatkan hasil yaitu sakit bagian tubuh yang disebabkan pada masing-masing proses produksi atau pekerjaan.

Tabel 1. Rincian Tahapan Penelitian

Tahapan	Kegiatan	Indikator Capaian
Identifikasi postur kerja buruk pada pekerja	<ul style="list-style-type: none"> - Observasi lapangan - Dokumentasi 	<ul style="list-style-type: none"> - Tersusun jenis-jenis postur kerja buruk pekerja - Teridentifikasi penyebab penyebab postur kerja buruk
Pengukuran dan pengolahan data antropometri pekerja	<ul style="list-style-type: none"> - Pengambilan data antropometri - Pengolahan data antropometri 	<ul style="list-style-type: none"> - Kecukupan data - Nilai persentil ke-5 & ke-95 untuk setiap jenis data antropometri
Analisis postur kerja dan biomekanika	-Analisis RULA/REBA/QEC disesuaikan dengan kondisi dilapangan	Penilaian postur kerja dan biomekanika
Usulan alat/fasilitas dengan memperhatikan antropometri & postur kerja	<ul style="list-style-type: none"> - Pengembangan rancangan teknis - Analisis rancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Simulasi rancangan teknik dengan menggunakan software CATIA







Gambar 5. Diagram Alir Penelitian





BAB 4
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. IKM SP Aluminium Yogyakarta

Pada IKM ini diperoleh data sekunder (Bobby, 2017), postur kerja sebelum dan setelah perbaikan yang diambil adalah ketika operator mengambil wajan, melakukan proses pengikiran wajan, dan meletakan wajan yang sudah dikikir. Postur kerja dilihat dari dua sisi yakni sisi kanan dan kiri. Data postur kerja sebelum dan setelah perbaikan seperti pada Tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.1. Postur Kerja

No	Kegiatan	Postur Kerja
1	Mengambil Wajan (Kanan)	
2	Mengambil Wajan (Kiri)	

3	<p>Proses Pengikiran Wajan Satu (Kanan)</p>	
4	<p>Proses Pengikiran Wajan Satu (Kiri)</p>	
5	<p>Proses Pengikiran Wajan Dua (Kanan)</p>	
6	<p>Proses Pengikiran Wajan Dua (Kiri)</p>	

7	Proses Pengikiran Wajan Tiga (Kanan)	
8	Proses Pengikiran Wajan Tiga (Kiri)	
9	Proses Pengikiran Wajan Empat (Kanan)	
10	Proses Pengikiran Empat (Kiri)	

11	Meletakkan Wajan (Kanan)	
12	Meletakkan Wajan (Kiri)	

4.2. Analisis REBA

Analisis REBA dilakukan pada tiga aktivitas utama yang dilakukan operator pengikiran wajan yakni pengambilan wajan, pengikiran wajan, dan peletakkan wajan. Pengikiran wajan dibagi menjadi empat postur kerja. Tabel 4.1. berikut ini adalah hasil skor REBA.

Tabel 4.1. Analisis REBA Proses Pengambilan Wajan

Analisis REBA Proses Pengambilan Wajan sebelum Perbaikan				
Kelompok A (Analisis Leher, Batang Tubuh dan Kaki)				
Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan
Step 1 : Leher	5°+1(twisted)	2	2	5°+1(twisted)
Step 2 : Batang Tubuh	40°	3	3	40°
Step 3 : Kaki	145°	4	1	0°
Step 4 : Skor Tabel A		7	4	
Step 5 : Skor Beban	0,65 Kg = 1,43 lbs	0	0	0,25Kg = 0,55 lbs

Step 6 : Total Skor A (Step 4 + Step 5)		7	4	
Kelompok B (Analisis Tangan dan Pergelangan Tangan)				
Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan
Step 7 : Lengan Atas	80°	3	1	15°
Step 8 : Lengan Bawah	0°	2	2	105°
Step 9 : Pergelangan Tangan	0°	1	1	0°
Step 10 : Skor Tabel B		4	1	
Step 11 : Skor Genggaman	<i>Fair</i>	1	0	<i>Good</i>
Step 12 : Total Skor B (Step 10 + Step 11)		5	1	
Skor Tabel C		9	3	
Step 13 : Skor Aktivitas	<i>Static</i>	1	1	<i>Static</i>
Skor Akhir (Skor Tabel C + Step 13)		10	4	

Skor akhir yang diperoleh untuk aktivitas pengambilan wajan sebelum perbaikan bagian kiri adalah 10 dan bagian kanan adalah 4. Hasil ini menunjukkan postur kerja pengambilan wajan sebelum perbaikan pada bagian kiri memiliki risiko cedera yang tinggi diperlukan perbaikan postur kerja segera, sedangkan bagian kanan memiliki risiko sedang sehingga diperlukan perbaikan postur kerja.

Tabel 4.2. Analisis REBA Proses Pengikiran Wajan Satu

Analisis REBA Proses Pengikiran Wajan Satu sebelum Perbaikan				
Kelompok A (Analisis Leher, Batang Tubuh dan Kaki)				
Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan
Step 1 : Leher	15°	1	1	15°
Step 2 : Batang Tubuh	30°	3	3	30°
Step 3 : Kaki	145°	4	1	0°
Step 4 : Skor Tabel A		6	2	
Step 5 : Skor Beban	3 Kg = 6,6 lbs	0	1	3+4= 7 Kg = 15,4 lbs
Step 6 : Total Skor A (Step 4 + Step 5)		6	3	
Kelompok B (Analisis Tangan dan Pergelangan Tangan)				

Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan
Step 7 : Lengan Atas	55°	3	3	55°
Step 8 : Lengan Bawah	55°	2	2	55°
Step 9 : Pergelangan Tangan	30°	2	1	0°
Step 10 : Skor Tabel B		5	4	
Step 11 : Skor Genggaman	<i>Fair</i>	1	0	<i>Good</i>
Step 12 : Total Skor B (Step 10 + Step 11)		6	4	
Skor Tabel C		8	3	
Step 13 : Skor Aktivitas	<i>Static</i>	1	2	<i>Static and repeated small range actions</i>
Skor Akhir (Skor Tabel C + Step 13)		9	5	

Skor akhir yang diperoleh untuk aktivitas pengikiran wajan satu sebelum perbaikan bagian kiri adalah 8 dan bagian kanan adalah 5. Hasil ini menunjukkan postur kerja pengikiran wajan satu sebelum perbaikan pada bagian kiri memiliki risiko cedera yang tinggi diperlukan adanya perbaikan postur kerja segera, sedangkan bagian kanan memiliki risiko sedang diperlukan perbaikan postur kerja.

Tabel 4.3. Analisis REBA Pengikiran Wajan Dua

Analisis REBA Proses Pengikiran Wajan Dua sebelum Perbaikan				
Kelompok A (Analisis Leher, Batang Tubuh dan Kaki)				
Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan
Step 1 : Leher	45°	2	2	45°
Step 2 : Batang Tubuh	10°	1	2	10°
Step 3 : Kaki	145°	4	1	0°
Step 4 : Skor Tabel A		4	3	
Step 5 : Skor Beban	3 Kg = 6,6 lbs	0	1	3+4= 7 Kg = 15,4 lbs
Step 6 : Total Skor A (Step 4 + Step 5)		4	4	
Kelompok B (Analisis Tangan dan Pergelangan Tangan)				

Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan
Step 7 : Lengan Atas	40°	2	1	10°
Step 8 : Lengan Bawah	65°	1	1	70°
Step 9 : Pergelangan Tangan	0°	1	1	0°
Step 10 : Skor Tabel B		1	1	
Step 11 : Skor Genggaman	<i>Fair</i>	1	0	<i>Good</i>
Step 12 : Total Skor B (Step 10 + Step 11)		2	1	
Skor Tabel C		4	3	
Step 13 : Skor Aktivitas	<i>Static</i>	1	2	<i>Static and repeated small range actions</i>
Skor Akhir (Skor Tabel C + Step 13)		5	5	

Skor akhir yang diperoleh untuk aktivitas pengikiran wajan dua sebelum perbaikan bagian kiri adalah 5 dan bagian kanan adalah 5. Hasil ini menunjukkan postur kerja pengikiran wajan dua sebelum perbaikan pada bagian kanan dan kiri memiliki risiko cedera yang sedang diperlukan perbaikan postur kerja.

Tabel 4.4. Analisis REBA Proses Pengikiran Wajan Tiga

Analisis REBA Proses Pengikiran Wajan Tiga sebelum Perbaikan Kelompok A (Analisis Leher, Batang Tubuh dan Kaki)				
Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan
Step 1 : Leher	5°	1	1	5°
Step 2 : Batang Tubuh	45°	3	3	45°
Step 3 : Kaki	145°	4	1	0°
Step 4 : Skor Tabel A		6	2	
Step 5 : Skor Beban	3 Kg = 6,6 lbs	0	1	3+4= 7 Kg = 15,4 lbs
Step 6 : Total Skor A (Step 4 + Step 5)		6	3	
Kelompok B (Analisis Tangan dan Pergelangan Tangan)				
Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan

Step 7 : Lengan Atas	75°	4	2	45°
Step 8 : Lengan Bawah	110°	2	1	65°
Step 9 : Pergelangan Tangan	0°	1	1	0°
Step 10 : Skor Tabel B		5	1	
Step 11 : Skor Genggaman	<i>Fair</i>	1	0	<i>Good</i>
Step 12 : Total Skor B (Step 10 + Step 11)		6	1	
Skor Tabel C		8	2	
Step 13 : Skor Aktivitas	<i>Static</i>	1	2	<i>Static and repeated small range actions</i>
Skor Akhir (Skor Tabel C + Step 13)		9	4	

Skor akhir yang diperoleh untuk aktivitas pengikiran wajan tiga sebelum perbaikan bagian kiri adalah 9 dan bagian kanan adalah 4. Hasil ini menunjukkan postur kerja pengikiran wajan tiga sebelum perbaikan pada bagian kiri memiliki risiko cedera yang tinggi diperlukan adanya perbaikan postur kerja segera, sedangkan bagian kanan memiliki risiko sedang diperlukan perbaikan postur kerja.

Tabel 4.5. Analisis REBA Proses Pengikiran Wajan Empat

Analisis REBA Proses Pengikiran Wajan Empat sebelum Perbaikan				
Kelompok A (Analisis Leher, Batang Tubuh dan Kaki)				
Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan
Step 1 : Leher	25°	2	2	25°
Step 2 : Batang Tubuh	50°	3	3	50°
Step 3 : Kaki	145°	4	1	0°
Step 4 : Skor Tabel A		7	4	
Step 5 : Skor Beban	3 Kg = 6,6 lbs	0	1	3+4= 7 Kg = 15,4 lbs
Step 6 : Total Skor A (Step 4 + Step 5)		7	5	
Kelompok B (Analisis Tangan dan Pergelangan Tangan)				
Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan

Step 7 : Lengan Atas	95°	4	1	15°
Step 8 : Lengan Bawah	20°	2	1	35°
Step 9 : Pergelangan Tangan	0°	1	1	0°
Step 10 : Skor Tabel B		5	1	
Step 11 : Skor Genggaman	<i>Fair</i>	1	0	<i>Good</i>
Step 12 : Total Skor B (Step 10 + Step 11)		6	1	
Skor Tabel C		9	4	
Step 13 : Skor Aktivitas	<i>Static</i>	1	2	<i>Static and repeated small range actions</i>
Skor Akhir (Skor Tabel C + Step 13)		10	6	

Skor akhir yang diperoleh untuk aktivitas pengikiran wajan empat sebelum perbaikan bagian kiri adalah 10 dan bagian kanan adalah 6. Hasil ini menunjukkan postur kerja pengikiran wajan empat sebelum perbaikan pada bagian kiri memiliki risiko cedera yang tinggi diperlukan adanya perbaikan postur kerja segera, sedangkan bagian kanan memiliki risiko sedang diperlukan perbaikan postur kerja.

Tabel 4.6. Analisis REBA Proses Peletakkan Wajan

Analisis REBA Proses Peletakkan Wajan sebelum Perbaikan				
Kelompok A (Analisis Leher, Batang Tubuh dan Kaki)				
Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan
Step 1 : Leher	5°	1	1	5°
Step 2 : Batang Tubuh	50°	3	3	50°
Step 3 : Kaki	0°	4	1	0°
Step 4 : Skor Tabel A		6	2	
Step 5 : Skor Beban	0,65 Kg = 1,43 lbs	0	0	0,25 Kg = 0,55 lbs
Step 6 : Total Skor A (Step 4 + Step 5)		6	2	
Kelompok B (Analisis Tangan dan Pergelangan Tangan)				
Postur Tubuh	Kiri		Kanan	
	Keterangan	Skor	Skor	Keterangan

Step 7 : Lengan Atas	105°	4	1	0°
Step 8 : Lengan Bawah	0°	2	2	110°
Step 9 : Pergelangan Tangan	0°	1	1	0°
Step 10 : Skor Tabel B		5	1	
Step 11 : Skor Genggaman	<i>Fair</i>	1	0	<i>Good</i>
Step 12 : Total Skor B (Step 10 + Step 11)		6	1	
Skor Tabel C		8	1	
Step 13 : Skor Aktivitas	<i>Static</i>	1	1	<i>Static</i>
Skor Akhir (Skor Tabel C + Step 13)		9	2	

Skor akhir yang diperoleh untuk aktivitas peletakan wajan sebelum perbaikan bagian kiri adalah 9 dan bagian kanan adalah 2. Hasil ini menunjukkan postur kerja peletakan wajan sebelum perbaikan pada bagian kiri memiliki risiko cedera yang tinggi diperlukan adanya perbaikan postur kerja, sedangkan bagian kanan memiliki risiko rendah perbaikan postur kerja mungkin diperlukan.

4.3. Analisis Biomekanika

Di beberapa segmen tubuh dilakukan analisis biomeknikanya. Bagian-bagian tubuh yang dianalisis adalah bagian kaki, punggung dan tangan, Pada bagian-bagian tubuh tersebut, dianalisis gaya yang terjadi.

4.3.1. Perhitungan Biomekanika pada Proses Mengambil Wajan

Bagian tubuh yang digunakan adalah punggung dan tangan kiri pada saat proses mengambil wajan. Bagian tangan kanan tidak digunakan. Berat wajan yang digunakan adalah 0,65 kg.

a. Tangan Kiri

Terdapat Beberapa komponen perhitungan telah diketahui dan beberapa komponen yang akan dicari dalam analisis biomekanika. Komponen - komponen tersebut antara lain sebagai berikut:

Diketahui:

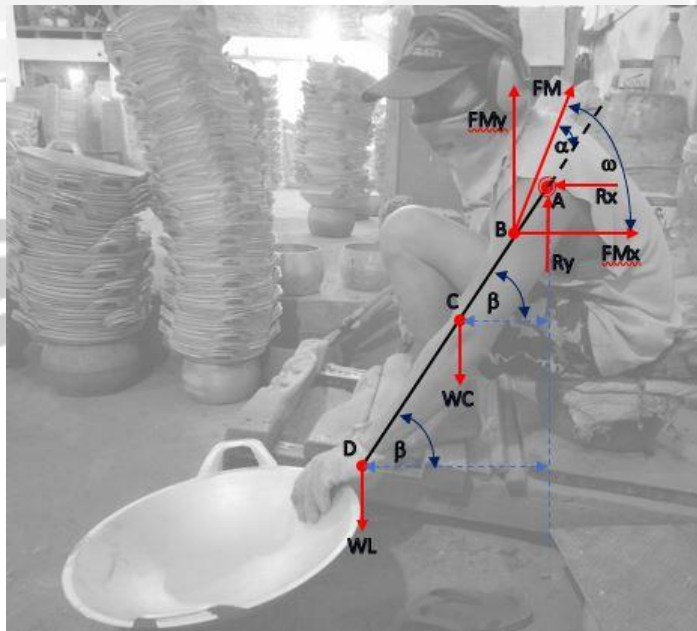
W (berat operator) = 50 kg * 9,81 m/s ²	= 490,5 N
H (tinggi operator)	= 1,55 m
WL (berat wajan yang dibawa operator) = 0,65 kg * 9,81 m/s ²	= 6,38 N
AB (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik <i>deltoid</i>)	= 0,08*H
AC (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik berat lengan)	= 0,2*H
AD (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik <i>olecranon</i>)	= 0,4*H
WC (berat lengan)	= 0,05*W
α (sudut yang dibentuk otot <i>deltoid</i>)	= 25°
β (sudut yang dibentuk lengan terhadap sumbu horizontal)	= 50°
$\zeta = \alpha + \beta$	= 75°

Dicari:

FM (gaya di otot *deltoid*)

RX (reaksi gaya horizontal)

RY (reaksi gaya vertical)



Gambar 4.2. Free Body Diagram Proses Mengambil Wajan, Tubuh Tangan Kiri

$$\sum F_x = 0$$

$$FM_x - R_x = 0$$

$$R_x = FM * \cos \zeta$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{My} + R_y - W_c - W_D = 0$$

$$F_M \sin \alpha + R_y - W_c - W_D = 0$$

$$R_y = -F_M \sin \alpha + W_c + W_D$$

$$\sum F_{MA} = 0$$

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

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

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

$$F_M = \frac{W_c \cdot AC \cdot \cos \beta + W_D (AC \cdot \cos \beta + AD \cdot \cos \beta)}{\sin \alpha \cdot AB \cdot \cos \beta - \cos \alpha \cdot AB \cdot \sin \beta}$$

$$F_M = 53,48 \text{ N}$$

$$R_x = F_M \cos \alpha$$

$$R_x = 13,84 \text{ N}$$

$$R_y = -F_M \sin \alpha + W_c + W_D$$

$$R_y = -20,75 \text{ N}$$

b. Punggung

Terdapat beberapa komponen perhitungan telah diketahui dan beberapa komponen yang akan dicari dalam analisis biomekanika. Komponen - komponen tersebut antara lain sebagai berikut:

$$W \text{ (berat operator)} = 50 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 490,5 \text{ N}$$

$$H \text{ (tinggi operator)} = 1,55 \text{ m}$$

$$W_L \text{ (berat wajan yang diterima tubuh)} = 0,65 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 6,38 \text{ N}$$

$$AB \text{ (jarak titik } \textit{fifth lumbar vertebra} \text{ ke titik tulang belakang)} = 0,15 \cdot H$$

$$AC \text{ (jarak titik } \textit{fifth lumbar vertebra} \text{ ke titik } \textit{erector spinae muscles}) = 0,2 \cdot H$$

$$AD \text{ (jarak titik } \textit{fifth lumbar vertebra} \text{ ke titik } \textit{lower rib}) = 0,3 \cdot H$$

$$W_B \text{ (berat segmen tubuh tulang belakang)} = 0,36 \cdot W$$

$$W_D \text{ (berat segmen tubuh atas punggung bagian leher dan kepala)} = 0,18 \cdot W$$

$$\alpha \text{ (sudut yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot FE)} = 13^\circ$$

$$\beta \text{ (sudut antara } F_{Ex} \text{ dengan gaya otot FE)} = 37^\circ$$

σ (sudut antara tulang belakang dengan sumbu horizontal) = 50°

$\theta = 90^\circ - \sigma$ = 40°

Dicari:

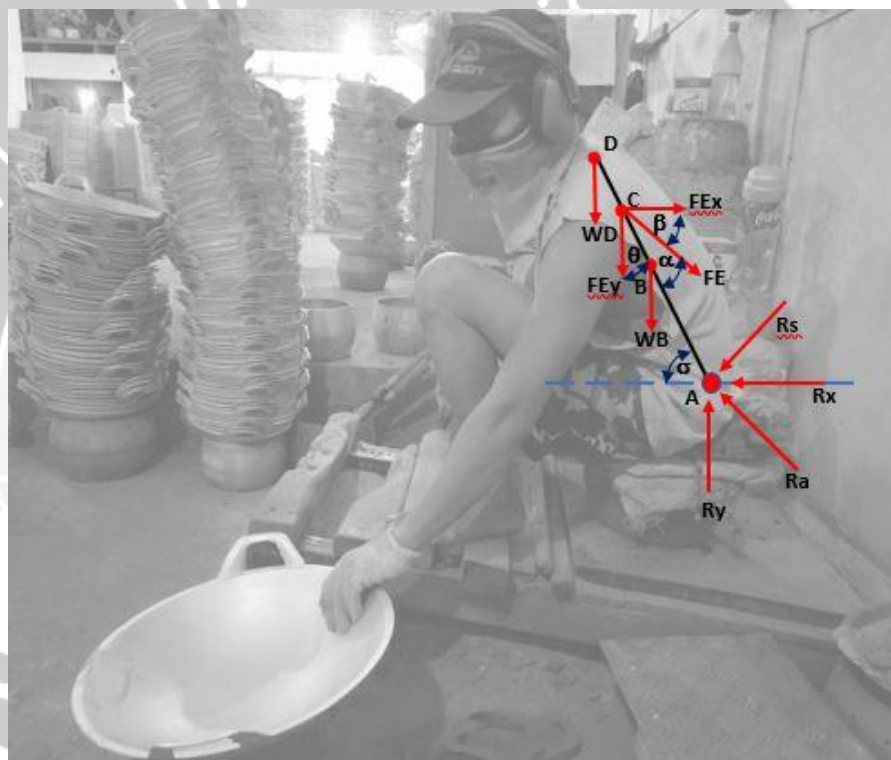
FE (gaya otot pada tulang belakang di titik *erector spinae muscles*)

Rx (reaksi gaya horizontal)

Ry (reaksia gaya vertical)

RA (axial reaction force)

RS (shear reaction force)



Gambar 4.3. Free Body Diagram Proses Mengambil Wajan, Bagian Punggung

$$\sum F_x = 0$$

$$FE_x - R_x = 0$$

$$R_x = FE \cdot \cos \beta$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y - FE_y - WD - WB = 0$$

$$R_y = FE \cdot \sin \beta + WD + WB$$

$$\sum MA = 0$$

$$WB \cdot AB \cdot \sin \theta + FE_y \cdot AC \cdot \sin \theta + WD \cdot AD \cdot \sin \theta - FE_x \cdot AC \cdot \sin \sigma = 0$$

$$WB \cdot AB \cdot \sin \theta + FE \cdot \sin \beta \cdot AC \cdot \sin \theta + WD \cdot AD \cdot \sin \theta - FE \cdot \cos \beta \cdot AC \cdot \sin \sigma = 0$$

$$FE (\sin \beta \cdot AC \cdot \sin \theta - \cos \beta \cdot AC \cdot \sin \sigma) = -WB \cdot AB \cdot \sin \theta - WD \cdot AD \cdot \sin \theta$$

$$FE = \frac{-WB \cdot AB \cdot \sin \theta - WD \cdot AD \cdot \sin \theta}{\sin \beta \cdot AC \cdot \sin \theta - \cos \beta \cdot AC \cdot \sin \sigma}$$

$$FE = 1869,98 \text{ N}$$

$$Rx = FE \cdot \cos \beta$$

$$Rx = 1493,43 \text{ N}$$

$$Ry = Fe \cdot \sin \beta + WD + WB$$

$$Ry = 1396,63 \text{ N}$$

$$RA = Ry \cdot \sin \sigma + Rx \cdot \cos \sigma$$

$$RA = 2029,84 \text{ N}$$

$$RS = -Ry \cdot \cos \sigma + Rx \cdot \sin \sigma$$

$$RS = 246,3 \text{ N}$$

4.3.2. Pemodelan dan Perhitungan Biomekanika pada Proses Pengikiran Wajan

Proses Pengikiran wajan merupakan aktivitas mendorong dan menekan kikir pada wajan untuk menghilangkan sisi – sisi tajam hasil dari pengecoran wajan. Aktivitas ini membutuhkan kecepatan dari pekerja banyaknya wajan yang harus dikerjakan dalam satu hari. Dalam sehari satu operator mengerjakan 600 sampai 700 wajan. Aktivitas ini dilakukan dengan posisi duduk diatas bangku pendek, tangan kiri memegang dan menahan wajan yang akan dikikir, dan tangan kanan melakukan pengikiran pada wajan. Bagian yang dikikir hanyalah pada bagian pegangan pada wajan. Aktivitas ini juga memiliki gaya tambahan yakni gaya tangan kiri untuk memegang dan menahan wajan, gaya tekan pengikiran wajan dan gaya gesek antara kikir dengan wajan. Dilakukan pendekatan dengan menggunakan timbangan untuk mengetahui besar gaya tekan pengikiran wajan dan gaya gesek.

Tabel 5.7. Hasil Skor REBA pada Proses Pengikiran Wajan

No	Proses	Skor REBA	
		Kiri	Kanan
1	Pengikiran wajan satu	9	5
2	Pengikiran wajan dua	5	5
3	Pengikiran wajan tiga	9	4
4	Pengikiran wajan empat	10	6

Berdasarkan hasil Tabel 5.7 dapat dilihat bahwa pengikiran wajan empat merupakan pengikiran wajan dengan skor REBA terbanyak baik dari postur kerja kanan maupun kiri. Maka dari itu analisis biomekanika hanya akan dilakukan pada proses pengikiran wajan empat.

Pengambilan data gaya tekan tangan kanan mengikir wajan dan tangan kiri menahan wajan menggunakan timbangan. Tangan kiri menahan wajan pada saat diletakkan diatas timbangan didapatkan berat sebesar 3 kg. Pada saat dilakukan pengikiran wajan, timbangan didapatkan data sebesar 7 kg. Sehingga didapatkan penekanan pengikiran wajan sebesar 4 kg, didapatkan dari hasil pengurangan 7 kg dengan 3 kg. Besar gaya gesek pengikiran wajan didapatkan dari eksperimen dengan meletakkan kikir di atas ketel yang memiliki ketebalan menyerupai ketebalan wajan, kemudian diatas kikir diletakkan balok dengan berat 4 kg. Kikir didorong menggunakan timbangan dan didapatkan data sebesar 3 kg.



Gambar 5.3. Eksperimen Pengambilan Data Gaya Gesek Pengikiran Wajan

a. Tangan Kanan

1). Bahu dan Lengan

Terdapat Beberapa komponen perhitungan telah diketahui dan beberapa komponen yang akan dicari dalam analisis biomekanika. Komponen - komponen tersebut antara lain sebagai berikut:

Diketahui:

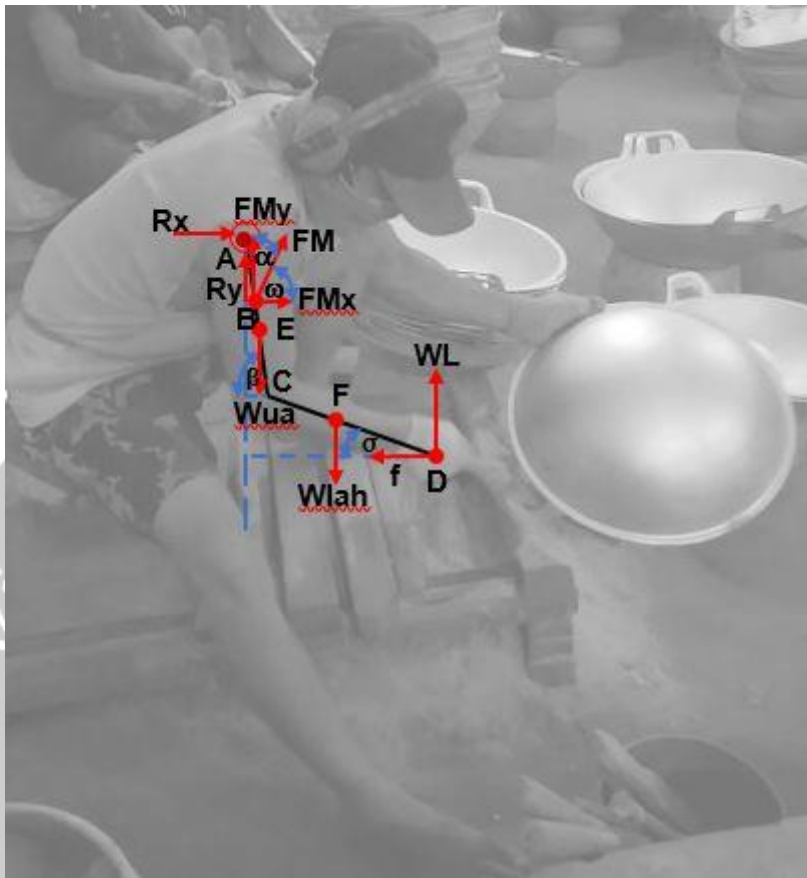
W (berat operator) = $50 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$	= 490,5 N
H (tinggi operator)	= 1,55 m
WL (gaya tekan tangan kanan mengikir wajan) = $4 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$	= 39,24 N
f (gaya gesek antara kikir dengan wajan) = $3 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$	= 29,43 N
AB (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik <i>deltoid</i>)	= $0,08 * H$
AC (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik berat lengan)	= $0,2 * H$
AD (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik <i>olecranon</i>)	= $0,4 * H$
AE (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik <i>ganglion</i>)	= $0,1 * H$
CF (panjang titik <i>olecranon</i> ke titik berat lengan bawah)	= $0,085 * H$
WUA (berat lengan atas)	= $0,03 * W$
$WLAH$ (berat lengan bawah dan tangan)	= $0,02 * W$
	= 25
α (sudut yang dibentuk otot <i>deltoid</i>)	$^{\circ}$
	=
β (sudut yang dibentuk lengan terhadap sumbu horizontal)	75 $^{\circ}$
	=
σ (sudut yang dibentuk lengan bawah terhadap sumbu horizontal)	40 $^{\circ}$
	=
	80 $^{\circ}$
$\omega = 180^{\circ} - \beta - \alpha$	$^{\circ}$

Dicari:

FM (gaya di otot *deltoid*)

RX (reaksi gaya horizontal)

RY (reaksi gaya vertical)



Gambar 5.4. Free Body Diagram Proses Pengikiran Wajan Segmen Tubuh Bahu dan Lengan Tangan Kanan

$$\sum F_x = 0$$

$$R_x + F_{Mx} - f = 0$$

$$R_x = f - F_M \cdot \cos \omega$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y + F_{My} - W_{UA} - W_{LAH} + W_L = 0$$

$$R_y + F_M \cdot \sin \omega - W_{UA} - W_{LAH} + W_L = 0$$

$$R_y = W_{UA} + W_{LAH} - W_L - F_M \cdot \sin \omega$$

$$\sum M_a = 0$$

$$F_{Mx} \cdot AB \cdot \sin \beta + F_{My} \cdot AB \cdot \cos \beta + W_{UA} \cdot AE \cdot \cos \beta - W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos \sigma + AC \cdot \cos \beta) + W_L \cdot (CD \cdot \cos \sigma + AC \cdot \cos \beta) - f \cdot (CD \cdot \sin \sigma + AC \cdot \sin \beta) = 0$$

$$F_M \cdot (\cos \omega \cdot AB \cdot \sin \beta + \sin \omega \cdot AB \cdot \cos \beta) = W_{LAH} \cdot (CF \cdot \cos \sigma + AC \cdot \cos \beta) + W_{UA} \cdot AE \cdot \cos \beta - W_L \cdot (CD \cdot \cos \sigma + AC \cdot \cos \beta) + f \cdot (CD \cdot \sin \sigma + AC \cdot \sin \beta)$$

$$F_M = \frac{W_{LAH} (CF \cdot \cos \sigma - AC \cdot \cos \beta) + W_{UA} \cdot AE \cdot \cos \beta - W_L (CD \cdot \cos \sigma - AC \cdot \cos \beta) + f (CD \cdot \sin \sigma + AC \cdot \sin \beta)}{\cos \omega \cdot AB \cdot \sin \beta + \sin \omega \cdot AB \cdot \cos \beta}$$

$$F_M = 83,17 \text{ N}$$

$$R_x = f - F_M \cdot \cos \alpha$$

$$R_x = 14,99 \text{ N}$$

$$R_y = W_{UA} + W_{LAH} - W_L - F_M \cdot \sin \alpha$$

$$R_y = -96,62 \text{ N}$$

i. Siku dan Lengan Bawah

Terdapat Beberapa komponen perhitungan telah diketahui dan beberapa komponen yang akan dicari dalam analisis biomekanika.

Komponen - komponen tersebut antara lain sebagai berikut:

Diketahui:

$$W \text{ (berat operator)} = 50 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 490,5 \text{ N}$$

$$H \text{ (tinggi operator)} = 1,55 \text{ m}$$

$$W_L \text{ (gaya tekan tangan kanan mengikir wajan)} = 4 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 39,24 \text{ N}$$

$$AB \text{ (panjang titik otot } triceps \text{ ke siku)} = 0,015 \cdot H$$

$$BC \text{ (panjang siku ke titik otot } biceps) = 0,015 \cdot H$$

$$BD \text{ (panjang siku ke titik berat lengan bawah dan tangan)} = 0,1 \cdot H$$

$$BE \text{ (panjang siku ke titik } ganglion) = 0,2 \cdot H$$

$$W_{LAH} \text{ (berat lengan bawah dan tangan)} = 0,02 \cdot W$$

$$\beta \text{ (sudut yang dibentuk gaya } triceps \text{ terhadap sumbu horizontal)} = 80^\circ$$

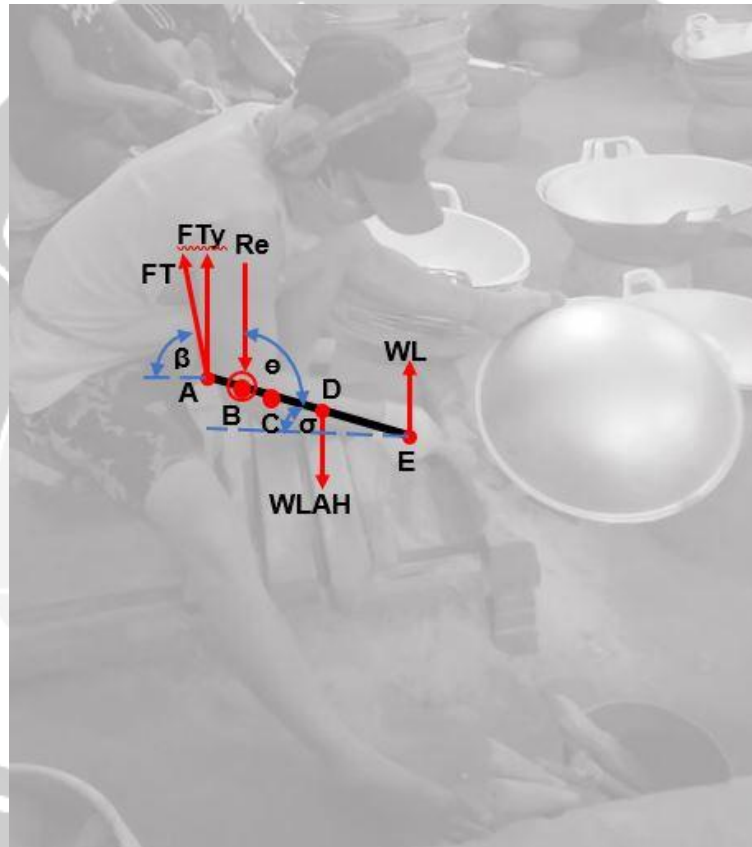
$$\sigma \text{ (sudut yang dibentuk lengan bawah terhadap sumbu horizontal)} = 30^\circ$$

$$\theta \text{ (sudut yang dibentuk sumbu vertikal terhadap lengan bawah)} = 120^\circ$$

Dicari:

FT (gaya di otot *triceps*)

Re (reaksi gaya di siku)



Gambar 5.5. Free Body Diagram Proses Pengikiran Wajan Segmen Tubuh Siku dan Lengan Bawah Tangan Kanan

$$\sum F_y = 0$$

$$FT_y + WL - WLAH - Re = 0$$

$$Re = FT_y + WL - WLAH$$

$$Re = FT \cdot \sin \beta + WL - WLAH$$

$$\sum MB = 0$$

$$-FT_y \cdot AB \cdot \cos \sigma - WLAH \cdot BD \cdot \cos \sigma + WL \cdot BE \cdot \cos \sigma = 0$$

$$-FT \cdot \sin \beta \cdot AB \cdot \cos \sigma - WLAH \cdot BD \cdot \cos \sigma + WL \cdot BE \cdot \cos \sigma = 0$$

$$FT \cdot \sin \beta \cdot AB \cdot \cos \sigma = WL \cdot BE \cdot \cos \sigma - WLAH \cdot BD \cdot \cos \sigma$$

$$FT = \frac{WL \cdot BE \cdot \cos \sigma - WLAH \cdot BD \cdot \cos \sigma}{\sin \beta \cdot AB \cdot \cos \sigma}$$

$$FT = 464,86 \text{ N}$$

$$R_e = F_T \cdot \sin \beta + W_L - W_{LAH}$$

$$R_e = 487,23 \text{ N}$$

b. Tangan Kiri

Terdapat Beberapa komponen perhitungan telah diketahui dan beberapa komponen yang akan dicari dalam analisis biomekanika.

Komponen - komponen tersebut antara lain sebagai berikut:

Diketahui:

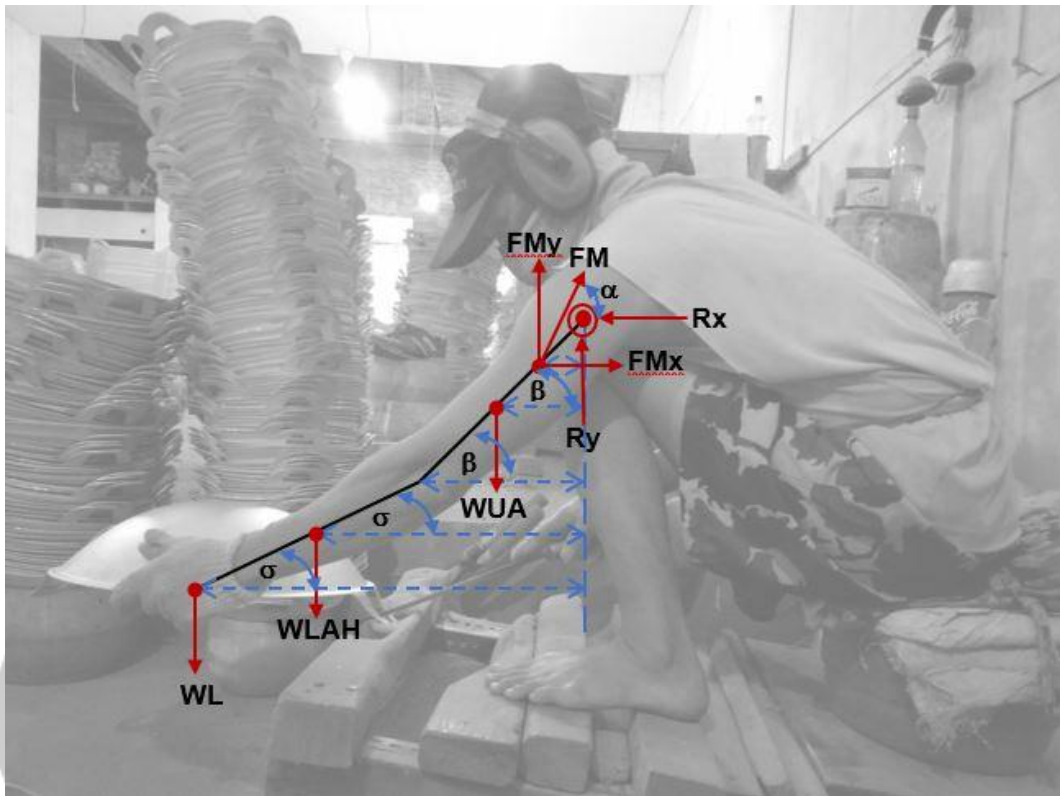
	= 490,5
W (berat operator) = $50 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$	N
H (tinggi operator)	= 1,55 m
W _L (gaya tekan tangan kiri menahan wajan) = $3 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$	= 29,43 N
AB (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik <i>deltoid</i>)	= $0,08 \cdot H$
AC (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik berat lengan)	= $0,2 \cdot H$
AD (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik <i>olecranon</i>)	= $0,4 \cdot H$
AE (panjang titik <i>olecranon</i> ke titik <i>ganglion</i>)	= $0,1 \cdot H$
CF (panjang titik <i>olecranon</i> ke titik berat lengan bawah)	= $0,085 \cdot H$
W _{UA} (berat lengan atas)	= $0,03 \cdot W$
W _{LAH} (berat lengan bawah dan tangan)	= $0,02 \cdot W$
α (sudut yang dibentuk otot <i>deltoid</i>)	= 25°
β (sudut yang dibentuk lengan atas terhadap sumbu horizontal)	= 50°
σ (sudut yang dibentuk lengan bawah terhadap sumbu horizontal)	= 25°
$\zeta = \alpha + \beta$	= 75°

Dicari:

FM (gaya di otot *deltoid*)

R_X (reaksi gaya horizontal)

R_Y (reaksi gaya vertical)



Gambar 5.6. Free Body Diagram Proses Pengikiran Wajan Segmen Tubuh Tangan Kiri

$$\sum F_x = 0$$

$$FM_x - R_x = 0$$

$$R_x = FM * \cos \alpha$$

$$\sum F_y = 0$$

$$FMy + Ry - WUA - WLAH - WL = 0$$

$$FM * \sin \alpha + Ry - WUA - WLAH - WL = 0$$

$$Ry = WUA + WLAH + WL - FM * \sin \alpha$$

$$\sum Ma = 0$$

$$-FMy * AB * \cos \beta + Fmx * AB * \sin \beta + WUA * AE * \cos \beta + WLAH * (CF * \cos \sigma + AC * \cos \beta) + WL * (AC * \cos \beta + CD * \cos \sigma) = 0$$

$$-FM * \sin \alpha * AB * \cos \beta + FM * \cos \alpha * AB * \sin \beta + WUA * AE * \cos \beta + WLAH * (CF * \cos \sigma + AC * \cos \beta) + WL * (AC * \cos \beta + CD * \cos \sigma) = 0$$

$$FM * (\sin \alpha * AB * \cos \beta - \cos \alpha * AB * \sin \beta) = -WUA * AE * \cos \beta - WLAH * (CF * \cos \sigma + AC * \cos \beta) - WL * (AC * \cos \beta + CD * \cos \sigma)$$

$$FM = \frac{-WUA * AE * \cos \beta - WLAH * (CF * \cos \sigma + AC * \cos \beta) - WL * (AC * \cos \beta + CD * \cos \sigma)}{\sin \alpha * AB * \cos \beta - \cos \alpha * AB * \sin \beta}$$

$$FM = -182,78 \text{ N}$$

$$R_x = FM * \cos \alpha$$

$$R_x = -62,51 \text{ N}$$

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

$$R_y = 166,85 \text{ N}$$

c. Punggung

Terdapat beberapa komponen perhitungan telah diketahui dan beberapa komponen yang akan dicari dalam analisis biomekanika. Komponen - komponen tersebut antara lain sebagai berikut:

	=	490,5
W (berat operator) = $50 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$	N	
	=	1,55
H (tinggi operator)	m	
	=	
WL (beban yang diterima tubuh) = $(3+4) \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$	N	68,67
AB (jarak titik <i>fifth lumbar vertebra</i> ke titik tulang belakang)	=	$0,15 \cdot H$
AC (jarak titik <i>fifth lumbar vertebra</i> ke titik <i>erector spinae muscles</i>)	=	$0,2 \cdot H$
	=	
AD (jarak titik <i>fifth lumbar vertebra</i> ke titik <i>lower rib</i>)	=	$0,3 \cdot H$
	=	
WB (berat segmen tubuh tulang belakang)	=	$0,36 \cdot W$
WD (berat segmen tubuh atas punggung bagian leher dan kepala)	=	$0,18 \cdot W$
α (sudut yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot FE)	=	13°
β (sudut antara FEx dengan gaya otot FE)	=	27°
σ (sudut antara tulang belakang dengan sumbu horizontal)	=	40°
$\theta = 90^\circ - \sigma$	=	50°

Dicari:

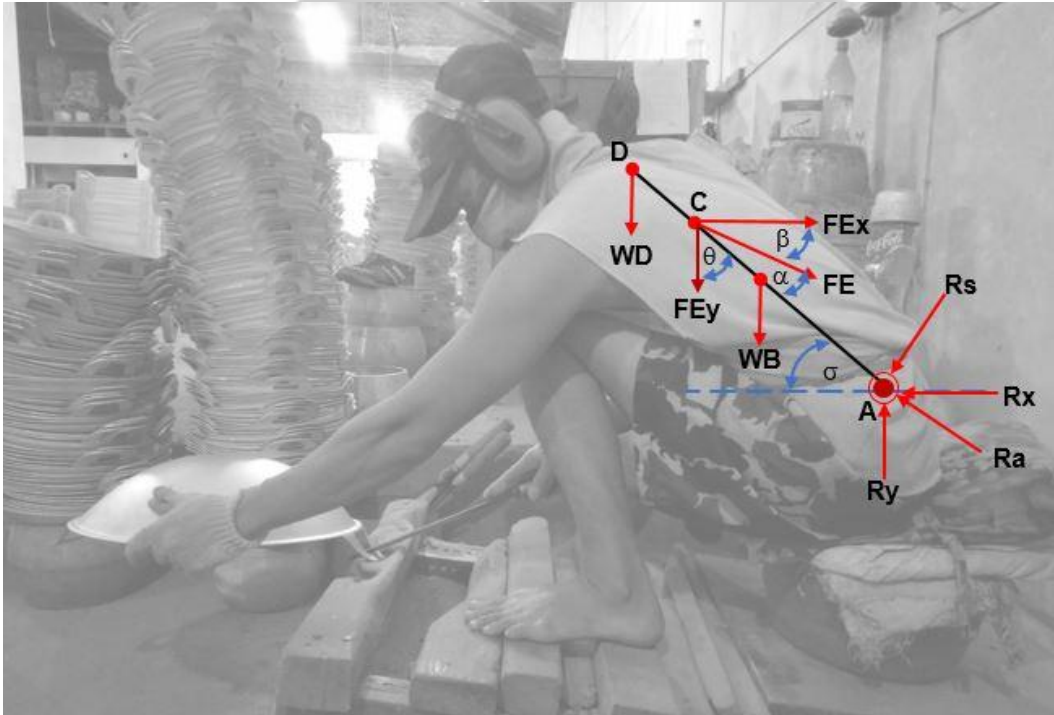
FE (gaya otot pada tulang belakang di titik *erector spinae muscles*)

Rx (reaksi gaya horizontal)

Ry (reaksia gaya vertical)

RA (axial reaction force)

RS (shear reaction force)



Gambar 5.7. Free Body Diagram Proses Pengikiran Wajan Segmen Tubuh Punggung

$$\sum F_x = 0$$

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

$$R_x = FE \cdot \cos \beta$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y - F_{Ey} - WD - WB = 0$$

$$R_y = FE \cdot \sin \beta + WD + WB$$

$$\sum M_a = 0$$

$$WB \cdot AB \cdot \sin \theta + FE_y \cdot AC \cdot \sin \theta + WD \cdot AD \cdot \sin \theta - F_{Ex} \cdot AC \cdot \sin \sigma = 0$$

$$WB \cdot AB \cdot \sin \theta + FE \cdot \sin \beta \cdot AC \cdot \sin \theta + WD \cdot AD \cdot \sin \theta - FE \cdot \cos \beta \cdot AC \cdot \sin \sigma = 0$$

$$FE (\sin \beta \cdot AC \cdot \sin \theta - \cos \beta \cdot AC \cdot \sin \sigma) = -WB \cdot AB \cdot \sin \theta - WD \cdot AD \cdot \sin \theta$$

$$FE = \frac{-WB * AB * \sin \theta - WD * AD * \sin \theta}{\sin \beta * AC * \sin \theta - \cos \beta * AC * \sin \sigma}$$

$$FE = 2987,34 \text{ N}$$

$$Rx = FE * \cos \beta$$

$$Rx = 2661,74 \text{ N}$$

$$Ry = Fe * \sin \beta + WD + WB$$

$$Ry = 1689,76 \text{ N}$$

$$RA = Ry * \sin \sigma + Rx * \cos \sigma$$

$$RA = 3125,17 \text{ N}$$

$$RS = -Ry * \cos \sigma + Rx * \sin \sigma$$

$$RS = 416,5 \text{ N}$$

Besar gaya reaksi di punggung bagian *fifth lumbar vertebra* terutama reaksi aksial mendekati batasan gaya tekan maksimum menurut NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) sebesar 3400 N. Hal ini tentu saja membahayakan bagi operator, dapat menyebabkan pecahnya *disk* pada tulang punggung sehingga operator dapat mengalami kelumpuhan. (Waters, Anderson, Garg, & Fine, 1993)

4.3.3. Pemodelan dan Perhitungan Biomekanika pada Proses Meletakkan Wajan sebelum Perbaikan

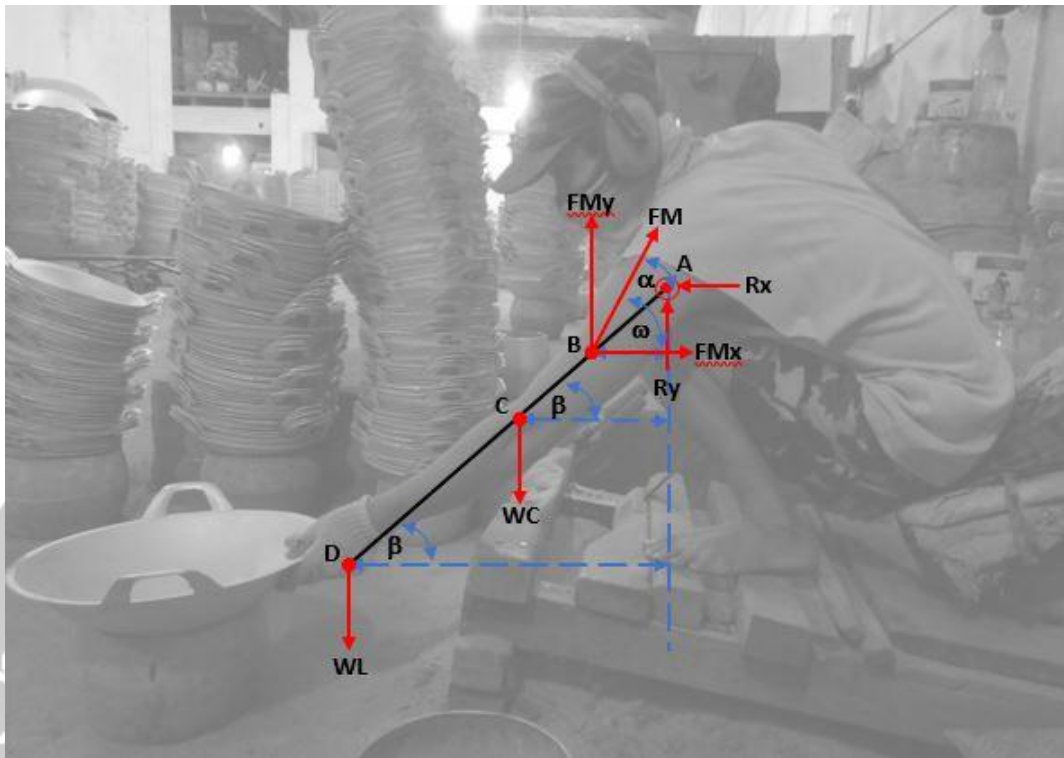
Proses meletakkan wajan merupakan aktivitas terakhir pada proses pengikiran wajan. Pada proses ini segmen tubuh yang dihitung adalah tangan kiri dan punggung. Tangan kanan tidak dihitung dikarenakan peletakan wajan hanya menggunakan tangan kiri. Berat wajan yang digunakan adalah 0,65 kg.

a. Tangan Kiri

Terdapat beberapa komponen perhitungan telah diketahui dan beberapa komponen yang akan dicari dalam analisis biomekanika. Komponen - komponen tersebut antara lain sebagai berikut:

	=
	490,5
W (berat operator) = 50 kg * 9,81 m/s ²	N

H (tinggi operator)	= 1,55
	m
WL (berat wajan yang dibawa operator) = 0,65 kg *	= 6,38
9,81 m/s ²	N
	=
AB (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik <i>deltoid</i>)	0,08*H
	=
AC (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik berat lengan)	0,2*H
	=
AD (panjang titik <i>cartilage</i> ke titik <i>olecranon</i>)	0,4*H
	=
WC (berat lengan)	0,05*W
α (sudut yang dibentuk otot <i>deltoid</i>)	= 25°
β (sudut yang dibentuk lengan terhadap sumbu horizontal)	= 35°
$\gamma = \alpha + \beta$	= 60°
Dicari:	
FM (gaya di otot <i>deltoid</i>)	
RX (reaksi gaya horizontal)	
RY (reaksi gaya vertical)	



Gambar 5.8. Free Body Diagram Proses Meletakkan Wajan Segmen Tubuh Tangan Kiri

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ FM_x - R_x &= 0 \\ R_x &= FM * \cos \omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ FMy + Ry - WC - WD &= 0 \\ FM * \sin \omega + Ry - WC - WD &= 0 \\ Ry &= - Fm * \sin \omega + WC + WD \end{aligned}$$

$$\sum Ma = 0$$

$$\begin{aligned} -Fmy * AB * \cos \beta + Fmx * AB * \sin \beta + WC * AC * \cos \beta + WD * AD * \cos \beta &= 0 \\ -Fm * \sin \omega * AB * \cos \beta + FM * \cos \omega * AB * \sin \beta + WC * AC * \cos \beta + WD * AD * \cos \beta &= 0 \end{aligned}$$

$$FM (\sin \omega * AB * \cos \beta - \cos \omega * AB * \sin \beta) = WC * AC * \cos \beta + WD (AC * \cos \beta + CD * \cos \beta)$$

$$FM = \frac{WC * AC * \cos \beta + WD (AC * \cos \beta + CD * \cos \beta)}{\sin \omega * AB * \cos \beta - \cos \omega * AB * \sin \beta}$$

$$FM = 183,06 \text{ N}$$

$$R_x = FM * \cos \omega$$

$$R_x = 91,53 \text{ N}$$

$$R_y = -F_m \cdot \sin \alpha + W_{ua} + W_C + W_{lah} + W_D$$

$$R_y = -127,63 \text{ N}$$

b. Punggung

Terdapat beberapa komponen perhitungan telah diketahui dan beberapa komponen yang akan dicari dalam analisis biomekanika.

Komponen - komponen tersebut antara lain sebagai berikut:

	=	490,5
W (berat operator) = $50 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$	N	
	=	1,55
H (tinggi operator)	m	
WL (berat wajan yang diterima tubuh) = $0,65 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$	N	6,38
AB (jarak titik <i>fifth lumbar vertebra</i> ke titik tulang belakang)	=	$0,15 \cdot H$
AC (jarak titik <i>fifth lumbar vertebra</i> ke titik <i>erector spinae muscles</i>)	=	$0,2 \cdot H$
	=	
AD (jarak titik <i>fifth lumbar vertebra</i> ke titik <i>lower rib</i>)	=	$0,3 \cdot H$
	=	
WB (berat segmen tubuh tulang belakang)	=	$0,36 \cdot W$
WD (berat segmen tubuh atas punggung bagian leher dan kepala)	=	$0,18 \cdot W$
α (sudut yang terbentuk antara tulang belakang dengan otot FE)	=	13°
β (sudut antara FEx dengan gaya otot FE)	=	27°
σ (sudut antara tulang belakang dengan sumbu horizontal)	=	40°
$\theta = 90^\circ - \sigma$	=	50°

Dicari:

FE (gaya otot pada tulang belakang di titik *erector spinae muscles*)

Rx (reaksi gaya horizontal)

Ry (reaksia gaya vertical)

RA (axial reaction force)

RS (shear reaction force)



Gambar 5.9. Free Body Diagram Proses Meletakkan Wajan Segmen Tubuh Punggung

$$\sum F_x = 0$$

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

$$R_x = FE * \cos \beta$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y - F_{Ey} - WD - WB = 0$$

$$R_y = Fe * \sin \beta + WD + WB$$

$$\sum M_a = 0$$

$$WB * AB * \sin \theta + F_{Ey} * AC * \sin \theta + WD * AD * \sin \theta - F_{Ex} * AC * \sin \sigma = 0$$

$$WB * AB * \sin \theta + FE * \sin \beta * AC * \sin \theta + WD * AD * \sin \theta - FE * \cos \beta * AC * \sin \sigma = 0$$

$$FE (\sin \beta * AC * \sin \theta - \cos \beta * AC * \sin \sigma) = - WB * AB * \sin \theta - WD * AD * \sin \theta$$

$$FE = \frac{- WB * AB * \sin \theta - WD * AD * \sin \theta}{\sin \beta * AC * \sin \theta - \cos \beta * AC * \sin \sigma}$$

$$FE = 2228,55 \text{ N}$$

$$R_x = FE * \cos \beta$$

$$R_x = 1985,65 \text{ N}$$

$$R_y = Fe * \sin \beta + WD + WB$$

$$R_y = 1282,99 \text{ N}$$

$$R_A = R_y \cdot \sin \sigma + R_x \cdot \cos \sigma$$

$$R_A = 2345,79 \text{ N}$$

$$R_S = -R_y \cdot \cos \sigma + R_x \cdot \sin \sigma$$

$$R_S = 293,53 \text{ N}$$

5.2.4. Pemodelan dan Perhitungan Biomekanika pada Segmen Kaki Proses Pengikiran Wajan sebelum Perbaikan

a. Kaki Kiri

Terdapat beberapa komponen perhitungan telah diketahui dan beberapa komponen yang akan dicari dalam analisis biomekanika. Komponen - komponen tersebut antara lain sebagai berikut:

W (berat operator) = $50 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$	= 490,5 N
H (tinggi operator)	= 1,55 m
Δy (jarak antara tulang paha dengan perpanjangan gaya otot quadeiceps)	= 0,03*H
AB (jarak titik A ke titik berat segmen paha)	= 0,12*H
AC (jarak titik A ke titik lutut)	= 0,24*H
CD (jarak titik lutut ke titik telapak kaki)	= 0,29*H
BC (jarak antara titik lutut ke titik berat paha)	= 0,12*H
CX (jarak antara titik lutut ke titik berat betis)	= 0,126*H
WA (berat bagian atas pinggang di titik A)	= 0,85*W
WB (berat segmen paha)	=

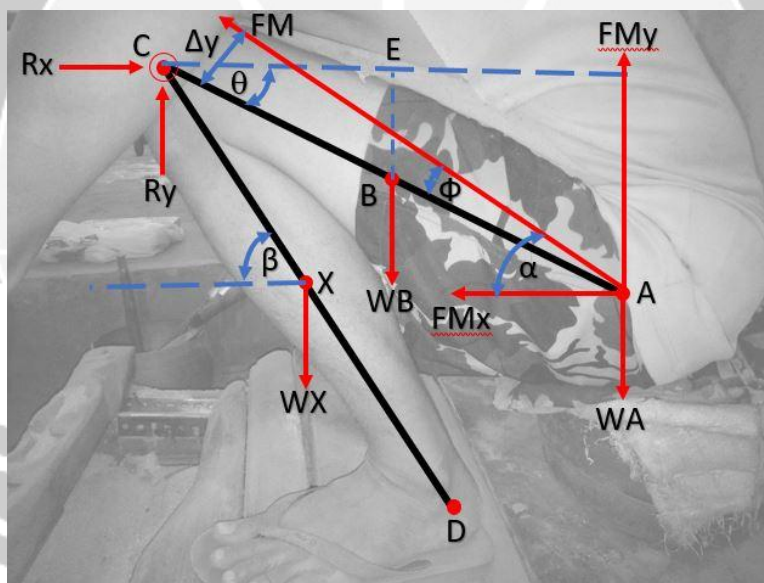
	$0,10 \cdot W$
	$=$
WX (berat segmen betis)	$0,18 \cdot W$
θ (sudut yang dibentuk antara paha dan kaki)	$= 25^\circ$
β (sudut antara betis dan sumbu x)	$= 60^\circ$
Φ (sudut antara gaya otot quadriciceps dan paha)	$= 8^\circ$
α (sudut antara gaya otot quadriciceps dan sumbu x)	$= 33^\circ$
$= \theta + \Phi$	$= 33^\circ$

Dicari:

FM (gaya otot quadriciceps)

Rx (reaksi gaya horizontal)

Ry (reaksia gaya vertical)



Gambar 5.10. Free Body Diagram Proses Pengikiran Wajan Segmen Tubuh Kaki Kiri

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ R_x - F_{Mx} &= 0 \\ R_x &= F_M \times \cos \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ F_{My} + R_y - W_A - W_B - W_X &= 0 \\ F_M \times \sin \alpha + R_y - W_A - W_B - W_X &= 0 \\ R_y &= W_A + W_B + W_X - F_M \times \sin \alpha \end{aligned}$$

$$\sum M_c = 0$$

$$-WX \times CX \times \cos \beta - WB \times BC \times \cos \theta - WA \times AC \times \cos \theta + FM_y \times AC \times \cos \theta - FM_x \times AC \times \sin \theta = 0$$

$$FM \times \sin \alpha \times AC \times \cos \theta - FM \times \cos \alpha \times AC \times \sin \theta = WX \times CX \times \cos \beta + WB \times BC \times \cos \theta + WA \times AC \times \cos \theta$$

$$FM (\sin \alpha \times AC \times \cos \theta - \cos \alpha \times AC \times \sin \theta) = WX \times CX \times \cos \beta + WB \times BC \times \cos \theta + WA \times AC \times \cos \theta$$

$$FM = \frac{WX \times CX \times \cos \beta + WB \times BC \times \cos \theta + WA \times AC \times \cos \theta}{\sin \alpha \times AC \times \cos \theta - \cos \alpha \times AC \times \sin \theta}$$

$$FM = 2921,02 \text{ N}$$

$$R_x = FM \times \cos \alpha$$

$$R_x = 2449,773 \text{ N}$$

$$R_y = WA + WB + WX - F_m \times \sin \alpha$$

$$R_y = -1100,4 \text{ N}$$

b. Kaki Kanan

Terdapat beberapa komponen perhitungan telah diketahui dan beberapa komponen yang akan dicari dalam analisis biomekanika. Komponen - komponen tersebut antara lain sebagai berikut:

$$W \text{ (berat operator)} = 50 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 490,5 \text{ N}$$

$$= 1,55$$

$$H \text{ (tinggi operator)} = \text{m}$$

$$\Delta y \text{ (jarak antara tulang paha dengan perpanjangan gaya otot quadeiceps)} =$$

$$0,03 \times H$$

$$=$$

$$AB \text{ (jarak titik A ke titik berat segmen paha)} = 0,12 \times H$$

$$=$$

$$AC \text{ (jarak titik A ke titik lutut)} = 0,24 \times H$$

$$=$$

$$CD \text{ (jarak titik lutut ke titik telapak kaki)} = 0,29 \times H$$

$$=$$

$$BC \text{ (jarak antara titik lutut ke titik berat paha)} = 0,12 \times H$$

$$=$$

$$CX \text{ (jarak antara titik lutut ke titik berat betis)} = 0,126 \times H$$

$$WA \text{ (berat bagian atas pinggang di titik A)} = 0,85 \times W$$

$$WB \text{ (berat segmen paha)} = 0,10 \times W$$

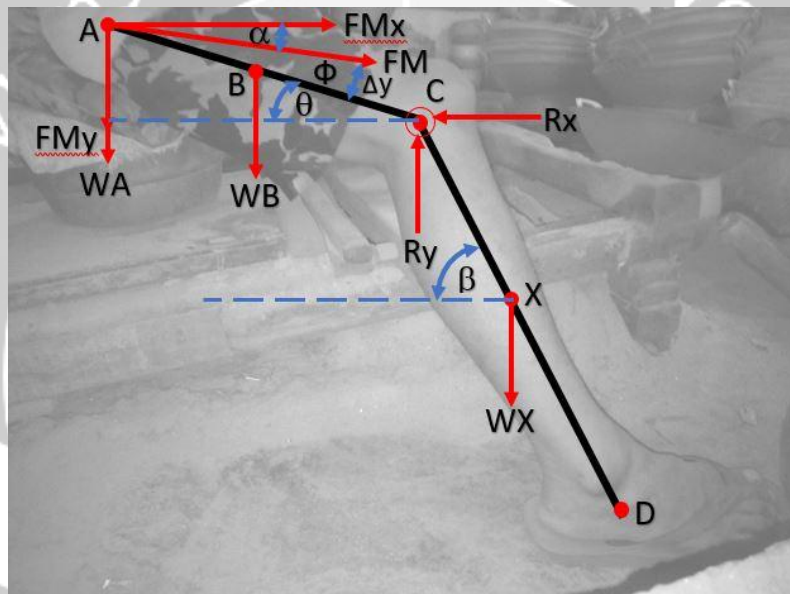
- WX (berat segmen betis) = $0,18 \cdot W$
- θ (sudut yang dibentuk antara paha dan kaki) = 30°
- β (sudut antara betis dan sumbu x) = 60°
- Φ (sudut antara gaya otot quadrieceps dan paha) = 8°
- α (sudut antara gaya otot quadriceps dan sumbu x) = $\theta - \Phi = 22^\circ$

Dicari:

FM (gaya otot quadriceps)

Rx (reaksi gaya horizontal)

Ry (reaksia gaya vertical)



Gambar 5.11. Free Body Diagram Proses Pengikiran Wajan Segmen Tubuh Kaki Kanan

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ FM_x - R_x &= 0 \\ R_x &= FM \times \cos \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ R_y - F_{My} - W_A - W_B - W_X &= 0 \\ R_y - FM \times \sin \alpha - W_A - W_B - W_X &= 0 \\ R_y &= W_A + W_B + W_X + F_m \times \sin \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_c &= 0 \\ -FM_x \times AC \times \sin \theta + F_{My} \times AC \times \cos \theta + W_A \times AC \times \cos \theta + W_B \times BC \times \cos \theta + \\ W_X \times CX \times \cos \beta &= 0 \\ FM (\sin \alpha \times AC \times \cos \theta - \cos \alpha \times AC \times \sin \theta) &= -W_A \times AC \times \cos \theta - W_B \times BC \times \cos \theta - W_X \times CX \times \cos \beta \end{aligned}$$

$$F_M = \frac{-W_A \times AC \times \cos \theta - W_B \times BC \times \cos \theta - W_X \times CX \times \cos \beta}{\sin \alpha \times AC \times \cos \theta - \cos \alpha \times AC \times \sin \theta}$$

$$F_M = -2793,246 \text{ N}$$

$$R_x = F_M \times \cos \alpha$$

$$R_x = -2419,022 \text{ N}$$

$$R_y = W_A + W_B + W_X + F_M \times \sin \alpha$$

$$R_y = -906,123 \text{ N}$$

5. zdbsn

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Ilman, Y. Y. (2013). Rancangan Perbaikan Sistem Kerja dengan Metode Quick Exposure Check (QEC) di Bengkel Sepatu X di Cibaduyut. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*.
- Anonim. (t.thn.). *reba.htm*. Dipetik 8 Sunday, 2011, dari [www.ergo.human.cornell.edu](http://www.ergo.human.cornell.edu/reba.htm): <http://www.ergo.human.cornell.edu/reba.htm>
- Anonim. (t.thn.). *rula.htm*. Dipetik 8 1, 2011, dari [www.ergo.human.cornell.edu](http://www.ergo.human.cornell.edu/rula.htm): <http://www.ergo.human.cornell.edu/rula.htm>
- Anonim. (2005). *Strategi Pengelolaan Usaha Kerajinan yang Efisien*. Yogyakarta: Dekranasda DIY.
- Chaffin, Andersson, & Martin. (1999). *Occupational Biomechanics*. Canada: John Willey & Sons, Inc.
- Daggfeldt, K., & Thorstensson, A. (2003). The Mechanics of Back - Extensor Torque Production About the Lumbar Spine. *Journal of Biomechanics*.
- Giancoli. (2009). *Physics for Scientist and Engineers 4th*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Mas'idah, E., Fatmawati, W., & Ajibta, L. (n.d.). *Analisa Manual Material Handling (MMH) Dengan Menggunakan Metode Biomekanika Untuk Mengidentifikasi Risiko Cedera Tulang Belakang (Musculoskeletal Disorder)*, 41.
- Phillips. (2000). *Human Factors Engineering*. USA: John Willey & Sons, Inc.

- Riemer, R., T., E., & Hsiao-Wecksler. (2008). improving Joint Torque Calculations: Optimization-Vased Inverse Dynamics to Reduce the Effect of Motion Errors . *Journal of Biomechanics*.
- Survey. (2016, November 29). *Antropometri Indonesia*. Retrieved from antropometriindonesia.org:
http://antropometriindonesia.org/index.php/detail/sub/2/7/0/pengantar_antropometri
- Sutalaksana, I.Z., (2006). Teknik perancangan sistem kerja. Bandung: Penerbit ITB.
- Tarwaka, Bakri, S. H., & Sudiajeng, L. (2004). *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: UNIBA PRESS.
- Wignjosuebrotu. (2008, November 29). *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: Guna Widya. Retrieved from <http://antropometriindonesia.org>:
http://antropometriindonesia.org/index.php/detail/sub/2/7/0/pengantar_antropometri
- Wilson, J.R., dan Corlett, N. (2005). Evaluation of human work (Ed. 3). Florida: CRC Press.

Lampiran 1. Personalia Peneliti

Daftar Riwayat Hidup - Ketua Tim Pengusul

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Chandra Dewi K, S.T., M.T
2.	Jenis Kelamin	P
3.	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
4.	NIP/NIK/No. identitas lainnya	03.97.618
5.	NIDN	0504017502
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Klaten, 04 Januari 1973
7.	E-mail	candra_dewi@mail.uajy.ac.id
8.	Nomor Telepon/Hp	0272-325909 / 081915522901
9.	Alamat Kantor	Jl. Babarsari 43, Yogyakarta – 55281
10.	Nomor Telepon/Fax	0274-487711 (hunting) Fax. 0274-485223
11.	Lulusan yg telah dihasilkan	S1= 60 orang ; S2= - orang; S3= - orang;
12.	Mata Kuliah yg Diampu	1. Analisis dan Perancangan Sistem Kerja
		2. Ergonomi
		3. Analisis Biaya
		4. Perancangan Sistem Terpadu

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Diponegoro Semarang	Institut Teknologi Bandung	-
Bidang Ilmu	Teknik Kimia	Teknik Industri	-
Tahun Masuk	1991	2000	-
Tahun Lulus	1996	2002	-
Judul Skripsi/ Tesis/ Disertasi	Perancangan Pabrik Methyl Mercaptam	Analisis Ergonomi dan Perancangan Tempat Duduk bagi Pesinden	-
Nama Pembimbing	Dr. Ir. Bakti George	Dr. Iftikar Z. Satalaksana	-

C. Pengalaman Penelitian

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2016	Evaluasi Kebutuhan Pengguna pada Rancangan Fasilitas Bermain untuk Taman Kanak-kanak dengan Metode Quality Function Deployment	UAJY	20
2	2015	Karakterisasi Antropometri dan Postur Kerja dalam Rancang Bangun Fasilitas Ergonomis untuk Taman Kanak-kanak	UAJY	12
3	2014-2015	Penelitian Hibah Bersaing: Perbaikan Sistem Kerja untuk Meningkatkan Produktivitas Kerja pada Kelompok Industri kecil Kerajinan Batu Alam	Dikti	116
4	2013	Penelitian Fundamental: Kajian Pendekatan Ergonomi Makro untuk	Dikti	54,5

		Perbaikan Kondisi Tempat Kerja pada Industri Skala Rumah Tangga di Wilayah Kota Yogyakarta		
5	2013	Perancangan Ulang Alat Pintal Daun Pandan	UAJY	7,5
6	2010	Analisis Pengaruh Lirik Musik Favorite Terhadap Jumlah Output yang Dihasilkan dan Jumlah Kesalahan yang Dilakukan Pekerja	UAJY	4

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2016	Pelatihan Pengembangan Produk Pisang di Kelompok Wanita Tani Sekar Wangi Dukuh Pandowo	UAJY	5
2	2013	Perancangan Produk Kerajinan Sulam bagi Ibu-ibu dan OMK Putri di Gereja Santo Paulus Pringgolayan, DIY	UAJY	5
3	2012	IbM Usaha Kerajinan di Desa Tanjungharjo	Dikti	49
4	2012	Pendampingan Diversifikasi Produk Sulam di Huntara Dusun Gondang, Desa Argomulyo, Cangrangan, Sleman	Disnaker trans	13


E. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*)

No.	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
6	Seminar Nasional Ergonomi dan Kongres Perhimpunan Ergonomi Indonesia VI	Analisis Postur dan Biomekanik pada Aktivitas Manual Material Handling dengan Menggunakan Wheelbarrow	Bandung, 13-14 November 2012
7	Seminar Nasional Ergonomi dan Kongres Perhimpunan Ergonomi Indonesia VI	Perancangan Ulang Neck Gitar Elektrik yang Ergonomis	Bandung, 13-14 November 2012
8	Industrial Engineering National Conference	Analisis Postur Kerja pada Industri Gerabah	UMS, Surakarta, 28 Maret 2013
9.	International Conference APCHI Ergofuture-PEI-IAIFI-2014	Work System Evaluation in a Small Scale Industry	UNUD, Bali, October 22-25, 2014
10	International Conference APCHI Ergofuture-PEI-IAIFI-2014	Work Improvement in Home Industries Using Participatory Ergonomics Approach	UNUD, Bali, October 22-25, 2014
11	Industrial Engineering National Conference 2015	Perbaikan Fasilitas Kerja pada Aktivitas Penghalusan Kayu untuk Memperbaiki Postur Kerja Di Industri Kerajinan Mainan Anak-	UMS, Surakarta, 24 Maret 2015

		anak.	
--	--	-------	--

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.
Demikian biodata ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, Agustus 2017



Pengusul
Chandra Dewi K

