

**KAJIAN ERGONOMIKA PADA PENGGUNAAN MESIN PENERING
HYBRID TIPE RAK**

(SKRIPSI)

Oleh
CANTIKA RIZKY ASTI
1814071065



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2022

ABSTRACT

ERGONOMICS STUDY ON THE USE OF A RACK-TYPE *HYBRID* DRYER

By

CANTIKA RIZKY ASTI

Ergonomics is a multi- and interdisciplinary approach that seeks to harmonize tools, methods and work environment with the capabilities, abilities and limitations of operators so as to create healthy, safe, safe, comfortable and efficient working conditions. The analysis of ergonomic aspects of a machine and the adjustment of machine size to the dimensions of the operator's body is called anthropometry. In anthropometry, there are several measurements that can be made to determine the shape and size of the human body. The measurement results will get a ratio number that can monitor the proportion of operators in the use of a machine or tool, one of which is a rack-type hybrid dryer. The rack-type hybrid dryer is an agricultural post-harvest tool that has been manufactured and tested for its performance in such a way that it is designed to facilitate the work of farmers in the drying process. Ergonomics tests on rack-type hybrid dryers need to be carried out to help the operator feel comfortable with the appropriate size of the tool in its operation so as not to have a bad impact on the operator. The purpose of this study was to determine the ergonomics of the rack-type hybrid dryer in terms of anthropometry, work fatigue, heavy load biomechanics, and work environment design. This study uses a quantitative method supported by literature study about the dimensions of the ergonomic rack type hybrid dryer or according to the size of the human body. The variables measured and data were taken in the form of anthropometry (static), recommended workload limits, work fatigue, and the physical work environment. The results showed that the ergonomic dimensions of the tool were in accordance with the dimensions of the

operator's body in the form of a hook for the bottom of the machine door, the MCB (Miniature Circuit Breaker) button, and the dryer door handle. The operator's work fatigue level is classified as ergonomic because the CVL (Cardiovascular Load) percentage value obtained is $\leq 30\%$ so that there is no fatigue in operating the tool. The recommended workload of the destination area is not yet ergonomic and it is necessary to reduce the load lifted on each drying machine rack. Temperature measurement is classified as ergonomic because it is at or below the threshold value. Lighting measurement is not yet ergonomic because the average obtained is less or more than 100 lux.

Keywords : anthropometry, ergonomic, rack-type hybrid dryer

ABSTRAK

KAJIAN ERGONOMIKA PADA PENGGUNAAN MESIN PENERING *HYBRID* TIPE RAK

By

CANTIKA RIZKY ASTI

Ergonomi merupakan pendekatan multi dan interdisiplin yang berupaya menyetarakan alat, cara dan lingkungan kerja terhadap kemampuan, kebolehan dan batasan operator sehingga tercipta kondisi kerja yang sehat, selamat, aman, nyaman dan efisien. Analisis aspek ergonomi dari suatu mesin dan penyesuaian ukuran mesin terhadap dimensi tubuh operator disebut antropometri. Dalam ilmu antropometri terdapat beberapa pengukuran yang dapat dilakukan untuk mengetahui bagaimana bentuk dan ukuran tubuh pada manusia. Hasil pengukuran akan mendapatkan angka rasio yang bisa memantau proporsi operator dalam penggunaan suatu mesin atau alat, salah satunya adalah alat pengering *hybrid* tipe rak. Alat pengering *hybrid* tipe rak merupakan alat pasca panen pertanian yang telah dibuat dan diuji kinerjanya sedemikian rupa didesain untuk mempermudah pekerjaan para petani dalam proses pengeringan. Uji ergonomi terhadap alat pengering *hybrid* tipe rak perlu dilakukan untuk membantu dalam kenyamanan operator terhadap ukuran alat yang sesuai dalam pengoperasiannya agar tidak memberikan dampak buruk bagi operator. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui keergonomisan mesin pengering *hybrid* tipe rak ditinjau dari segi antropometri, kelelahan kerja, biomekanika berat beban, dan perancangan lingkungan kerja. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif didukung studi literatur tentang ukuran dimensi alat pengering *hybrid* tipe rak yang ergonomis atau sesuai dengan ukuran tubuh manusia. Variabel yang diukur dan diambil data berupa antropometri (statis), batas beban kerja rekomendasi, kelelahan kerja, dan lingkungan fisik kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi alat yang

ergonomis sesuai dengan dimensi tubuh operator berupa pengait pintu mesin bagian bawah, tombol *MCB (Miniatur Circuit Breaker)*, dan *handle* pintu pengering. Tingkat kelelahan kerja operator tergolong ergonomis karena nilai persentase *CVL (Cardiovascular Load)* yang didapatkan $\leq 30\%$ sehingga tidak terjadinya kelelahan dalam pengoperasian alat. Beban kerja rekomendasi daerah tujuan belum tergolong ergonomis dan perlu adanya penurunan beban yang diangkat pada tiap rak mesin pengering. Pengukuran suhu tergolong ergonomis karna berada pada atau dibawah nilai ambang batas. Pengukuran pencahayaan belum ergonomis karena rata-rata yang didapatkan kurang atau lebih dari 100 lux.

Kata kunci : antropometri, ergonomi, mesin pengering *hybrid* tipe rak

**KAJIAN ERGONOMIKA PADA PENGGUNAAN MESIN PENERING
HYBRID TIPE RAK**

Oleh

CANTIKA RIZKY ASTI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2022

Judul Skripsi : **KAJIAN ERGONOMIKA PADA PENGGUNAAN
MESIN PENERING *HYBRID* TIPE RAK**

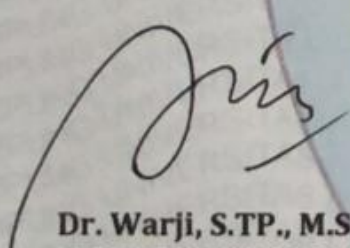
Nama Mahasiswa : **Cantika Risky Asti**

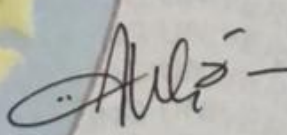
Nomor Pokok Mahasiswa : **1814071065**

Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**

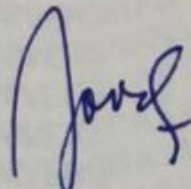



Dr. Warji, S.TP., M.Si.
NIP 19780102 200312 1 001


Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si.
NIP 19700703 199802 2 001

MENGETAHUI

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

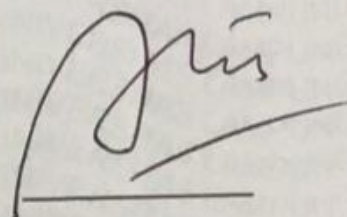


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP 19621010 198902 1 002

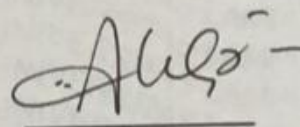
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

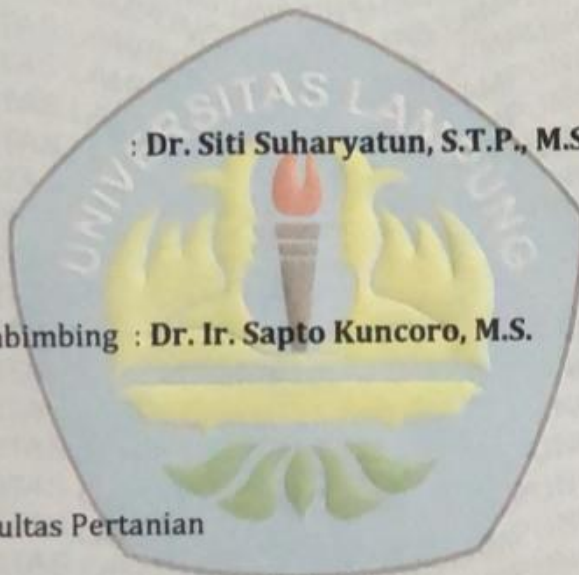
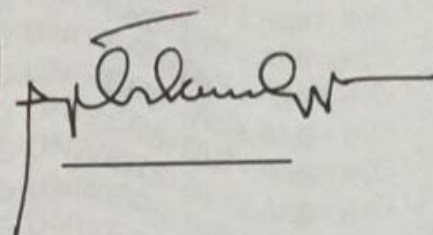
Ketua : Dr. Warji, S.TP., M.Si.



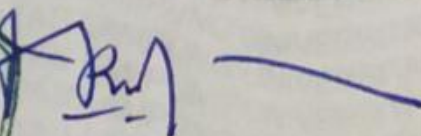
Sekretaris : Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Sapto Kuncoro, M.S.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19641020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 10 Juni 2022

PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya Cantika Rizky Asti NPM 1814071065. Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Warji, S.TP., M.Si.** dan 2) **Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengankata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 10 Juni 2022
Penulis,



warji
Cantika Rizky Asti
NPM 1814071065

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kelurahan Bogorejo, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, pada hari Senin, 3 April 2000. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara, putri Bapak Harwoko (Alm) dan Ibu Yuniati, adik dari Arum Pangundri dan Bibong Luckyto. Penulis memulai pendidikan Sekolah Dasar di Madrasah Ibtidaiyah Diniyyah Putri Lampung lulus pada tahun 2012. Menempuh jenjang pendidikan Sekolah Menengah Pertama di Madrasah Tsanawiyah Diniyyah Putri Lampung, lulus pada tahun 2015. Serta melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Gadingrejo, lulus pada tahun 2018. Pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswi di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Baru Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam beberapa kegiatan dalam bidang akademik dan organisasi. Penulis merupakan anggota biasa organisasi tingkat jurusan pada periode 2018/2019. Penulis aktif dalam kegiatan tahunan dari IMATETANI (Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian) sebagai bidang Dana dan Usaha (Danus) dalam kongres IMATETANI yang dilaksanakan pada tahun 2019.

Pada bidang pengabdian masyarakat, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bogorejo, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung pada tanggal 01 Februari – 10 Maret 2021. Penulis juga melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di Balai Pelatihan Pertanian (BPP)

Lampung dengan judul penelitian “Mempelajari Budidaya dan Pasca Panen Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea L.*) Hidroponik pada Balai Pelatihan Pertanian (BPP) Lampung” pada tanggal 2 Agustus – 9 September 2021.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirobbil'aalamin..

Segala puji dan syukur saya haturkan kepada Allah SWT, dengan nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang kuperssembahkan karya ini sebagai wujud kasih sayang, bukti tulus, bentuk rasa syukur, cinta kasih, dan sebagai tanda bakti

Kepada :

Orangtua ku tersayang dan yang aku cintai sepenuh hati ku

(Bapak Harwoko (Alm) dan Ibu Yuniati)

Terimakasih atas segala kasih sayang dan segala perjuangan dalam membesarkan. Terimakasih atas dukungan moril maupun materil yang senantiasa diberikan untuk keberhasilan dan kebahagiaanku, serta do'a yang senantiasa dipanjatkan dalam mengiringi setiap langkahku sampai aku bisa di titik ini

Serta

kakak-kakakku yang aku sayangi

(Arum Pangundri dan Elbong Luckyto)

Serta Keluargaku tersayang

Terimakasih telah memberikan do'a dan dukungan kepadaku

SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan banyak sekali kenikmatan, kesempatan, rahmat, dan hidayah sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**KAJIAN ERGONOMIKA PADA PENGGUNAAN MESIN PENERING *HYBRID* TIPE RAK**” yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Sholawat serta salam tak henti-hentinya penulis haturkan kepada sosok tauladan yakni Nabi Muhammad SAW, yang tentunya kita nantikan syafa’atnya di hari kiamat nanti.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan masukan, bantuan, dorongan, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
4. Bapak Dr. Warji, S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi;

5. Ibu Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan masukan, saran serta arahan dalam menyelesaikan skripsi ini;
6. Bapak Dr. Ir. Sapto Kuncoro, M.S., selaku Dosen Penguji saya yang telah memberikan masukan, saran serta arahan dalam menyelesaikan skripsi ini;
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas segala ilmu, pengalaman serta bantuannya yang telah diberikan baik dalam perkuliahan ataupun yang lainnya;
8. Kedua orang tua penulis, Alm. Bapak Harwoko dan Ibu Yuniati, yang menjadi penyemangat atas didikan, doa, serta motivasi yang diberikan;
9. Saudara penulis Arum Pangundri dan Bibong Luckyto, yang telah memberikan nasihat, motivasi dan doa untuk keberhasilan penulis;
10. Teman-teman seperjuangan penulis Arga Meylando, Amiratu Syifa, Annisa Suci Ramadhanti, Ayu Amelia, Rena Novelia, Sefriyanti Simanjuntak, Septhy Kartika Dewi, Gilang Putra Prasetyo, Aldi Yoga Pratama, dan Wulan Fadillah yang telah memberikan bantuan, doa, semangat, dan motivasi selama perkuliahan;
11. Keluarga besar Teknik Pertanian 18 yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat selama perkuliahan dan penelitian;
12. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 10 Juni 2022

Cantika Rizky Asti
1814071065

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Hipotesis Penelitian	4
1.6. Batasan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Ergonomi	6
2.2. Fungsi Ergonomi	8
2.3. Aspek-Aspek Ergonomi dalam Pemecahan Masalah	11
2.4. Antropometri	17
2.5. Manfaat Antropometri	21
2.6. Biomekanika	24
2.7. Kelelahan Kerja	30
2.8. Faktor Penyebab Kelelahan Kerja	32
2.9. Pengukuran Tingkat Kelelahan berdasarkan % <i>CVL</i>	32
2.10. Penilaian Beban Kerja Fisik	33
2.11. Lingkungan Fisik Kerja	34
2.12. Alat Pengereng <i>Hybrid</i> Tipe Rak	39
III. METODOLOGI PENELITIAN	42
3.1. Waktu dan Tempat	42
3.2. Alat dan Bahan	42
3.3. Metode Penelitian	42
3.4. Prosedur Penelitian	47
3.5. Parameter Penelitian	48

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1. Antropometri	51
4.2. Kelelahan Kerja Operator	58
4.3. Batas Beban Kerja Rekomendasi	60
4.4. Lingkungan Fisik Kerja	63
V. KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1. Kesimpulan	70
5.2. Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
<i>Teks</i>	
1. Faktor pengali kopling	28
2. Faktor pengali frekuensi	29
3. Klasifikasi <i>CVL (Cardiovascular Load)</i>	33
4. Kategori beban kerja berdasarkan metabolisme, respirasi, suhu tubuh dan denyut jantung	34
5. Intensitas penerangan dalam tempat kerja	37
6. Hasil nilai persentil	56
7. Beban berat rak pengering dengan bahan	61
8. Standar tingkat pencahayaan ruang kerja	68
9. Data pengukuran antropometri	78
10. Data pengukuran tingkat kelelahan operator	79
11. Data pengukuran beban kerja rekomendasi daerah asal	80
12. Data pengukuran beban kerja rekomendasi daerah tujuan	81
13. Data pengukuran suhu	82
14. Data pengukuran pencahayaan	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
<i>Teks</i>	
1. Representasi dari sudut asimetrik	30
2. Alat pengering <i>hybrid</i> tipe rak	41
3. Dimensi tinggi ujung jari berdiri	43
4. Dimensi jangkauan vertikal duduk	44
5. Dimensi jangkauan vertikal berdiri	45
6. Dimensi jangkauan horizontal duduk	45
7. Dimensi jangkauan horizontal berdiri	46
8. Diagram alir penelitian	48
9. Grafik keseragaman data tinggi ujung jari berdiri	51
10. Grafik keseragaman jangkauan vertikal berdiri	52
11. Grafik keseragaman jangkauan horizontal berdiri	52
12. Grafik keseragaman jangkauan vertikal duduk	53
13. Grafik keseragaman jangkauan horizontal duduk	54
14. Grafik uji kecukupan data	55
15. Grafik persentil	56
16. Grafik persentase <i>CVL</i> (<i>Cardiovascular Load</i>)	59
17. Grafik beban kerja rekomendasi daerah asal	61
18. Grafik beban kerja rekomendasi daerah tujuan	62
19. Grafik kenyamanan termal	64
20. Grafik pencahayaan	67
<i>Lampiran</i>	
21. Bengkel Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung	83

22. Mesin pengering <i>hybrid</i> tipe rak	83
23. Proses pengukuran beban kerja rekomendasi	83
24. Proses pengukuran dimensi jangkauan vertikal berdiri	84
25. Proses pengukuran dimensi jangkauan horizontal duduk	84
26. Proses pengukuran dimensi jangkauan vertikal duduk	85
27. Proses penimbangan beban rak pengering	85
28. Detail penimbangan beban rak pengering	86
29. Proses pengukuran pengali vertikal beban kerja rekomendasi	86
30. Pengukuran pengali horizontal beban kerja rekomendasi	86
31. Pengukuran pengali vertikal dalam keadaan duduk	86
32. Pengukuran beban kerja rekomendasi dalam keadaan berdiri	87
33. Detail ukuran pengukuran pengali vertikal beban kerja rekomendasi	87
34. Posisi pengangkatan rak pengering	87
35. Pengukuran cahaya luar ruangan menggunakan <i>luxmeter</i>	87
36. Pengukuran cahaya dalam ruangan dengan <i>luxmeter</i>	88
37. Pengukuran suhu lingkungan dengan <i>thermometer</i>	88

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan alat pada sektor pertanian akhir-akhir ini terus meningkat, baik pertanian dalam jumlah besar, sedang maupun kecil. Perkembangan alat di sektor pertanian ditujukan untuk mempermudah dan mengefisienkan operator guna meminimalisir waktu dan tingkat kecelakaan kerja yang dapat terjadi pada penggunaan alat pertanian. Perlindungan operator ditujukan kepada perbaikan alat atau mesin yang dapat digunakan dengan tingkat kenyamanan yang tinggi. Oleh karena itu perlu adanya penerapan ergonomi pada penggunaan alat atau mesin pertanian untuk memperoleh perbaikan dalam perancangan atau penggunaan suatu alat.

Penerapan ergonomi berguna untuk peningkatan kesehatan, keselamatan dan produktivitas operator serta perbaikan BB mutu produk dalam proses produksi semakin dirasakan. Oleh karena itu penyelenggaraan ergonomi perlu segera dilakukan dengan lebih baik melalui penyesuaian mesin, alat dan perlengkapan kerja terhadap tenaga kerja yang dapat mendukung kemudahan, kenyamanan dan efisiensi kerja (Nurmianto, 2004).

Ergonomi yang merupakan pendekatan multi dan interdisiplin yang berupaya menyasikan alat, cara dan lingkungan kerja terhadap kemampuan, kebolehan dan batasan operator sehingga tercipta kondisi kerja yang sehat, selamat, aman, nyaman dan efisien. Agar tercapai kondisi seperti itu, seharusnya peralatan dan lingkungan dikondisikan sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia. Untuk keperluan perancangan alat dan lingkungan diperlukan nilai standar ergonomi yang dibuat disesuaikan dengan kemampuan dan batasan manusia.

Dalam hal ini ergonomi juga berupaya menciptakan kesehatan dan keselamatan kerja. Oleh karena itu ergonomi perlu diterapkan di semua tempat kerja untuk meningkatkan produktivitas bagi operator.

Menurut Santoso (2004) bahwa “kondisi tubuh menjadi kurang optimal, tidak efisien, kualitas rendah, dan seseorang dapat mengalami gangguan kesehatan seperti pusing (*motion*), nyeri pinggang (*low back pain*), gangguan otot rangka (*skeletal muscel*), dan penurunan daya dengar yang tidak bias dihindari. Walau operator tersebut belum sampai sakit parah (celaka) seharusnya perlu dipertimbangkan kaidah ergonomi, agar terjadi keserasian yang baik antara kemampuan dan batasan manusia dengan lingkungannya”.

Ergonomi berperan penting dalam menaikkan keselamatan dan kesehatan kerja, misalnya seperti pada menentukan kemampuan operator pada penggunaan suatu alat atau mesin agar bisa mengurangi rasa nyeri dan ngilu pada sistem kerangka serta otot manusia. Untuk mengurangi ketidaknyamanan tersebut, maka diperlukan pengukuran dimensi tubuh terhadap operator pengguna mesin atau alat yang digunakan. Analisis aspek ergonomi dari suatu mesin dan penyesuaian ukuran mesin terhadap dimensi tubuh operator disebut antropometri. Dalam ilmu antropometri terdapat beberapa pengukuran yang dapat dilakukan untuk mengetahui bagaimana bentuk dan ukuran tubuh pada manusia. Hasil pengukuran akan mendapatkan angka rasio yang bisa memantau proporsi operator dalam penggunaan suatu mesin.

Alat pengering *hybrid* tipe rak merupakan alat pasca panen pertanian yang telah dibuat dan diuji kinerjanya sedemikian rupa didesain untuk mempermudah pekerjaan para petani dalam proses pengeringan dengan struktur, fungsi serta ukuran yang sesuai. Uji ergonomi terhadap alat pengering *hybrid* tipe rak perlu dilakukan untuk membantu dalam kenyamanan operator terhadap ukuran alat yang sesuai dalam pengoperasiannya agar tidak memberikan dampak buruk bagi operator. Kajian mengenai antropometri alat pengering *hybrid* tipe rak dilakukan agar saat pengoperasian alat operator tidak mengalami efek samping seperti keseleo, pegal-pegal, atau sakit pada bagian tubuh tertentu akibat ketidaksesuaian

antara ukuran alat dengan operator sehingga tidak berdampak pada produktivitas dari pekerjaan itu sendiri.

Penggunaan alat pengering *hybrid* tipe rak terdapat aktivitas fisik seperti mengangkat beban saat memindahkan rak pengering. Dalam hal ini berkaitan dengan ergonomi fisik yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan dan daya tahan manusia dalam melakukan suatu pekerjaan. Bidang kajian ergonomi yang berkaitan dengan mekanisme pergerakan tubuh dalam melakukan suatu pekerjaan atau aktivitas disebut biomekanika. Pendekatan biomekanika menekankan pada aktivitas pengangkatan beban secara manual. Maka diperlukan adanya batasan pengangkatan beban guna mengukur kemampuan operator dalam pengangkatan beban.

Lingkungan kerja yang nyaman sangat diperlukan bagi pekerja guna mendapatkan pekerjaan secara optimal. Oleh sebab itu lingkungan kerja harus didesain sedemikian rupa hingga mendapatkan hasil yang diinginkan para pekerja dalam melakukan aktivitasnya. Faktor-faktor fisik yang terdapat pada lingkungan industri diantaranya adalah pencahayaan, iklim dalam ruangan, kebisingan, dll (Susanti, 2015).

Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian guna mendapatkan hasil analisis ergonomi terhadap alat pengering *hybrid* tipe rak dengan judul “Kajian Ergonomi pada Penggunaan Mesin Pengering *Hybrid* Tipe Rak”.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah dimensi mesin pengering *hybrid* tipe rak sesuai dengan dimensi tubuh operator?
2. Berapakah beban kerja yang digunakan untuk mengoperasikan mesin pengering *hybrid* tipe rak?
3. Bagaimana tingkat kelelahan kerja operator untuk mengoperasikan mesin pengering *hybrid* tipe rak?

4. Bagaimana lingkungan kerja yang sesuai untuk penggunaan mesin pengering *hybrid* tipe rak?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui keergonomisan mesin pengering *hybrid* tipe rak ditinjau dari segi antropometri.
2. Mengetahui batas maksimum beban kerja pada mesin pengering *hybrid* tipe rak.
3. Mengetahui tingkat beban kerja penggunaan mesin pengering *hybrid* dengan mengukur denyut nadi operator sebelum dan sesudah mengoperasikan mesin pengering *hybrid*.
4. Mengetahui standar lingkungan kerja yang dibutuhkan pada penggunaan mesin pengering *hybrid* tipe rak.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai aspek-aspek ergonomika mesin pengering *hybrid* tipe rak.

1.5. Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini adalah mesin pengering *hybrid* tipe rak sudah ergonomis ditinjau dari segi antropometri, biomekanika berat beban, kelelahan kerja dan perancangan lingkungan kerja.

1.6. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Objek yang diambil adalah dimensi mesin pengering *hybrid* tipe rak.

2. Kajian ergonomi ditinjau dari segi antropometri, biomekanika beban berat dan perancangan lingkungan kerja.
3. Data antropometri yang digunakan adalah data antropometri statis.
4. Perancangan lingkungan kerja hanya menggunakan faktor fisik berupa pencahayaan, iklim (suhu) terhadap ruangan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ergonomi

Arti ergonomi berasal dari bahasa latin yakni *ergon* (kerja) dan *nomos* (hukum alam) sehingga dapat diartikan sebagai ilmu tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang dilihat secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain/perancangan. Ergonomi juga berhubungan dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah dan tempat rekreasi. Manusia perlu akan ilmu tentang metode di mana manusia, fasilitas kerja serta lingkungan saling berhubungan dengan tujuan awal yaitu untuk mencocokkan suasana kerja dengan manusianya (Nurmianto, 2004).

Ergonomi pada halnya merupakan ilmu multidisiplin yang bertumbuh ke berbagai bidang aktivitas manusia. Hal tersebut disetimbangkan pada produk dan proses ergonomi. Produk ergonomi harus cocok dengan parameter keramahan tertentu pada manusia. Proses ergonomi berfokus pada perbedaan cara produksi produk. Proses ini harus didesain sesuai dengan kebutuhan manusia yang akan menggunakan produk itu sendiri. Penemuan produk yang bersifat universal sesuai untuk semua pengguna atau operator di pasaran global tidak mungkin terjadi. Karena setiap alat harus selalu memastikan keramahan kelompok terbesar. Perbedaan antara berbagai macam populasi manusia di seluruh dunia penting bila kita bandingkan standarisasi orang Asia dan Eropa atau Amerika. Menggunakan database penting untuk merancang produk beton. Dalam database ini memungkinkan akan penggunaan dimensi fisik dari populasi yang beragam agar hasil produk dapat disamakan dengan kelompok pengguna tertentu (Bures *et al.*, 2015).

Istilah “ergonomi” mulai dicetuskan pada tahun 1949, akan tetapi aktivitas yang berkenaan dengannya telah bermunculan puluhan tahun sebelumnya. Sedangkan kata ergonomi sendiri berasal dari bahasa Yunani yakni *ergon* (kerja) dan *nomos* (aturan/prinsip/kaidah). Istilah ergonomi meluas digunakan di Eropa. Di Amerika Serikat dikenal dengan istilah *human factor* atau *human engineering*. Kedua istilah tersebut (*ergonomis* dan *human factor*) berbeda pada penekannya. Intinya dari kedua kata tersebut sama halnya dengan menekankan pada performansi dan perilaku manusia (Basir *et al.*, 2015).

Banyak sekali faktor yang mempengaruhi keberhasilan dalam bekerja, jika seseorang melakukan suatu pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi manusia tersebut secara garis besar dapat dibagi dua, yaitu faktor individual dan faktor situasional. Faktor individual berawal mula dari diri seseorang itu sendiri, contohnya seperti usia, pendidikan, motivasi, dan pengalaman. Faktor situasional berawal dari luar diri seseorang atau pekerja, contohnya seperti tata letak ruang kerja, kondisi mesin, kondisi pekerjaan, dan karakteristik lingkungan (Santoso, 2013)

Analisis ergonomis selalu berpacu pada manusia dan berfokus pada pekerjaan manusia itu sendiri. Evaluasi dari hasil kinerja tugas ketika pengguna berinteraksi dengan sistem yang kompleks dapat digapai pada penerapan analisis tugas. Dalam melakukan evaluasi ergonomis, keberhasilan parsial dapat menentukan stress, kelalahan, dan masalah lainnya yang telah diambil dengan mengambil penggunaan cara untuk menggambarkan suatu analisis suatu kinerja individu di lingkungan kerja. Analisis tugas merupakan proses pengidentifikasian serta pemeriksaan bagian tugas yang harus dilakukan oleh pengguna yang berinteraksi pada sistem (Gomez *et al.*, 2015)

Keterampilan manusia untuk mendesain sebuah produk harus disesuaikan dengan karakteristik manusia. Jika terdapat ketidakcocokan antara produk dan karakteristik manusia, secara otomatis perasaan ketidaknyaman akan timbul saat penggunaan produk. Oleh sebab itu, semua produk harus diaplikasikan sesuai data

antropometri pengguna. Kenyamanan dapat dinilai dalam evaluasi secara objektif dan subjektif. Sementara itu, untuk melakukan evaluasi subyektif, subyek dibahas langsung dengan menggunakan kuesioner survei untuk menilai tanggapan mereka akan kenyamanan produk. Secara tidak langsung hal ini dapat bayangan terhadap tanggapan pengguna. Gabungan dari kedua metode obyektif dan subyektif akan memberikan evaluasi yang lebih baik akan ketidaknyamanan (Darius *et al.*, 2000).

Dari segi pandang ergonomi, pemindahan bahan secara manual adalah sebuah aktivitas berisiko tinggi yang dapat menyebabkan luka tulang belakang. Dari segi fisiologi, pemindahan bahan secara manual membutuhkan energi dan kekuatan optimum. Maka dari itu, semua aktivitas yang dilakukan secara tidak benar, dapat menyebabkan radang di saraf dan otot. Kegiatan pemindahan bahan secara manual yang menyertakan tuntutan fisik tinggi, membungkuk terus menerus, meringkuk dan memutar pinggul dapat mengganggu sistem muskuloskeletal. Sumber unggul dari masalah ini yaitu adanya beban statis berulang-ulang dalam kurun waktu yang lama, yang dapat menyebabkan ketegangan atau gangguan pada persendian, tendon dan ligamen. Hal Ini dikenal sebagai *Musculoskeletal Disorders* (MSD) (Basir *et al.*, 2015).

2.2. Fungsi Ergonomi

Kontrol ergonomis berguna untuk membantu menepatkan tempat kerja dengan pekerja. Mereka berupaya menempatkan tubuh pada posisi netral dan menurunkan faktor risiko ergonomis lainnya. Kontrol ini harus membantu populasi yang cukup luas. terdapat beberapa pendekatan dan cara yang dapat dilewati untuk memperbaiki penerapan ergonomi di tempat kerja dan dapat mengurangi faktor risiko yang dapat dilakukan melalui beberapa jalur kontrol seperti komunikasi, pengendalian manajemen, faktor desain ergonomis, pelatihan dan pendidikan serta ditulis dalam program ergonomi (Tharim, 2011)

Ergonomi dan penerapannya mencoba untuk menyeimbangkan kerja dan lingkungan kerja guna meningkatkan produktivitas dan keefisienan kerja serta

meningkatkan ketentraman individu melalui optimalisasi pekerja atau operator. kebanyakan penelitian terkait ergonomi di negara-negara berkembang, untuk memajukan produktivitas yang telah dititikberatkan pada sektor industri. Tidak banyak pekerjaan dari sifat ergonomi sudah dilakukan dalam pertanian skala kecil atau subsisten. Hal ini merupakan daerah yang terabaikan, akan tetapi memiliki potensi besar untuk membenahi dan melindungi kualitas hidup. Terdapat beberapa contoh kontribusi ergonomi yang dilakukan di negara-negara berkembang, khususnya pada sektor industri (Jafry *and* Oneill, 2000).

Pendekatan perancangan kendaraan dipusatkan pada penelitian dengan keterbatasan akan kemampuan manusia, baik secara fisik ataupun mental psikologis serta interaksinya dalam sistem manusia-mesin yang integral. Sehingga secara sistematis pendekatan ergonomi akan memanfaatkan informasi tersebut sebagai tujuan rancang bangun, maka kemudian terciptalah produk sistem atau lingkungan kerja yang lebih sesuai dengan manusia. Secara gilirannya rancangan yang ergonomis akan mendapat peningkatan efisiensi, efektifitas, dan produktivitas kerja serta dapat membuat sebuah karya sistem kerja lingkungan kerja yang cocok aman dan sehat (Surya *et al.*, 2013).

Faktor-faktor seperti panjang dari suatu dimensi tubuh baik dalam posisi statis maupun dinamis harus diperhatikan, karena hal ini dapat menghasilkan suatu perancangan yang optimum dari suatu ruang dan fasilitas. Hal lain yang perlu diperhatikan yaitu berat dan pusat massa (*centre of gravity*) dari suatu bagian tubuh, bentuk tubuh, jarak guna pergerakan melingkar pada tangan dan kaki, dan lain sebagainya (Niebels *and* Freivalds, 2002).

Prosedur pengukuran antropometri juga diperjelaskan secara rinci kepada operator. Meskipun pekerja pertanian harus sangat menyadari tujuan dari penelitian dan memberikan izin untuk mengikuti penelitian ini, kemudian mereka memilih sebagai subjek. Subjek ini diputar secara inklusif guna memastikan bahwa mereka berada dalam kesehatan normal dan tidak cacat fisik. Subjek yang memiliki dimensi tubuh berbeda seperti kerdil atau raksasa dan cedera muskuloskeletal tidak digunakan sebagai subjek survei ini. Subjek menggunakan

celana pendek ringan dan kemeja lengan setengah atau "T" saja. Sebelum memulai pengukuran, subjek disarankan untuk tidak beralas kaki. Sepanjang proses pengambilan data instrumen dimensi tubuh dijaga, kompresi yang berlebihan dari jaringan di bawahnya dihindari sejauh mungkin. Pengukuran dilakukan pada sisi kanan subjek dan data dicatat ke satuan terdekat millimeter, hal ini bermanfaat untuk mencapai keseragaman yang lebih besar (Dewangan *et al.*, 2010).

Ergonomi memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan faktor keselamatan dan kesehatan kerja, contohnya desain suatu sistem kerja, desain suatu sistem kerja guna memperkecil rasa nyeri dan ngilu pada sistem kerangka dan otot manusia, desain stasiun berguna untuk mengurangi rasa nyeri dan ngilu pada sistem kerangka dan otot manusia serta desain stasiun unit peraga *visual*. Hal tersebut merupakan manfaat untuk mengurangi ketidaknyamanan *visual* dan postur kerja, desain suatu perkakas kerja guna mengurangi kelelahan kerja, desain suatu peletakan instrumen dan sistem pengendalian agar didapat optimasi dalam proses transfer informasi dengan diperoleh suatu respon yang cepat dengan meminimalisir resiko kesalahan, serta agar didapatkan optimasi, efisiensi kerja dan hilangnya resiko kesehatan akibat metode kerja yang kurang tepat (Nurmianto, 2004).

Berikut adalah manfaat aplikasi ergonomi menurut Santoso (2013).

1. Performa ergonomis dapat meminimalisir kelelahan dan meningkatkan produktivitas kerja.
2. Performa kerja dapat diukur dengan memakai parameter kelelahan kerja berdasarkan metabolisme energi *anaerobic* fluktuasi asam laktat dan glukosa dalam darah.
3. Lingkungan industri dan sekolah harus dibuat secara ergonomis agar tenaga kerja atau guru serta siswa tetap dalam performa optimal (Santoso, 2013).

Sampai saat ini, rekayasa manusia atau rekayasa faktor manusia merupakan salah satu dari beberapa upaya yang berkesinambungan dengan desain dan tata letak peralatan, fasilitas dan lingkungan, sebuah definisi yang sangat sederhana di mana

rekayasa manusia adalah suatu konsep disiplin atau aturan yang berikatan dengan perancangan benda atau peralatan sehingga orang dapat memanfaatkannya secara efektif dan aman serta menciptakan lingkungan yang sesuai bagi kehidupan dan pekerjaannya. Apabila peralatan didesain sederhana tanpa adanya kesesuaian, manusia tidak akan dapat melakukan tugasnya sesuai dengan jadwal atau akan terjadinya kesalahan saat mengerjakannya. Kesalahan dapat menurunkan kinerja sistem dan dapat berbahaya bagi keselamatan operator bahkan keberhasilan misi itu sendiri (Huchingson, 1981).

2.3. Aspek-Aspek Ergonomi dalam Pemecahan Masalah

Masalah Dalam upaya memecahkan permasalahan ergonomi untuk mencapai kemampuan kerja yang optimal, maka terdapat delapan aspek ergonomi yang dapat dipakai sebagai pedoman dalam mengidentifikasi masalah kerja (Arimbawa, 2010):

1. Aspek gizi

Seorang pekerja akan menyelesaikan pekerjaan dengan baik, apabila memiliki tenaga atau energi yang cukup dan sangat tergantung pada kualitas gizi yang dikonsumsinya. Pada umumnya seorang pekerja normal secara alamiah memerlukan asupan energi setelah empat jam bekerja (tiga kali dalam sehari), diselingi dengan makanan kecil setelah satu jam kerja. Hal ini terjadi karena setiap habis makan, maka gula dalam darah dan *respiratory quotient* serta tenaga otot meningkat. Kemudian kandungan gula menurun sampai batas terendah yang diikuti perasaan lelah. Tindakan yang dilakukan adalah dengan mengatur pola makan dan kandungan gizi disesuaikan dengan jenis pekerjaannya. Dengan memberikan makanan atau minuman yang bergizi dan saat yang tepat akan membuat para pekerja dapat mempertahankan irama kerjanya.

2. Aspek pemanfaatan tenaga otot

Dalam melakukan pekerjaan perlu memperhatikan aplikasi tenaga otot dengan benar agar diperoleh daya otot yang optimal. Sehubungan dengan hal tersebut, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, seperti: umur, jenis kelamin, kondisi

kesehatan fisik dan kemampuan tubuh untuk menyesuaikan dengan lingkungan. Umur seseorang pekerja menentukan kemampuan untuk melakukan suatu pekerjaan. Pada usia 25 tahun adalah puncak kemampuan seseorang untuk bekerja, kemudian secara evolusi mengalami penurunan kemampuan otot hingga 25 % dan kapasitas sensoris-motoris 60 % dari umur 25 ke 60 tahun. Sebagai salah satu indikator kesehatan seseorang juga dapat diketahui dari berat dan tinggi badan, karena berdasarkan penampilan fisik seseorang dapat merepresentasikan gejala-gejala yang terjadi pada tubuhnya, misalnya jika tubuh seseorang terlampau kurus, maka sebagai indikasi ada kemungkinan kekurangan asupan gizi. Sebaliknya, jika tubuh seseorang terlampau gemuk, maka kemungkinan risiko terserang berbagai macam penyakit lebih tinggi (Soekirman, 1994).

3. Aspek sikap kerja

Sikap kerja yang buruk akan menyebabkan strain (reaksi) *muskuloskeletal* dan menimbulkan dampak buruk bagi para pekerja. Sikap kerja yang tidak alamiah kemungkinan terjadi pada saat melakukan aktivitas seperti: saat menggunakan alat yang tidak ergonomis. Sikap kerja atau posisi tubuh tidak alamiah sebenarnya merupakan beban kerja tambahan, sehingga mengakibatkan kemampuan kerja tidak optimal, aktivitas kerja terganggu dan berpengaruh pada produktivitas kerja. Menurut (Pheasant, 1991) ada tujuh petunjuk dasar yang berhubungan dengan sikap tubuh selama bekerja, sehingga tidak terjadi sikap kerja paksa, dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Hindari inklinasi ke depan pada kepala dan leher.
- b. Hindari inklinasi ke depan pada tubuh.
- c. Hindari penggunaan anggota badan bagian atas dalam posisi terangkat.
- d. Hindari puntiran atau sikap asimetris.
- e. Hindari gerakan persendian melebihi jangkauan sepertiga dari gerakan maksimum.
- f. Lengkapi sandaran punggung pada semua tempat duduk.
- g. Bila menggunakan tenaga otot, hendaknya anggota badan dalam posisi yang dapat menghasilkan kekuatan maksimum.

Tindakan pencegahannya adalah dengan memperhatikan posisi tubuh dan anggota gerak, sehingga tidak melakukan sikap kerja paksa. Mendesain peralatan kerja dengan pertimbangan antropometri serta menghindari terjadi sikap paksa atau sikap kerja yang tidak alamiah (Nala, 1994).

4. Aspek lingkungan kerja

Semestinya setiap menjalankan suatu usaha, maka kesehatan, kenyamanan dan keamanan lingkungan tempat kerja (*work place safety*) merupakan salah satu aspek penting, sebab bila pekerja mengalami kecelakaan kerja (*occupational accident*), penyakit akibat kerja dan penyakit akibat hubungan kerja (*occupational disease & work related diseases*), secara tidak langsung akan dapat menurunkan produktivitas pekerja. Lingkungan kerja yang nyaman, aman dan sehat sangat dibutuhkan oleh pekerja untuk dapat bekerja secara optimal dan produktif. Sehingga lingkungan kerja perlu didesain sesuai persyaratan ergonomi (Hafid, 2002).

Iklm mikro lingkungan kerja juga perlu diperhatikan karena merupakan faktor nyaman beraktivitas, baik dalam ruangan atau di luar ruangan, yaitu terdiri dari:

- a. Suhu udara;
- b. Panas radiasi;
- c. Kelembaban; dan
- d. Gerakan udara. batas toleransi suhu 35-40°C; kecepatan udara 0,2 meter/detik; kelembaban 40-50%; dan perbedaan suhu permukaan < 40°C (Grandjean, 1988).

Tindakan yang dapat dilakukan untuk memperbaiki iklim mikro agar sehat, aman dan nyaman, adalah mengatur sirkulasi udara dengan memperbaiki ventilasi, mengatur peralatan kerja dalam ruang kerja dan sebagainya.

5. Aspek kondisi waktu.

Pekerja dalam menyelesaikan pekerjaannya, secara umum mengalami tiga masalah waktu, yaitu waktu: kerja; istirahat; dan makan. Waktu kerja

menyangkut aspek- aspek:

- a. lamanya waktu kerja;
- b. istirahat; dan
- c. aspek periode waktu.

Menurut (Grandjean, 1998), bahwa rentang waktu kerja yang lama dapat menyebabkan irama kerja menjadi lambat dan luaran per jam turun. Sebaliknya rentang waktu kerja pendek, luaran akan meningkat terutama untuk pekerjaan manual, misalnya dari 8,5 menjadi 8 jam per hari output meningkat antara 3-10,5% Istirahat dibedakan menjadi empat jenis yaitu:

- a. istirahat spontan atau istirahat pendek yang dilakukan segera setelah pembebanan;
- b. istirahat curian terjadi karena beban kerja tidak seimbang dengan kemampuan kerja;
- c. istirahat karena bertalian dengan proses kerja dan tergantung pada peralatan atau prosedur-prosedur kerja; dan
- d. istirahat yang ditetapkan adalah istirahat yang diatur, misalnya istirahat paling sedikit 45-60 menit setelah empat jam kerja berturut-turut (Grandjean, 1998).
- e. Di Indonesia waktu bagi pekerja adalah 8 jam dengan 1 kali makan siang dan 2 kali istirahat pendek. Waktu kerja yang optimal sebenarnya 7 jam/hari dan setiap empat jam kerja perlu diatur satu jam istirahat (tidak termasuk jam kerja). Jam kerja berlebihan, jam kerja lembur di luar batas kemampuan akan dapat mempercepat munculnya kelelahan, menurunkan ketepatan, kecepatan, dan ketelitian kerja.

6. Aspek sosial budaya

Dalam menggerakkan suatu usaha, apabila jalinan komunikasi yang kurang serasi antara sesama teman kerja atau masyarakat di sekitarnya, dapat berpengaruh pada motivasi, stress mental, tidak betah dan malas kerja, sehingga secara kumulatif juga mempengaruhi produktivitas kerja.

7. Aspek informasi.

Sistem informasi berkaitan dengan aplikasi kognitif ergonomi (*cognitive ergonomics*). Merupakan salah satu cabang ergonomi yang menekankan pada analisis proses kognisi manusia, seperti, hasil diagnosis, pengambilan keputusan dan perencanaan. Kognitif ergonomi terfokus pada kajian mengenai proses, seperti: mengenai *sign*, persepsi, pengalaman dan interaksi antar manusia dengan unsur-unsur lain dalam sistem yang berkaitan dengan beban kerja mental, pengambilan keputusan, kemampuan skil, kesalahan manusia, interaksi manusia dengan peralatan, dan pelatihan. Sehingga kondisi informasi dapat mempengaruhi mental, emosi dan kepuasan kerja serta produktivitas (Dillon *et al.*, 2003).

Banyak kemungkinan kesalahan yang akan terjadi diakibatkan oleh sistem informasi yang tidak konsisten. Sehingga untuk menghindari timbulnya dampak buruk, maka tindakannya adalah membuat sistem informasi dengan pertimbangan lokasi dan waktu pemberian informasi. Informasi yang diberikan semestinya dibuat dengan sistem tanda yang mengandung pesan lugas dan sesuai dengan konvensi universal atau nilai-nilai yang berlaku pada masyarakat setempat, sehingga tidak membingungkan bagi si penerima (*interpretant*). Tindakan yang perlu dilakukan untuk mencegahnya, yaitu perlu mengadakan sosialisasi atau pelatihan sistem informasi untuk menyamakan persepsi yang terkait dengan masalah budaya. Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan (Long *et al.*, 1987) mengenai beberapa tindakan yang perlu dilakukan dalam merancang sistem informasi dalam konteks tujuan ergonomi kognitif, di antaranya:

- a. Berorientasi pada interaksi manusia-mesin;
- b. Merancang sistem informasi yang mendukung kognitif gugus tugas (*cognitive artifacts*);
- c. Pengembangan program latihan terpadu dan
- d. Mendesain ulang pekerjaan untuk mengelola kognitif work load dan meningkatkan kepercayaan.

8. Aspek interaksi manusia mesin (peralatan kerja)

Pekerja dalam menjalankan tugasnya sering mempergunakan peralatan kerja yang pada dasarnya bertujuan untuk dapat membantu, mempermudah atau mempercepat proses produksi. Namun dalam pemanfaatan peralatan tersebut, jika tidak dikelola dengan benar, malah sebaliknya akan menimbulkan dampak buruk bagi pekerja. Suatu ketidakserasian antara kemampuan, keterbatasan dan kebolehan pekerja dengan kondisi peralatan kerja, akan menyebabkan konsekuensi terhadap kesehatan dan keselamatan pekerja, maka dalam pemanfaatan peralatan kerja dibutuhkan suatu interaksi yang optimal antara alat yang digunakan dengan manusia atau pekerja sebagai penggunanya. Bila desain peralatan kerja belum sesuai dengan pemakainya perlu dilakukan redesain. Setiap usaha redesain peralatan kerja hendaknya diupayakan sesederhana mungkin, murah biayanya, dapat dijangkau, dan mudah dilakukan serta memberikan keuntungan secara ekonomi.

Ada 5 masalah pokok dalam ergonomi sehubungan dengan keterbatasan manusia, yaitu (Pulat *and* Mustafa, 1992):

a. Antropometri

Antropometri berhubungan dengan pengukuran dimensi-dimensi *linier* tubuh manusia. Permasalahan yang sering ditemui adalah ketidaksesuaian dimensi tubuh manusia dengan rancangan produk dan area kerja. Solusinya adalah merancang suatu area kerja dan produk tersebut dengan penyesuaian terhadap informasi yang diperoleh dari data antropometri.

b. *Cognitive*

Permasalahan *cognitive* yang timbul berhubungan dengan terjadinya kekurangan atau berlebihnya informasi yang dibutuhkan selama prosesnya.

c. *Musculoskeletal*

Sistem *musculoskeletal* terdiri dari otot, tulang dan jaringan penghubung. Timbulnya ketegangan pada otot atau rasa sakit pada tulang adalah akibat dari aktivitas fisik manusia. Hal ini membuat sistem kerja harus dirancang agar sesuai dengan kemampuan fisik manusia atau mengadakan alat bantu untuk mempermudah pekerjaan.

d. Cardiovascular

Permasalahan *cardiovascular* terletak pada sistem peredaran darah, yaitu jantung. Dalam menjalankan aktivitas fisik, otot memerlukan oksigen yang lebih banyak, maka jantung memompakan darah ke otot untuk memenuhi kebutuhan oksigen tersebut.

e. Psychomotor

Psychomotor berkaitan dengan fungsi sensorik manusia (panca indra). Fungsi sensorik ini dipengaruhi oleh rangsangan eksternal seperti informasi berupa bunyi–bunyian atau cahaya. Dengan adanya kelima masalah pokok tersebut, maka sistem kerja harus dirancang untuk menghasilkan kenyamanan yang maksimum bagi manusia.

2.4. Antropometri

Makna antropometri berasal dari *anthro* yang artinya manusia dan *metri* yang berarti ukuran. Secara global antropometri dapat diakui sebagai suatu ilmu yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Manusia pada dasarnya akan memiliki bentuk, ukuran (tinggi, lebar, dan sebagainya), berat badan dan lain-lain yang berbeda dengan satu dan lainnya. Antropometri merupakan pengetahuan yang mengacu pada pengukuran tubuh manusia, khususnya dimensi tubuh.

Antropometri merupakan pengukuran dimensi tubuh atau ciri fisik tubuh lainnya yang berkaitan dengan desain alat ataupun benda tentang sesuatu yang digunakan manusia (Tarwaka *et al.*, 2004). Secara luas antropometri dimanfaatkan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam interaksi manusia. Data antropometri akan menghasilkan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat berhubungan dengan produk yang dirancang dan operator yang akan mengoperasikan produk tersebut (Susanti, 2015).

Antropometri terbagi atas dua bagian menurut Bridger (1995), yaitu:

a. Antropometri statis

Pengukuran dimensi tubuh statis lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan pengukuran dimensi dinamis. Pada pengukuran ini mencakup seluruh pengukuran bagian tubuh dalam posisi standard dan diam baik dalam posisi berdiri maupun duduk. Penggunaan data dimensi tubuh statis antara lain pada proses perancangan peralatan, perancangan alat-alat dan perlengkapan kerja industri, perancangan tempat duduk, perancangan peralatan rumah tangga dan lain sebagainya.

Proses perancangan produk peralatan terutama untuk kebutuhan ekspor, harus dipertimbangkan perbedaan proporsi tubuh diantara kelompok bangsa ataupun negara. Perancangan produk untuk kebutuhan ekspor, data antropometri suatu bangsa yang akan dituju harus diketahui lebih mendetail. Contohnya terdapat perbedaan tinggi badan antara laki-laki amerika dengan lelaki jepang sekitar 100 mm dalam posisi berdiri. Sedangkan pada posisi duduk turun hingga antara 5 sampai 25 mm (Bridger, 1995). Perbedaan dimensi ini menunjukkan bahwa rancangan peralatan antara satu negara dengan negara lainnya perlu disesuaikan dengan data antropometri dari negara yang menggunakan rancangan tersebut. Berbagai dimensi tubuh manusia yang sering digunakan dalam berbagai proses perancangan menurut Purnomo (2013), antara lain :

1. Tinggi Ujung Jari Berdiri (TUJB)

Dimensi ini diukur dari lantai sampai ujung jari secara vertikal dalam posisi berdiri. Titik pengukuran ujung jari yaitu pada *dactylion* (ujung jari bagian tengah). Dimensi ini digunakan dalam merancang peralatan seperti tombol atau control untuk menentukan ketinggian minimum agar mudah dalam menjangkau peralatan dengan berdiri.

2. Jangkauan Vertikal Duduk (JVD)

Dimensi ini diukur dari alas duduk sampai ujung jari secara vertikal dalam posisi duduk. Dimensi ini digunakan untuk merancang tinggi alat atau control agar mudah dijangkau terutama subjek dengan jangkauan terpendek pada posisi duduk. Implementasi ini bias dilihat pada stasiun perakitan alat-alat elektronik, dimana obeng digantung diatas kepala operator. Tinggi obeng tentunya harus mudah dijangkau oleh operator. Jvd juga digunakan untuk merancang pegangan yang

digunakan dalam menggenggam. Dalam hal ini pengukuran tidak pada ujung jari melainkan pada pusat genggam tangan.

3. Jangkauan Vertikal Berdiri (JVB)

Dimensi ini diukur dari lantai sampai ujung jari secara vertical dalam posisi berdiri. Dimensi ini digunakan untuk merancang tinggi control agar mudah dijangkau dalam posisi berdiri, terutama subjek dengan jangkauan terpendek. Jvb sering digunakan pegangan tangan. Oleh karena itu pengukuran dilakukan pada pengukuran pusat genggam tangan.

4. Jangkauan Horizontal Duduk (JHD)

Dimensi ini diukur dari tulang akromial sampai ujung jari secara horizontal dalam posisi duduk. Dimensi ini digunakan guna merancang jarak fasilitas atau alat supaya mudah dijangkau khususnya pada subjek yang jangkauan terpendek pada posisi duduk. Hal ini diharapkan agar operator dapat mengoperasikan alat dengan nyaman tanpa harus membungkuk dan memiringkan badan.

5. Jangkauan Horizontal Berdiri (JHB)

Dimensi ini diukur dari tulang acromial sampai ujung jari secara horizontal dalam posisi berdiri. Dimensi ini digunakan untuk merancang jarak fasilitas atau alat supaya mudah dijangkau khususnya pada subjek yang jangkauan tertinggi pada posisi berdiri. Hal ini diharapkan agar operator dapat mengoperasikan alat dengan nyaman tanpa harus membungkuk dan memiringkan badan.

a. Antropometri Dinamis

Dimensi tubuh diukur pada antropometri dinamis adalah dimensi dalam berbagai posisi tubuh yang sedang bergerak, sehingga lebih kompleks dan lebih sulit diukur. Adapun tiga kelas pengukuran dinamis, yaitu:

- pengukuran tingkat keahlian sebagai pendekatan guna mengetahui keadaan mekanis dari suatu aktivitas.
- pengukuran jangkauan ruang yang diperlukan saat kerja
- pengukuran variabilitas saat kerja (Poerwanto *et al.*, 2008).

Antropometri yang disebut sebagai ilmu pengukuran dan seni penerapan sifat fisik manusia adalah salah satu faktor yang paling penting untuk disarankan selama proses perancangan peralatan atau fasilitas. Antropometri merupakan inti guna

menyesuaikan tugas dengan manusia. Penerapan antropometri dalam desain produk dan tempat kerja dapat dilihat seperti pada konteks produk sehari-hari dan konteks industri dan layanan. Mesin dan peralatan yang didesain dengan benar yang mempertimbangkan pertimbangan antropometrik dapat mempertingkat kinerja dan produktivitas kerja, serta memperkecil dampak cedera yang berhubungan dengan pekerjaan. Berbagai faktor telah terbukti mempengaruhi data antropometri seperti etnisitas, jenis kelamin, dan pekerjaan. Etnisitas diartikan sebagai sekelompok orang yang anggotanya diidentifikasi memiliki warisan bersama, bahasa umum dan budaya bersama (Muslim *et al.*, 2015).

Perlu diperhatikan faktor ergonomi selama proses rancang bangun fasilitas dalam dekade ini yaitu sesuatu yang tidak dapat ditunda lagi. Hal tersebut tidak akan terlepas dari pembahasan terkait ukuran antropometri tubuh operator ataupun penerapan data-data antropometri. Dalam rangka supaya mendapatkan suatu perancangan yang optimal dari suatu ruang serta fasilitas akomodasi maka hal-hal yang harus diperhatikan adalah faktor-faktor seperti panjang dari suatu dimensi tubuh manusia baik dalam posisi statis maupun dinamis. Hal yang perlu diamati antara lain adalah berat dan pusat massa dari suatu segmen/bagian tubuh, bentuk tubuh, jarak untuk pergerakan melingkar dari tangan dan kaki, dan lain-lain (Nurmianto, 2004).

Antropometri mempunyai tiga prinsip utama. Prinsip-prinsip ini terutama diikuti dalam perancangan berbagai produk tergantung dari jenis produknya. Prinsip pertama yaitu " desain untuk individu ekstrem " yang berupa desain agar populasi maksimum seperti pada umumnya pria atau desain persentil ke-95 untuk nilai populasi minimum yang biasa disebut wanita persentil ke-5. Prinsip kedua yaitu merancang untuk *Range Adjustable* yang mempertimbangkan kedua wanita 5 dan 95 untuk mengakomodasi 90% populasi. Prinsip penyesuaian banyak disarankan bagi mayoritas peneliti sebagai prinsip ergonomi utama yang harus diikuti dalam merancang furnitur. Prinsip terakhir yaitu " merancang rata-rata " yang sebagian besar dilakukan apabila penggunaan penyesuaian tidak praktis. Ada banyak desain terutama bagi desain rata-rata namun kurang didasarkan pada desain guna penyesuaian terutama bagi perguruan tinggi pemerintah (Desai *and* Taifa, 2017).

2.5. Manfaat Antropometri

Berbagai penelitian yang terkait pada kejadian dan kecelakaan di industri Indonesia telah membuktikan bahwa kecelakaan saat bekerja salah satu penyebab utamanya adalah tidak adanya data antropometri yang tepat untuk pekerja Indonesia yang pada kesempatannya mengembangkan ketidakcocokan dimensi pada sistem peralatan manusianya yang beroperasi. Pada akhirnya hal ini mempengaruhi kesejahteraan, kesehatan, kenyamanan, dan keamanan para pekerja (Sutalaksana *and* Widiyanti, 2016).

Data antropometri dapat menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang terkait dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan/menggunakan produk tersebut. Dalam hal ini maka perancangan produk harus mampu membantu antara dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangannya tersebut. Pada umumnya sekurang-kurangnya 90 % - 95 % dari populasi yang menjadi target dalam kelompok pemakai suatu produk harus mampu menggunakan produk dengan selayaknya tanpa menyebabkan sakit pada bagian tubuh operator yang menggunakannya (Wignjosoebroto, 1995).

Dalam pemakaian data antropometri untuk desain tertentu, selalu ada aturan prosedur yang harus dipatuhi karena variasi situasi yang timbul saat pengukuran dan variasi individu operator yang akan menggunakan desain tersebut. Secara umum, prosedur yang ditawarkan adalah:

1. Menentukan dimensi tubuh yang penting dalam desain
2. Mengklasifikasikan populasi pengguna peralatan atau fasilitas, menetapkan rentang dimensi yang perlu dipertimbangkan
3. Menentukan prinsip yang akan diterapkan dalam pengukuran
4. Tentukan persentase operator yang akan diambil, jika relevan
5. Membuat data antropometri yang sesuai serta nilai yang relevan (Sanders *and* McCormick, 1997).

Beberapa pengolahan data yang harus dilakukan pada data antropometri menurut (Tayyari *and* Smith, 2004) adalah :

1. Keseragaman Data

Ditentukan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah (BKA/BKB)

$$\sigma = \left[\frac{\sum(\bar{X} - X_i^2)}{N} - 1 \right] \dots\dots\dots 2.1$$

$$\text{BKA} = \bar{X} + 3\sigma \dots\dots\dots 2.2$$

$$\text{BKB} = \bar{X} - 3\sigma \dots\dots\dots 2.3$$

di mana :

σ = Standar deviasi dari data dimensi tubuh

N = Jumlah pengamatan dimensi tubuh operator

X = Data dimensi tubuh operator

BKA = Batas kontrol atas

BKB = Batas kontrol bawah

Setelah BKA dan BKB diperoleh, maka data dimasukkan ke dalam Ms. Excel

2. Kecukupan data

Dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$N' = \left[\frac{k}{s\sqrt{N} \Sigma X^2} - \frac{(\Sigma X)^2}{\Sigma X} \right]^2 \dots\dots\dots 2.4$$

Di mana :

N' = jumlah pengamatan yang dibutuhkan

k = tingkat kepercayaan

bila tangka kepercayaan 99%, maka $k = 2,58 \approx 3$

bila tingkat kepercayaan 95%, maka $k = 1,96 \approx 2$

bila tingkat kepercayaan 68%, maka $k \approx 1$

s = derajat ketelitian (bila menggunakan $k = 95\%$, maka s bernilai 100%

2.5 95% = 5%)

N = jumlah pengamatan dimensi tubuh operator

X = data dimensi tubuh operator (jangkauan tangan dan kaki-pinggul) pertama sampai ke N

Apabila $N' < N$, maka data dinyatakan cukup dan dapat digunakan dalam penelitian.

3. Persentil

Persentil merupakan suatu nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang-orang yang memiliki ukuran di bawah atau pada nilai tersebut. Persentil dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P_5 = \bar{X} - 1,645\sigma \dots\dots\dots 2.5$$

$$P_{95} = \bar{X} + 1,645\sigma \dots\dots\dots 2.6$$

di mana :

P_5 = Persentil ke-5 (5%)

P_{95} = Persentil ke-95 (95%)

σ = Standar deviasi dari data dimensi tubuh

X = data dimensi tubuh operator

Tujuan perancangan produk yaitu merancang produk yang sesuai dengan proporsi populasi pengguna yang diinginkan, praktisi ergonomi bertujuan memiliki tujuan yang saling terkait untuk memahami apakah dimensi beberapa objek, seperti kursi atau *workstation*, cukup untuk mengakomodasi persentase atau rentang persentase populasi yang menggunakan benda tersebut. Seringkali satu-satunya data antropometri yang tersedia adalah tabel nilai persentil untuk beberapa variabel antropometri yang diminati, misalnya nilai persentil ke 90, 50 dan 10. Nilai persentil tunggal ini tidak menyediakan data yang memadai untuk memungkinkan penggunaan teknik multivariat untuk memperkirakan akomodasi, misalnya pengukuran pada variabel minat untuk setiap individu dalam sampel. Seringkali dimensi minat, seperti ruang *clearance* di bawah meja, atau tinggi di atas lantai siku individu yang duduk, mungkin tidak diukur secara langsung dalam kumpulan data antropometrik, namun dapat diperkirakan dengan menggabungkan dua atau lebih nilai persentil dari dimensi yang telah diukur (Albin, 2017).

2.6. Biomekanika

Biomekanika adalah suatu ilmu pengetahuan yang merupakan kombinasi dari ilmu fisika (khususnya mekanika) dan teknik, berdasar pada biologi dan juga pengetahuan lingkungan. Gerakan manusia adalah ilmu yang menyelidiki, menggambarkan dan menganalisis gerakan manusia (Wignjosoebroto *et al.*, 2012).

Biomekanika adalah suatu ilmu pengetahuan yang merupakan kombinasi dari ilmu fisika (khususnya mekanika) dan teknik, dengan berdasar pada biologi dan juga pengetahuan lingkungan kerja. Biomekanika umum adalah bagian dari biomekanika yang berbicara mengenai hukum-hukum dasar yang mempengaruhi tubuh organik manusia baik dalam posisi diam maupun bergerak. *Biostatik* adalah bagian dari biomekanika umum yang hanya menganalisa bagian tubuh dalam keadaan diam maupun bergerak pada garis lurus dengan kecepatan seragam (*uniform*). *Biodinamik* adalah bagian dari biodinamika umum yang berkaitan dengan gerakan-gerakan tubuh tanpa mempertimbangkan gaya yang terjadi (kinematik) dan gaya yang disebabkan gaya yang bekerja dalam tubuh (kinetik). Analisis biomekanika ada 2 (dua) yaitu secara statis berupa analisis besarnya gaya dan momen yang terjadi pada bagian-bagian tubuh tertentu, saat tubuh dalam kondisi tanpa gerakan. Sedangkan analisis biomekanika secara dinamis adalah analisis besarnya gaya dan momen yang terjadi pada bagian-bagian tubuh tertentu saat tubuh dalam kondisi bergerak (Sukania *et al.*, 2013).

Dengan demikian gerak tubuh merupakan sebuah sistem biologis yang dapat diakui sebagai hasil interaksi sistem biologis dengan lingkungan sekelilingnya. Interaksi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya (Siska *and* Multy, 2012):

1. Struktur dari lingkungan (bentuk dan stabilitas).
2. Medan dari gaya (arah relatif terhadap gravitasi, kecepatan gerakan).
3. Struktur dari sistem (susunan tulang, aktifitas otot, susunan segmen daritubuh, ukuran, integrasi *motoric* yang dibutuhkan untuk mendukung postur).

4. Peranan dari keadaan psikologis (level keaktifan, motivasi).
5. Bentuk gerakan yang akan dikerjakan (kerangka dan organisasi gerakan).

Biomekanika juga mengkaji hubungan pekerja dengan perlengkapan kerja dengan lingkungan kerja dan sebagainya. Biomekanika didefinisikan sebagai bidang ilmu aplikasi mekanika pada sistem biologi. Biomekanika didefinisikan sebagai bidang ilmu aplikasi mekanika pada sistem biologi. Biomekanika merupakan kombinasi antara disiplin ilmu mekanika terapan dan ilmu-ilmu biologi dan fisiologi.

Biomekanika menyangkut tubuh manusia dan hampir semua tubuh makhluk hidup. Selain itu untuk meningkatkan suatu sistem kerja melalui minimasi kemungkinan terjadinya cedera pada saat melakukan kerja. Biomekanika menggunakan hukum-hukum mengenai konsep fisik dan teknik menggambarkan gerakan yang dialami oleh bagian-bagian tubuh yang beragam dan aksi gaya pada bagian-bagian tubuh tersebut selama melakukan aktifitas harian. Dilihat dari definisi tersebut, biomekanika adalah aktifitas *multidisipliner* (Siska and Multy, 2012).

Faktor-faktor yang mempengaruhi biomekanika yaitu (Siska and Multy, 2012):

1. Keacakan *random*.

Walaupun telah terdapat dalam satu kelompok populasi yang sudah jelas sama jenis kelamin, suku atau bangsa, kelompok usia dan pekerjaannya, namun sudah masih akan ada perbedaan yang cukup signifikan antara berbagai macam masyarakat.

2. Jenis kelamin.

Ada perbedaan signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Untuk kebanyakan dimensi pria dan wanita ada perbedaan signifikan di antara mean dan nilai perbedaan ini tidak dapat diabaikan. Pria dianggap lebih panjang dimensi segmen badanya daripada wanita sehingga data antropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut selalu disajikan secara terpisah.

3. Suku bangsa.

Variasi di antara beberapa kelompok suku bangsa telah menjadi hal yang tidak kalah pentingnya karena meningkatnya jumlah angka migrasi dari satu negara ke negara lain.

4. Usia.

Usia tak kalah penting dalam ilmu biomekanika karena meningkatnya umur seseorang dapat berkurangnya kapasitas pengangkatan beban yang dilakukan. usia digolongkan dalam beberapa kelompok antara lain::

- a. Balita,
- b. Anak-anak,
- c. Remaja,
- d. Dewasa dan lanjut usia.

Hal ini jelas berpengaruh terutama jika desain diaplikasikan untuk anthropometri anak-anak. Antropometrinya cenderung terus meningkat sampai batas usia dewasa. Namun setelah menginjak usia dewasa, tinggibadan manusia mempunyai kecenderungan menu-run yang disebabkan oleh berkurangnya elastisitas tulang belakang (*intervertebral discs*) dan berkurangnya dinamika gerakan tangan dan kaki.

5. Jenis pekerjaan.

Beberapa jenis pekerjaan tertentu menuntut adanya persyaratan dalam seleksi karyawannya, misalnya: buruh dermaga harus mempunyai postur tubuh yang relatif lebih besar dibandingkan dengan karyawan perkantoran pada umumnya. Apalagi jika dibandingkan dengan jenis pekerjaan militer.

6. Pakaian.

Hal ini juga merupakan sumber keragaman karena disebabkan oleh bervariasinya iklim atau musim yang berbeda dari satu tempat ke tempat yanglainnya terutama untuk daerah dengan empat musim. Misalnya pada waktu musim dingin manusia akan memakai pakaian yang relatif lebih tebal dan ukuran yang *relative* lebih besar. Ataupun untuk para pekerja di pertambangan, pengeboran lepas pantai, pengecoran logam. Bahkan para penerbang dan astronout pun harus mempunyai pakaian khusus.

7. Faktor kehamilan pada wanita.

Faktor ini sudah jelas mempunyai pengaruh perbedaan yang berarti kalau dibandingkan dengan wanita yang tidak hamil, terutama yang berkaitan dengan

analisis perancangan produk dan analisis perancangan kerja.

8. Cacat tubuh secara fisik.

Suatu perkembangan yang menggembirakan pada dekade terakhir yaitu dengan diberikannya skala prioritas pada rancang bangun fasilitas akomodasi untuk para penderita cacat tubuh secara fisik sehingga mereka dapat ikut serta merasakan “kesamaan” dalam penggunaan jasa dari hasil ilmu ergonomi di dalam pelayanan untuk masyarakat. Masalah yang sering timbul misalnya: keterbatasan jarak jangkauan, dibutuhkan ruang kaki (*knee space*) untuk desain meja kerja, lorong atau jalur khusus untuk kursi roda, ruang khusus di dalam *lavatory*, jalur khusus untuk keluar masuk perkantoran, kampus, hotel, restoran, supermarket dan lain-lain.

Pendekatan biomekanika menitikberatkan pada struktur tulang dan posisi pengangkatan, dimana struktur tulang terutama tulang belakang akan mengalami tekanan yang berlebihan ketika melakukan pengangkatan meskipun frekuensi jarang. Pendekatan biomekanika memandang tubuh manusia sebagai suatu *system* yang terdiri dari elemen-elemen yang saling berkaitan dan terhubung satu sama lain, melalui sendi-sendi dan jaringan otot yang ada (Siska and Multy, 2012).

Warji (2020) menyebutkan bahwa, usaha fisik dalam biomekanika banyak mengakibatkan kecelakaan kerja atau *low back pain*, yang menjadi berita besar di negara-negara industri belakangan ini. Sebuah lembaga yang menangani masalah kesehatan dan keselamatan kerja di Amerika, NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) sedang mengerjakan analisis pada kekuatan seseorang dalam mengangkat atau memindahkan beban atau massa, dan mencetuskan batas maksimum massa yang boleh diangkat oleh operator atau pekerja yakni *Action Limit (AL)* dan *Maximal Permissible Limit (MPL)* di tahun 1981. Selanjutnya *lifting equation* tersebut direvisi untuk mendapatkan evaluasi dan persediaan pedoman untuk kurun waktu yang lebih luas dari *manual lifting*. Revisi tersebut telah menghasilkan istilah yang disebut *Recommended Weight Limit (RWL)*, yaitu batas beban yang bias diangkat atau dipindahkan seseorang tanpa menimbulkan efek cedera meskipun orang tersebut melakukan secara berulang-ulang dalam durasi kerja tertentu (contoh 8 jam sehari) dan dalam jangka

waktu yang cukup lama. RWL dijabarkan pada persamaan berikut:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan:

RWL : Batas beban yang direkomendasikan

LC : Konstanta pembebanan = 23 kg

LM : Faktor pengali horizontal = 25/H

VM : Faktor pengali vertical = 1 - 0.003|V 75|*

DM : Faktor pengali perpindahan = 0.82 + 4.5/D

AM : Faktor pengali asimetrik = 1-0.0032 A**

FM : Faktor pengali frekuensi

CM : Faktor pengali kopling (*handle*)

Horizontal Location (H) : Jarak telapak tangan dari titik tengah antara 2 tumit, diproyeksikan pada lantai.

Vertical Location (V) : Jarak antara kedua tangan dengan lantai.

Vertical Travel Distance (D) : Jarak perbedaan ketinggian vertical antara *destination* dan *origin* dari pengangkatan.

Lifting Frequency (F) : Angka rata-rata pengangkatan menit selama periode 15 menit.

Besarnya FM dan CM dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Faktor pengali kopling

<i>Coupling Type</i>	V<75 cm	V≥75 cm
Good	1.00	1.00
Fair	0.95	1.00
Poor	0.90	0.90

(Sumber : Water *et al.*, 1994)

Tabel 2. Faktor pengali frekuensi

<i>Frek.</i> <i>Lift /</i> <i>Min</i>	<i>Work</i>		<i>Duration</i>			
	≤ 1 jam		1-2 jam		2-8 jam	
	$V < 75$	$V \geq 75$	$V < 75$	$V \geq 75$	$V < 75$	$V \geq 75$
0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
>15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(Sumber : Water *et al.*, 1994)

Terdapat perbedaan dalam menentukan VM dan AM bagi pekerja Indonesia.

*Untuk VM

$$VM = 1 - 0.0132 (V - 69)$$

Untuk pengangkatan dengan ketinggian awal di atas 69 cm

$$VM = 1 - 9.0145 (69 - V)$$

Untuk pengangkatan dengan ketinggian awal di bawah 69 cm

** Untuk AM

$$AM = 1 - (0.005 A) \quad \text{untuk } 0^\circ \leq A \leq 30^\circ$$

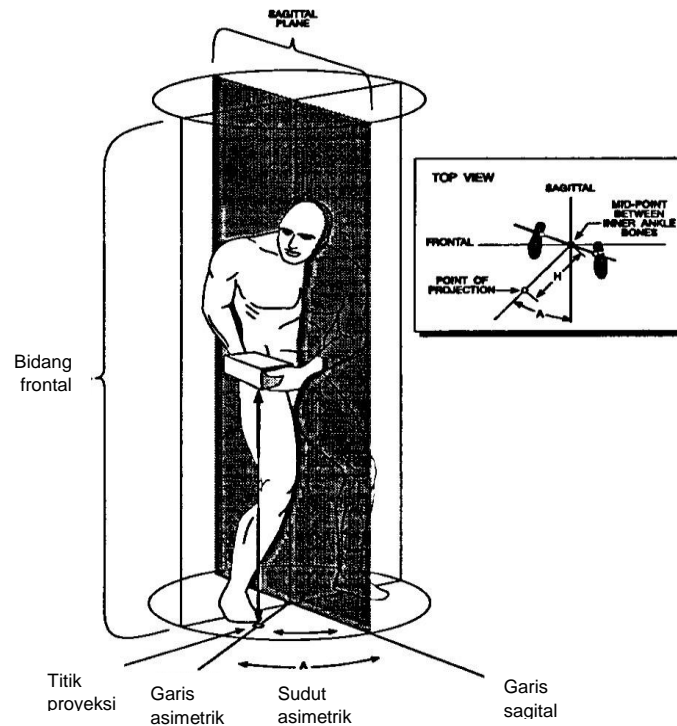
$$AM = 1 - (0.0031 A) \quad \text{untuk } 30^\circ < A \leq 60^\circ$$

$$AM = 1 - (0.0025 A) \quad \text{untuk } A > 60^\circ$$

A adalah sudut asimetrik yang didefinisikan sebagai sudut yang dibentuk antara garis asimetrik dan pertengahan garis sagittal. Garis asimetrik merupakan garis horizontal yang menghubungkan kedua mata kaki bagian dalam dan proyeksi titik

tengah beban lantai. Garis Sagittal merupakan garis yang melewati titik tengah kedua mata kaki bagian dalam dan terletak pada bidang sagittal. Bidang sagittal merupakan bidang yang membagi tubuh hingga menjadi dua bagian, kanan dan kiri, dalam keadaan posisi tubuh netral (tangan berada pada depan tubuh tanpa perputaran pada bahu dan kaki).

Bidang sagittal di ilustrasikan pada gambar berikut.



Gambar 1. Representasi dari sudut asimetrik

Perancangan *wark space* perlu memperhatikan batasan-batasan berikut, karena faktor jarak perpindahan dan tinggi benda kerja adalah salah satu faktor yang berpengaruh terhadap RWL.

2.7. Kelelahan Kerja

Kelelahan adalah suatu mekanisme perlindungan tubuh agar tubuh terhindar dari kerusakan lebih lanjut sehingga terjadi pemulihan setelah istirahat. Istilah kelelahan biasanya menunjukkan kondisi yang berbeda-beda dari setiap individu, tetapi semuanya bermuara kepada kehilangan efisiensi dan penurunan kapasitas

kerja serta ketahanan tubuh (Setiowati, 2010).

Pada dasarnya kelelahan menggambarkan tiga fenomena yaitu perasaan lelah, perubahan fisiologis tubuh dan pengurangan kemampuan melakukan kerja. Kelelahan merupakan suatu pertanda yang bersifat sebagai pengaman yang memberitahukan tubuh bahwa kerja yang dilakukan telah melewati batas maksimal kemampuannya. Kelelahan pada dasarnya merupakan suatu keadaan yang mudah dipulihkan dengan beristirahat. Tetapi jika dilakukan terus menerus akan berakibatkan buruk dan dapat mengakibatkan penyakit akibat kerja (Wibowo, 2011).

Untuk mengurangi tingkat kelelahan maka harus sikap kerja statis harus dihindari dan diupayakan sikap kerja yang lebih dinamis. Hal ini dapat dilakukan dengan merubah sikap kerja yang statis menjadi sikap kerja yang lebih bervariasi atau dinamis, sehingga sirkulasi darah (Setiowati, 2010) dan oksigen dapat berjalan normal keseluruhan anggota tubuh. Sedangkan untuk menilai tingkat kelelahan seseorang dapat dilakukan pengukuran kelelahan secara tidak langsung baik secara objektif maupun subjektif (Setiowati, 2010).

Untuk menghindari rasa lelah diperlukan adanya keseimbangan antara masukan sumber datangnya kelelahan tersebut (faktor-faktor penyebab kelelahan) dengan jumlah keluaran yang diperoleh lewat proses pemulihan (*recovery*). Proses pemulihan dapat dilakukan dengan cara antara lain memberikan waktu istirahat yang cukup baik yang terjadwal atau terstruktur atau tidak dan seimbang dengan tinggi rendahnya tingkat ketegangan kerja .

Keselamatan dan kesehatan kerja (*Occupational Safety and Health*) adalah bagian dari kesehatan masyarakat yang berhubungan dengan semua pekerjaan yang berkaitan dengan faktor potensial yang mempengaruhi kesehatan pekerja. Kesehatan lingkungan yang bersifat sementara atau berkelanjutan efeknya mungkin dapat dirasakan dalam kurun waktu yang lama, hal ini didasarkan kepada bahaya pekerjaan (akibat pekerjaan). Efek yang terjadi pada kesehatan manusia dapat secara langsung maupun tidak langsung. Kesehatan masyarakat kerja penting untuk diperhatikan, karena selain dapat meningkatkan gangguan

tingkat produktifitas, kesehatan masyarakat kerja juga dapat muncul akibat pekerjaannya (Abdillah, 2013).

2.8. Faktor Penyebab Kelelahan Kerja

Beberapa penyebab yang cukup mempengaruhi kelelahan kerja, antara lain :

- a. Pekerjaan yang berlebihan Kekurangan sumber daya manusia yang kompeten mengakibatkan menumpuknya pekerjaan yang seharusnya dikerjakan dengan jumlah karyawan yang lebih banyak;
- b. Kekurangan waktu Batas waktu yang diberikan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan terkadang tidak masuk akal. Pada saat karyawan hendak mendiskusikan masalah tersebut dengan atasannya, atasan bukannya memberikan solusi pemecahan namun seringkali memberikan tugas-tugas baru yang harus dikerjakan;
- c. Konflik peranan Konflik peranan biasanya terjadi antar karyawan dengan jenjang posisi yang berbeda, yang seringkali disebabkan oleh otoritas yang dimiliki oleh peranan atau jabatan tersebut;
- d. Ambigu peranan Tidak jelasnya deskripsi tugas yang harus dikerjakan seringkali membuat para karyawan mengerjakan sesuatu pekerjaan yang seharusnya tidak dikerjakan oleh karyawan tersebut kalau ditilik dari sisi keahlian maupun posisi pekerjaannya (Eraliesa, 2008).

2.9. Pengukuran Tingkat Kelelahan berdasarkan %CVL

Peningkatan denyut nadi mempunyai peran yang sangat penting dalam peningkatan *cardiac output* dari istirahat sampai kerja maksimum. Untuk menentukan klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum karena beban kardiovaskular (*cardiovascular load* = %CVL) yang dapat dihitung dalam rumus sebagai berikut:

$$\% CVL = \frac{100 \times \text{Denyut Nadi Kerja} - \text{Denyut Nadi Istirahat}}{\text{Denyut Nadi Maksimum} - \text{Denyut Nadi Istirahat}} \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

Laki-laki = Denyut Nadi Maksimum = 220 – Umur

Perempuan = Denyut Nadi Maksimum = 200 – Umur (Tarwaka *et al.*, 2004).

Dari hasil perhitungan %CVL tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi yang tersaji pada Tabel 3:

Tabel 3. Klasifikasi CVL

% CVL	Penanganan
$X \leq 30 \%$	Tidak terjadi kelelahan
$30 < X \leq 60 \%$	Perlu perbaikan
$60 < X \leq 80 \%$	Kerja dalam waktu singkat
$80 < X \leq 100 \%$	Diperlukan tindakan segera
$X > 100 \%$	Tidak diperbolehkan beraktivitas

Sumber: (Tarwaka *et al.*, 2004)

2.10. Penilaian Beban Kerja Fisik

Menurut (Tarwaka *et al.*, 2004) bahwa penilaian beban kerja fisik dapat dilakukan dengan dua metode secara objektif, yaitu metode penilaian langsung dan metode tidak langsung. Metode pengukuran langsung yaitu dengan mengukur energi yang dikeluarkan (*energy expenditure*) melalui asupan oksigen selama bekerja. Semakin berat beban kerja akan semakin banyak energi yang diperlukan atau dikonsumsi. Meskipun metode dengan menggunakan asupan oksigen lebih akurat, namun hanya dapat mengukur untuk waktu kerja yang singkat dan diperlukan peralatan yang cukup mahal. Sedangkan metode pengukuran tidak langsung adalah dengan menghitung denyut nadi selama kerja.

Lebih lanjut (Tarwaka *et al.*, 2004) menjelaskan bahwa salah satu pendekatan untuk mengetahui berat ringannya beban kerja adalah dengan menghitung nadi kerja, konsumsi oksigen, kapasitas ventilasi paru dan suhu inti tubuh. Pada batas tertentu ventilasi paru, denyut jantung dan suhu tubuh mempunyai hubungan yang linier dengan konsumsi oksigen atau pekerjaan yang dilakukan.

Kemudian dikemukakan oleh Tarwaka *et al.* (2004) bahwa denyut jantung adalah

suatu alat estimasi laju metabolisme yang baik, kecuali dalam keadaan emosi dan vasodilatasi. Kategori berat ringannya beban kerja didasarkan pada metabolisme, respirasi, suhu tubuh dan denyut jantung menurut (Christensen *and* Shenk, 1991) dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Kategori beban kerja berdasarkan metabolisme, respirasi, suhu tubuh dan denyut jantung.

Kategori beban kerja	Konsumsi oksigen (l/min)	Ventilasi paru (l/min)	Suhu rektal (°C)	Denyut jantung (denyut/min)
Ringan	0,5-1,0	11-20	37,5	75-100
Sedang	1,0-1,5	20-31	37,5-38,0	100-125
Berat	1,5-2,0	31-43	38,0-38,5	125-150
Sangat berat	2,0-2,5	43-56	38,5-39,0	150-175
Sangat berat sekali	2,5-3,0	60-100	>39	>175

Sumber: (Tarwaka *et al.*, 2004)

Berat ringannya beban kerja yang diterima oleh seorang tenaga kerja dapat digunakan untuk menentukan berapa lama seorang tenaga kerja dapat melakukan aktivitas pekerjaannya sesuai dengan kemampuan atau kapasitas kerja yang bersangkutan. Di mana semakin berat beban kerja, maka akan semakin pendek waktu kerja seseorang untuk bekerja tanpa kelelahan dan gangguan fisiologis yang berarti atau sebaliknya (Tarwaka *et al.*, 2004).

2.11. Lingkungan Fisik Kerja

Lingkungan kerja yang nyaman sangat dibutuhkan oleh pekerja agar dapat bekerja secara optimal. Oleh karena itu lingkungan kerja harus ditangani atau didesain sedemikian rupa sehingga menjadi kondusif terhadap pekerja dalam melakukan aktivitasnya. Faktor-faktor fisik yang ada di lingkungan industri berikut ini dalam (Susanti, 2015) akan dibahas secara seksama agar dapat dijadikan evaluasi dalam melihat respon pekerja terhadap paparan lingkungan kerja.

a. Pencahayaan

Pencahayaan sangat mempengaruhi kemampuan manusia untuk melihat objek secara jelas, cepat, dan tanpa menimbulkan kesalahan. Pencahayaan yang kurang mengakibatkan mata pekerja menjadi cepat lelah karena mata akan berusaha untuk melihat dengan cara membuka mata lebar-lebar. Lelahnya mata ini akan mengakibatkan kelelahan mental dan lebih jauh lagi bisa menimbulkan rusaknya mata.

Kemampuan mata untuk melihat objek dengan jelas ditentukan oleh ukuran objek, derajat kontras dengan sekelilingnya, luminensi (*brightness*), dan lamanya waktu untuk melihat objek tersebut. Silau (*glare*) merupakan masalah yang umum pada stasiun kerja komputer dan membuat operator merasa tidak nyaman, di samping itu bisa menyebabkan efek negatif pada produktivitas. Cahaya yang menyilaukan ini terjadi jika cahaya yang berlebihan mencapai mata. Silau dapat dibagi menjadi 2 kategori, yaitu:

- Cahaya menyilaukan yang tidak menyenangkan (*discomfort glare*). Cahaya ini mengganggu tetapi tidak terlalu mengganggu kegiatan visual. Cahaya ini juga dapat meningkatkan kelelahan dan menyebabkan sakit kepala.
- Silau yang mengganggu (*disability glare*)
Cahaya ini secara berkala mengganggu penglihatan dengan adanya penghamburan cahaya dalam lensa mata. Orang lanjut usia kurang dapat menerima cahaya ini, contohnya : mengendarai mobil menghadap matahari jika matahari ada pada horizon atau harus melihat ke sumber cahaya tersebut.

Sumber-sumber *glare* antara lain:

- Lampu-lampu tanpa pelindung yang dipasang terlalu rendah.
- Jendela-jendela besar pada permukaan tepat pada mata.
- Lampu atau cahaya dengan terang yang berlebihan.
- Pantulan dari permukaan terang.

Untuk mengurangi silau, bayangan, dan kekaburan yang disebabkan oleh cahaya matahari yang menyilaukan maka jendela yang mendapatkan cahaya matahari langsung harus ditutup. Stasiun kerja komputer seharusnya diletakkan pada posisi

sehingga silau yang berasal dari jendela dan pencahayaan dari atas tidak dipantulkan pada layar komputer. Pelindung layar bisa dipasang untuk melindungi layar dari refleksi baik secara menyeluruh maupun sebagian, selain itu anti-glare filter juga dapat dipasang pada layar komputer. Metode lain yang digunakan untuk mereduksi silau (glare) adalah reduksi luminansi sumber cahaya, jauhkan sumber cahaya dari garis pandang, posisikan jendela pada jarak yang sama dari aktivitas pekerja, buat kanopi di atas jendela, gunakan peralatan dengan permukaan yang dapat mendifusikan cahaya, posisikan kembali area kerja dan sumber cahaya untuk meminimasi refleksi cahaya, serta gunakan level menengah untuk iluminasi secara umum.

Setiap jenis pekerjaan membutuhkan tingkat pencahayaan optimum yang berbeda. Tingkat pencahayaan yang optimum ini dipengaruhi oleh preferensi pekerja seperti *visual acuity*, pengukuran visibilitas, tegangan otot syaraf, frekuensi kedipan, dan perubahan denyut jantung. Dalam merancang sistem pencahayaan, maka hal-hal yang harus diperhatikan adalah (Grandjean, 1988):

- Hindari penempatan sumber cahaya langsung (*direct light sources*) pada area pandang pekerja.
- Hindari penggunaan cat/warna yang memantulkan cahaya pada mesin atau meja kerja pekerja.
- Gunakan pencahayaan difusi untuk memberikan atmosfer kerja yang baik.
- Gunakan semakin banyak lampu, masing-masing dengan daya yang rendah, dibandingkan dengan penggunaan sedikit lampudengan daya yang besar.
- Hindari penempatan sumber cahaya pada area 30° dari NLS (*Normal Line of Sight*).
- Hindari sumber cahaya yang tidak stabil.

Gie (2000) berpendapat bahwa pencahayaan merupakan faktor yang sangat penting dalam suatu perusahaan atau pabrik karena dapat memperlancar pekerjaan para pekerja. Penerangan yang cukup akan menambah semangat kerja perawat, karena mereka dapat lebih cepat menyelesaikan tugas-tugasnya, matanya tidak mudah lelah karena cahaya yang gelap, dan kesalahan-kesalahan

dapat dihindari. Banyak kesalahan pekerjaan disebabkan karena penerangan yang buruk, misalnya ruangan yang terlampau gelap atau karyawan harus bekerja di bawah penerangan yang menyilaukan. Penerangan atau cahaya yang cukup merupakan pertimbangan yang penting dalam fasilitas fisik suatu perusahaan.

Pelaksanaan pekerjaan yang sukses memerlukan penerangan yang baik.

Keuntungan penerangan yang baik adalah :

1. Perpindahan pegawai kurang
2. Semangat kerja lebih tinggi
3. Prestise lebih besar
4. Hasil kerja lebih banyak
5. Kesalahan berkurang
6. Keletihan berkurang

Pada umumnya intensitas penerangan dalam tempat kerja dapat diatur menurut

Tabel 5 dibawah ini:

Tabel 5. Intensitas penerangan dalam tempat kerja

Jenis Pekerjaan	Illuminansi
Kasar	100-200 lux
Sedang	200-500 lux
Halus	500-1000 lux
Sangat halus	1000-2000 lux

b. Iklim dalam ruangan

Temperatur udara, kelembaban, dan panas yang teradiasi saling berhubungan satu sama lain sehingga cukup sulit untuk mengendalikan kondisi ketiga variabel tersebut (Tiffin, 1958). Kondisi optimum bagaimanapun bervariasi dan dipengaruhi oleh jenis pekerjaan. Ada empat variabel lingkungan yang berhubungan secara khusus dengan kenyamanan dan performansi sehari-hari yaitu temperatur udara (kering dan basah), kelembaban nisbi, panas radiasi, dan kecepatan aliran udara (Suma'mur, 1984).

Untuk negara dengan empat musim, rekomendasi untuk zona kenyamanan termal pada musim dingin adalah dengan temperature ideal berkisar antara 19-23°C dengan kecepatan udara antara 0,15- 0,4 m/det serta kelembaban antara 40-60%

sepanjang tahun. Sedangkan untuk Negara dengan dua musim seperti Indonesia, rekomendasi tersebut perlu mendapat koreksi. Sedangkan kaitannya dengan suhu panas lingkungan kerja, Grandjean (1993) memberikan batas toleransi suhutinggi sebesar 35-40°C; kecepatan udara 0,2 m/det; kelembaban udara antara 40-50%; perbedaan suhu permukaan < 4°C. Aliran udara adalah hal terpenting dalam lingkungan yang hangat atau cukup panas karena membantu tubuh menukar panas dengan udara, dengan mempercepat proses konveksi dan evaporasi panas. Tingkat temperatur yang nyaman bagi manusia bervariasi. Hal tersebut dipengaruhi oleh musim, umur, jenis kelamin, dan lokasi geografis (Tiffin, 1958). Temperatur tubuh normal adalah berkisar antara 37°C.

Wignjosoebroto (1995) mengatakan bahwa tubuh manusia akan selalu berusaha mempertahankan keadaan normal dengan suatu sistem tubuh yang sempurna sehingga dapat menyesuaikan diri dengan perubahan-perubahan yang terjadi di luar tubuh tersebut. Tetapi kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan temperature luar adalah jika perubahan temperature luar tubuh tersebut tidak melebihi 20% untuk kondisi panas dan 35% untuk kondisi dingin.

Suhu udara dalam tempat kerja memiliki keadaan normal, produktivitas pekerja akan mencapai titik maksimal dalam bekerja. Karena tiap anggota tubuh akan berusaha untuk mempertahankan suhu dalam keadaan normal, dengan sistem tubuh yang sempurna sehingga akan bias melakukan penyesuaian dalam perubahan suhu yang terjadi diluar tubuh.

Berbagai tingkat temperatur akan memberikan pengaruh yang berbeda-beda seperti berikut (Sutalaksana, 1979):

- $\pm 49^{\circ}\text{C}$: Temperatur yang dapat ditahan sekitar 1 jam, tetapi jauh diatas kemampuan fisik mental.
- $\pm 30^{\circ}\text{C}$: Aktivitas mental dan daya tanggap mulai menurun dan cenderung untuk melakukan kesalahan dalam pekerjaan, timbul kelelahan fisik.
- $\pm 24^{\circ}\text{C}$: kondisi optimum.
- $\pm 49^{\circ}\text{C}$: kekakuan fisik yang ekstrem mulai muncul

Dari hasil penyelidikan didapatkan bahwa produktivitas manusia akan mencapai tingkat yang paling tinggi pada temperature sekitar 24-27 derajat Celcius.

Berdasarkan keputusan menteri kesehatan No.1405/menkes/SK/XI/2002 tentang “Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri” menyebutkan bahwa nilai ambang batas (NAB) atau suhu ruangan antara 18-28 derajat Celcius.

Kelembaban berhubungan erat dengan suhu, bila kelembaban meningkat maka daerah *comfort zone* akan menurun, misalnya pada 80 % kelembaban, maka suhu yang ideal adalah antara 18,5 – 24°C. Kelembaban yang ideal adalah 50 %. Kondisi temperatur ideal yang disebut ‘zona nyaman’ untuk pekerjaan dominan mental (seperti pekerjaan kantor) di daerah tropik adalah 26°C – 27°C (Sastrowinoto, 1985). Kelembaban yang nyaman untuk ruangan yang panas seperti di daerah tropis adalah berkisar 40 % hingga 50 % (Grandjean, 1988). Dengan demikian jelaslah bahwa iklim ruangan yang tidak dikendalikan dengan baik akan berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan pekerja dan gangguan kesehatan, sehingga dapat meningkatkan beban kerja, mempercepat munculnya kelelahan dan keluhan subjektif serta menurunkan produktivitas kerja.

2.12. Alat Pengering *Hybrid Tipe Rak*

Menurut Warji *and* Tamrin (2020), pengering *hybrid* adalah pengering yang sumber energinya berasal dari energy matahari dan tambahan energy gas, listrik atau biomassa. Pengering ini memiliki dinding transparan dan tertutup sehingga bahwa panas matahari bisa masuk ke ruang jemur, akan tetapi hujan tidak dapat masuk ke ruang jemur. Menurut Nurfitriani (2010), pengering ini dilengkapi terdiri dari beberapa bagian, adapun spesifikasinya dijelaskan di bawah ini:

- Ruang pengering

Terbuat dari besi siku dengan ukuran tebal 5 mm dan lebar 5 cm yang dilapisi dinding transparan *polycarbonate* dengan ketebalan $\pm 0,2$ mm. Perancangan pada ruang pengering berbentuk persegi panjang dengan ukuran dimensi 151 x 100 x 130 cm. Penutup/atap pada ruang pengering berbentuk melengkung dengan ukuran 190 cm x 137 cm dan tinggi rangka atas 22 cm. Salah satu sisinya dibuat

pintu pengeluaran. Terdapat dudukan rak pengering di dalam ruang pengering.

- Rak pengering

Jumlah rak pengering sebanyak 10 buah terletak di dalam ruang pengering, berada tepat di atas ruang plenum. Ukuran sisi rak pengering 96 x 74 cm. Rak pengering dibuat bertingkat sejumlah 5 tingkat. Satu diantara beberapa rak di tiap tingkatnya dibuat celah berukuran 10 cm untuk tempat lewatnya aliran udara panas yang dihasilkan oleh sinar matahari dan energi listrik sebagai sumber panas. Rak tersebut merupakan tempat menaruh *chip* pisang kepok yang akan dikeringkan. Ukuran rak pengering yang terbuat dari besi siku sebesar 2 mm sebagai rangka dan bagian bawah diberi kawat kassa Ø 2 - 5 mm untuk lantai pengeringan.

- Pintu pemasukkan dan pengeluaran

Letak pintu pemasukkan dan pengeluaran ruang pengering pada salah satu sisi ruang pengering. Pintu ini berfungsi untuk tempat keluar masuknya rak pengering dengan dimensi 99 cm x 75cm.

- Kipas

Dimensi kipas yang digunakan pada alat pengering sistem *hybrid* ini sebesar 15 cm x 14 cm. rinciannya adalah 230 V – 50/60 Hz, 14/12 W, 0,08/0,07 A. Pada penelitian ini menggunakan dua buah kipas. Pertama kipas dipasang pada sisi luar ruang pembakaran yang menghadap ke saluran udara dengan fungsi sebagai penghembus udara panas yang dihasilkan ruang pembakaran untuk dihembuskan ke ruang pengering. Apabila sumber panas yang digunakan adalah energi listrik, maka kipas ini berfungsi sebagai kipas penghembus. Sedangkan jika sumber panasnya memanfaatkan sinar matahari, maka kipas ini berfungsi sebagai kipas penghisap.

Kipas kedua yang digunakan pada salah satu sisi dinding alat pengering. Kipas kedua yang menggunakan sumber panas sinar matahari berfungsi sebagai penghembus udara panas. Sedangkan sumber panas yang digunakan adalah energi

listrik berupa elemen panas berfungsi sebagai kipas penghisap jika elemen yang digunakan berupa kumparan atau catu. Pada elemen panas tersebut terdiri 3 set bahan baku elemen pemanas oven, yang masing- masing memiliki daya pemanas sebesar 600 Watt. Elemen panas yang dililitkan pada sebuah pipa besi bulat disambung pada sebuah kabel listrik sebagai penghubung utama ke sumber energi listrik yang digunakan.



Gambar 2. Alat pengering *hybrid* tipe rak

keterangan gambar :

- | | |
|--------------------|----------------------|
| a. Ruang Pengering | c. Pintu pengeluaran |
| b. Rak Pengering | d. Kipas |

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember-Februari 2021 di Laboratorium Daya dan Alat Mesin Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian adalah mesin pengering *hybrid* tipe rak (Gambar 2), alat tulis, alat ukur (meteran, penggaris, jam atau stopwatch), laptop, kamera, *heart rate monitor*, *thermometer*, *luxmeter*, busur, data operator pengukuran antropometri sebanyak 50 orang yang merupakan mahasiswa Teknik Pertanian dan sebanyak 6 operator untuk mengukur batas beban yang di rekomendasikan serta pengukuran kelelahan operator menggunakan denyut nadi.

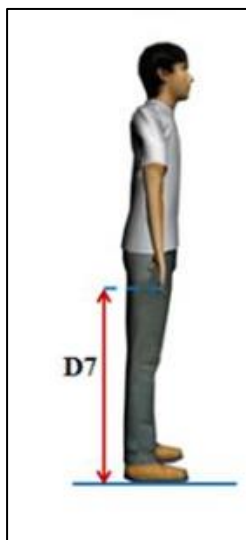
3.3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode kuantitatif yang didukung dengan studi literatur tentang perancangan penciptaan ukuran dimensi alat pengering *hybrid* tipe rak ini yang ergonomis atau sesuai dengan ukuran tubuh manusia. Parameter yang diukur dan diambil data berupa antropometri (statis), batas beban rekomendasi, kelelahan kerja, dan lingkungan fisik kerja. Pengujian data antropometri akan dihasilkan data berupa nilai persentil dimensi tubuh, kemudian data diolah kembali berupa uji data seperti uji kecukupan data dan keseragaman data yang dilaksanakan dengan pengaplikasian program Ms.

Excel. Pengukuran dan pengambilan data antropometri menggunakan kuisioner dimensi tubuh seseorang dengan kapasitas masa sebanyak 50 orang. Adapun pengukuran batas beban yang dapat diangkat oleh operator dengan persamaan *RWL (Recommended Weight Limit)* dan tingkat kelelahan operator berdasarkan denyut nadi kerja dengan diukur dan diambil data 6 operator dengan ketentuan perbedaan jenis kelamin. Serta pengamatan mengenai lingkungan fisik kerja berupa suhu dan intensitas cahaya yang dibutuhkan dalam ruangan kerja. Alat pengering *hybrid* tipe rak dioperasikan oleh 1 (satu) orang operator untuk sekali operasi dengan membutuhkan 5 (Lima) pengukuran antropometri dimensi tubuh statis yaitu berupa :

1. Tinggi Ujung Jari Berdiri (TUJB)

Dimensi ini digunakan untuk mengetahui ketinggian terendah pada jangkauan tangan operator saat berinteraksi dengan dimensi mesin dalam keadaan berdiri supaya mudah dijangkau. Hal ini berguna saat pengguna membuka dan menutup pengait pintu pengering pada bagian bawah. Penentuan dimensi tinggi ujung jari berdiri yang ergonomis didasarkan pada persentil 5 dan 95.



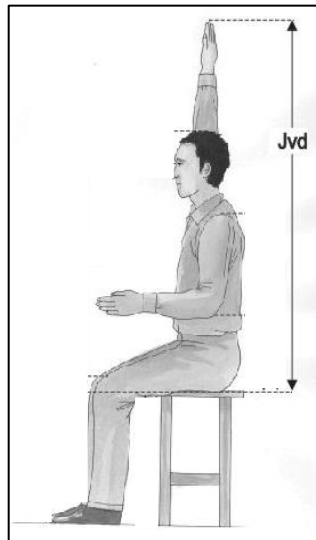
Gambar 3. Dimensi tinggi ujung jari berdiri

Sumber: <https://www.scribd.com/doc/270032784/PENGUKURAN-ANTROPOMETRI>

2. Jangkauan Vertikal Duduk (JVD)

Dimensi ini digunakan untuk menentukan jangkauan terpendek operator saat

posisi duduk. Jvd juga digunakan untuk merancang pegangan yang digunakan dalam menggenggam. Dalam hal ini pengukuran tidak pada ujung jari melainkan pada pusat genggam tangan. Penentuan dimensi jangkauan vertikal duduk yang ergonomis didasarkan pada persentil 5 dan 95.



Gambar 4. Dimensi jangkauan vertikal duduk

Sumber: (Purnomo, 2013)

3. Jangkauan Vertikal Berdiri (JVB)

Dimensi ini digunakan untuk menentukan jangkauan terpendek operator dalam posisi berdiri. Pengukuran jvb dilakukan untuk pengukuran pusat genggam tangan. Hal ini berguna saat operator menekan tombol dalam posisi berdiri serta mengeluarkan dan memasukkan rak pengering pada mesin pengering *hybrid* tipe rak. Penentuan dimensi jangkauan vertikal berdiri yang ergonomis didasarkan pada persentil 5 dan 95.

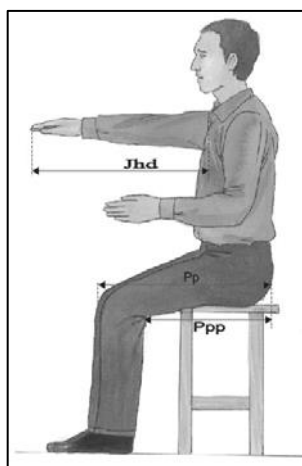


Gambar 5. Dimensi jangkauan vertikal berdiri

Sumber: (Purnomo, 2013)

4. Jangkauan Horizontal Duduk (JHD)

Dimensi ini digunakan guna mendapatkan nilai rata-rata jangkauan terpendek pada posisi tanpa harus membungkuk dan memiringkan badan. Hal ini berkaitan saat operator membuka pintu pengering ataupun rak pengering bagian bawah pada mesin pengering *hybrid* tipe rak. Penentuan dimensi jangkauan horizontal duduk yang ergonomis didasarkan pada persentil 5 dan 95.



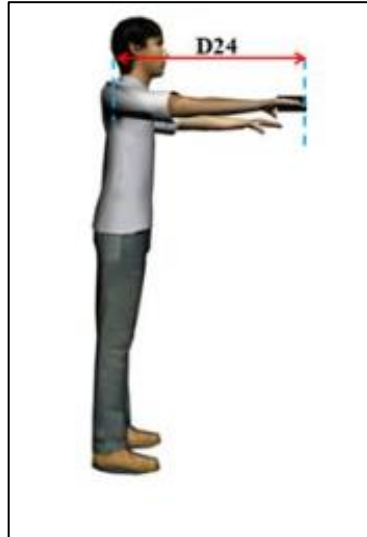
Gambar 6. Dimensi jangkauan horizontal duduk

Sumber: (Purnomo, 2013)

5. Jangkauan Horizontal Berdiri (JHB)

Dimensi ini digunakan untuk mendapatkan nilai rata-rata jangkauan tertinggi pada posisi berdiri tanpa harus berjinjit atau menggunakan alat bantu. Hal ini berkaitan saat operator membuka pintu ataupun memasukkan dan mengeluarkan rak

pengering khususnya pada bagian atas pada mesin pengering *hybrid* tipe rak.
Penentuan dimensi jangkauan horizontal berdiri yang ergonomis didasarkan pada persentil 5 dan 95.

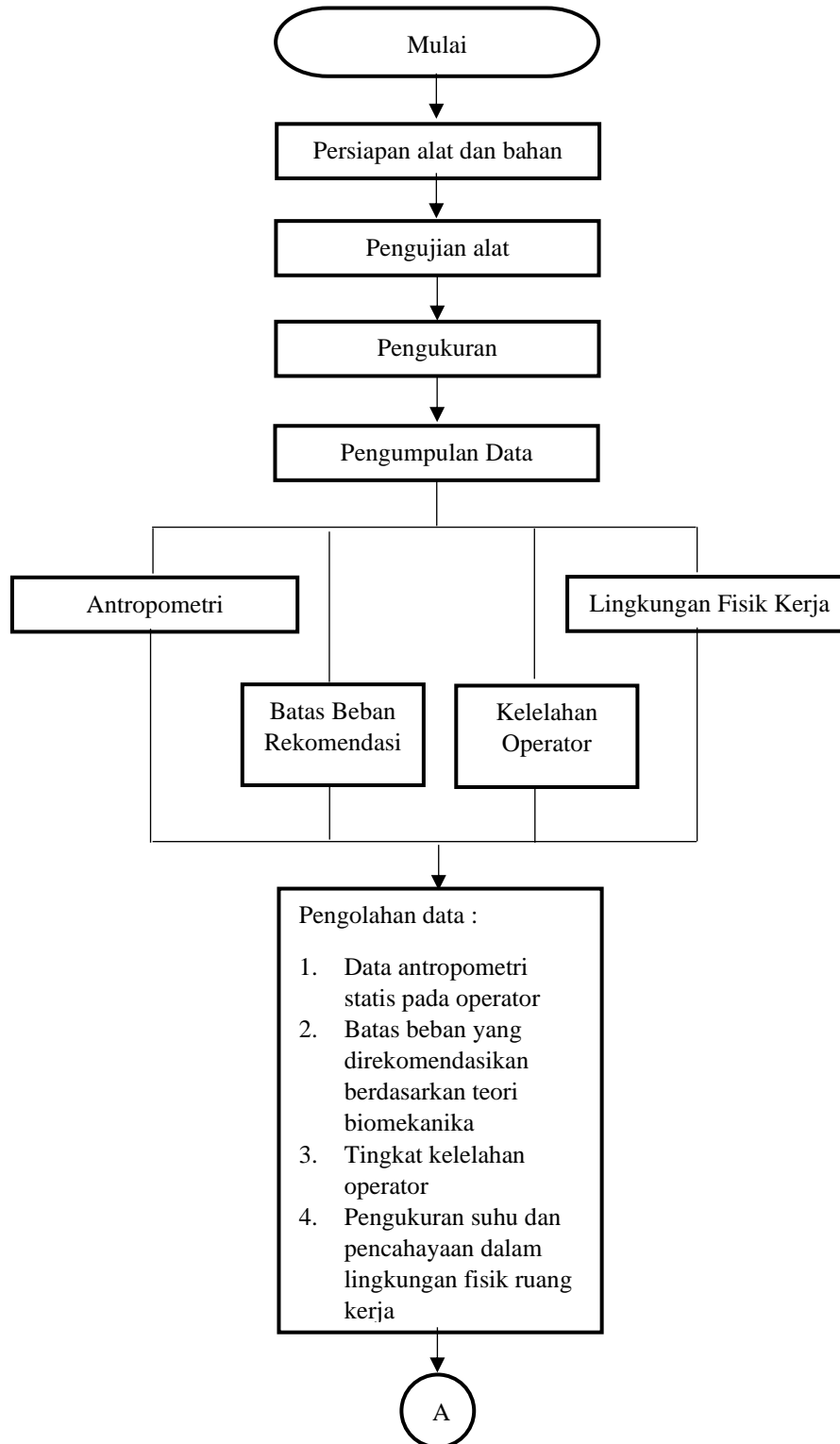


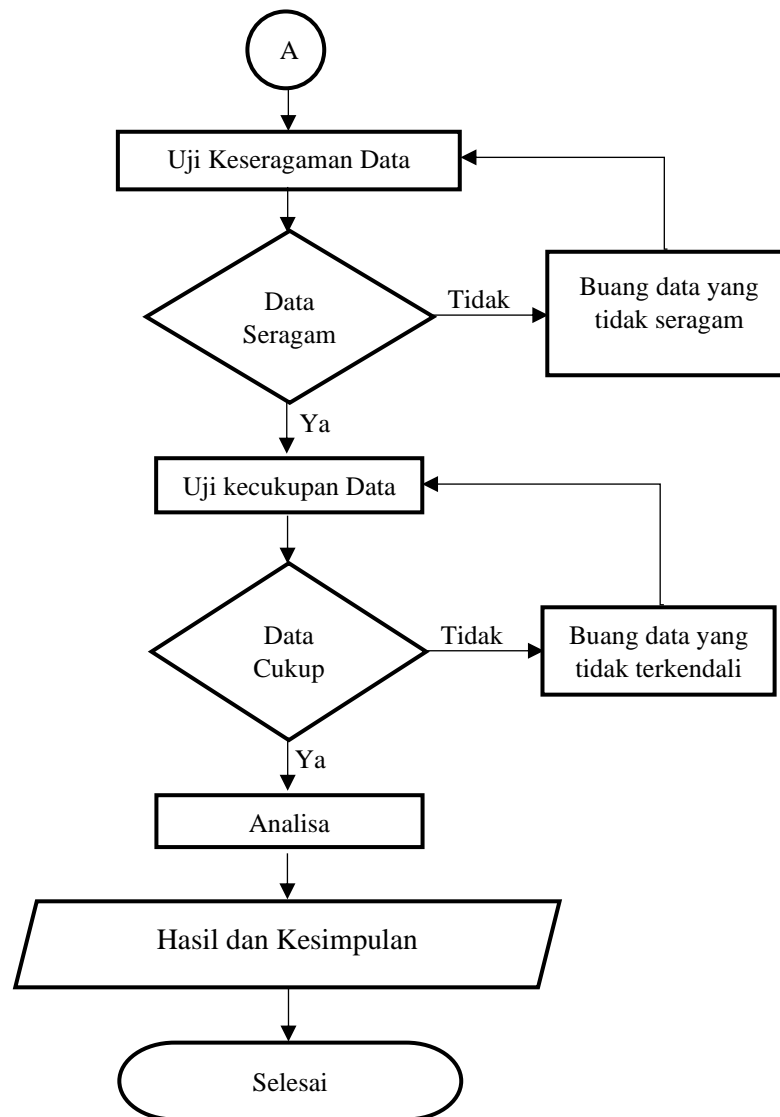
Gambar 7. Dimensi jangkauan horizontal berdiri

Sumber: <https://www.scribd.com/doc/270032784/PENGUKURAN-ANTROPOMETRI>

3.4. Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini dipaparkan menggunakan diagram alir pada gambar 8 sebagai berikut:





Gambar 8. Diagram alir penelitian

3.5. Parameter Penelitian

- Pengukuran Antropometri

Diperoleh dengan menggunakan pengukuran antropometri bagi 50 operator terhadap mesin pengering *hybrid* tipe rak dengan menggunakan dimensi pengukuran antropometri statis. Pengukuran antropometri berguna untuk mendapatkan nilai persentil yang dapat menentukan rerata operator dengan ukuran tertentu. Dalam menentukan nilai persentil hal pertama yang dibutuhkan adalah mengolah data berdasarkan uji keseragaman dan kecukupan data dimensi

yang diukur pada operator. Uji keseragaman data dihitung menggunakan rumus yang dapat dilihat pada persamaan (2.1). Pada uji keseragaman data terdapat ketentuan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) yang digunakan untuk pengujian keseragaman data guna memisahkan data yang memiliki nilai yang berbeda karena dapat mempengaruhi kestabilan data. Batas kontrol atas (BKA) dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan (2.2), sedangkan batas kontrol bawah (BKB) dihitung menggunakan rumus pada persamaan (2.3).

Adapun uji kecukupan data dihitung menggunakan rumus yang dapat dilihat pada persamaan (2.4). Selanjutnya untuk menentukan nilai persentil didasarkan pada rumus yang dapat dilihat dari persamaan (2.5) untuk persentil 5 dan persamaan (2.6) untuk persentil 95.

- Menentukan nilai batas beban yang direkomendasikan

Diperoleh dengan menentukan nilai *RWL* (*Recommended Weight Limit*) berdasarkan data operator. Pada pengukuran ini hanya dibutuhkan 6 operator dengan perbedaan jenis kelamin sebagai perbandingan dalam pengukuran. Pengukuran *RWL* dibutuhkan untuk memperoleh nilai batas maksimum beban kerja yang dibutuhkan operator dalam penggunaan mesin pengering *hybrid* tipe rak. Pengukuran *RWL* didasarkan pada teori biomekanika yang dapat dihitung menggunakan persamaan (2.7).

- Tingkat Kelelahan Kerja Operator

Diperoleh dengan menentukan persentase *CVL* berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja dibandingkan dengan denyut nadi maksimum. Untuk mengukur nilai denyut nadi operator dibutuhkan alat yaitu *heart rate monitor*. Persentase *CVL* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus yang dapat dilihat pada persamaan (2.8).

- Lingkungan Fisik Kerja

Tahapan yang dilakukan dalam pengolahan data pada penelitian ini adalah menjelaskan permasalahan yang terjadi di ruangan tempat letaknya mesin

pengering *hybrid* berada yaitu Laboratorium Daya dan Alat Mesin Pertanian mengenai kondisi lingkungan fisik kerja aktual. Dengan melakukan observasi dan pengamatan langsung di lapangan, maka akan didapatkan data-data yang dibutuhkan dalam tahap selanjutnya yaitu pengolahan data.

Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data yaitu melakukan pengukuran tingkat pencahayaan dan temperature pada ruangan tempat mesin pengering *hybrid* berada menggunakan alat luxmeter dan thermometer. Setelah itu data yang terkumpul akan didapatkan nilai rata-rata, sehingga mendapatkan nilai yang stabil serta penentuan lingkungan fisik standar sesuai dengan Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan oleh pemerintah. Selanjutnya adalah data yang telah diperoleh akan dianalisis untuk diajukan sebagai alternatif solusi. Tahapan terakhir adalah penarikan kesimpulan dan saran.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran data antropometri, dimensi alat yang ergonomis adalah pengait pintu mesin bagian bawah dengan nilai $<55,7 \text{ cm} - 66,3 \text{ cm}$, posisi tombol *MCB (Miniatur Cicuit Breaker)* dengan nilai $<186,8 \text{ cm} - 222,2 \text{ cm}$, dan *handle* pintu mesin pengering dengan nilai $<113,8 \text{ cm} - 139,4 \text{ cm}$.
2. Tingkat kelelahan kerja pengguna mesin menghasilkan nilai sebesar $\leq 30\%$, maka tidak perlu adanya penanganan dalam bekerja atau tidak terjadinya kelelahan kerja atau tergolong ergonomis.
3. Beban kerja rekomendasi daerah tujuan (*destination*) belum tergolong ergonomis, maka diperlukan pengurangan berat beban yang diangkat hingga mendekati 1,47 kg untuk rak kelima; 2,36 kg untuk rak keempat; 3,81 kg untuk rak ketiga; 3,85 kg untuk rak kedua; dan 3,00 kg untuk rak pertama.
4. Pengukuran suhu lingkungan penggunaan mesin menghasilkan temperatur $26,33-30 \text{ }^\circ\text{C}$, maka ukuran tersebut sudah ergonomis karena masih berada pada nilai ambang batas. Pengukuran pencahayaan dengan nilai rata-rata cahaya ruang sebesar 168.34 lux dan dinyatakan ergonomis, sedangkan rerata cahaya luar sebesar 939,56 lux, sehingga kondisi tersebut berada diluar ambang batas dan dinyatakan tergolong belum ergonomis berdasarkan nilai ambang batas.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan terdapat beberapa hal yang dapat disarankan sebagai berikut:

1. Diharapkan pengguna dilengkapi alat pelindung diri (APD), sehingga pengguna lebih nyaman dalam bekerja.
2. Perbaiki pengangkatan beban kerja yang termasuk dalam kategori berisiko sedang untuk mencegah terjadi beban kerja berkategori tinggi dengan mengurangi bobot rak pengering.
3. Diharapkan perbaikan pencahayaan pada penggunaan mesin dengan mengganti lampu yang redup dengan sumber cahaya listrik yang menyebar, merata, dan tidak menimbulkan kesiluan. Sedangkan jika pencahayaan berlebihan, maka perlu adanya penanganan dengan menggunakan kaca mata pelindung anti silau bagi operator.
4. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melakukan penelitian pada aspek yang lain, seperti contoh perbaikan sikap kerja; perbaikan desain pada stasiun kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Fikri. 2013. "Analisis Postur Kerja dengan Metode Rapid Upper Limb Assesment (RULA) pada Pekerja Kuli Angkut Buah di Agen Ridho Illahi Pasar Johar Kota Semarang." Volume 2 Nomor 1.
- Albin, T. J. 2017. "Design with Limited Anthropometric Data : A Method of Interpreting Sums of Percentiles in Anthropometric Design." 62 (2):19–27.
- Alfian, Zikri. 2016. "Pengaruh Bentuk Hutan Kota Terhadap Termal Kenyamanan di Sekitar Hutan Kota." 16(2) :101-110.
- Arimbawa. 2010. *Redesain Peralatan Kerja Secara Ergonomis : Meningkatkan Kinerja Pembuatan Minyak Kelapa Tradisional di Kecamatan Dawan Klungkung*. Jimbaran Denpasar Bali: Jurnal Udayana University Press.
- Baharuddin, F. R., and Palerangi, A.M. 2017. "Analisis Ergonomi Lingkungan Fisik Bengkel Kerja Program Keahlian Teknik Permesinan SMK di Kota Makassar." 17(1):39-48.
- Basir, I. M., Darius D. D. I, and Deros B. M. 2015. "A Study on Ergonomis Awareness Among Workers Performing Manual Material Handling Activities." 195 (1):1666–73.
- Bridger, R. S. 1995. "Introduction To Ergonomic." Singapore: McGraw_Hill Bookco.
- Bures, M., Sekulova K, Kurkin O, and Simon M. 2015. "Ergonomis Analysis of a Firearm According to the Antropometric Dimension." 100 (1):609–16.

- Christensen, A., and J. L. Shenk. 1991. "Communication, Conflict, and Psychological Distance in Nondistressed, Clinic, and Divorcing Couples." 59 (3):458–63.
- Darius, D. D. I., B. Deros, Hasan, and Thamrin N. H. H. 2000. "Incorporating Malaysian's Population Anthropometry Data in the Design of an Ergonomis Driver's Seat." 195 (1):2753–60.
- Desai, D. S., and Taifa I. W. 2017. "Anthropometric Measurements for Ergonomis Design of Students Furniture in India." 233 (2):160–75.
- Dewangan, K. N., Owary C., and Datta R. K. 2010. "Anthropometric Measurements for Ergonomis Design of Students Furniture in India." 233 (2):160–75.
- Dillon, R. William, Goldsten, and Mathew. 2003. *Multivariate Analysis Methods and Applications*. New York: John Wiley and Sons.
- Eraliesa, F. 2008. *Hubungan faktor Individu dengan Kelelahan Kerja pada Tenaga Kerja Bongkar Muat di Pelabuhan Tapaktuan Kecamatan Tapaktuan Kabupaten Aceh Selatan*. Medan: Repository USU.
- Gomez, B. K. G., Hernandez A. J. L., and Ibarra M. G. 2015. "A Proposed Methodology fpr Task Analysis in Ergonomis Evaluations." 3 (1):4756–60.
- Grandjean, E. 1988. *Accuracy Influences Working Against Productivity*. London: Taylor & Francis Group, LLC.
- Grandjean, E. 1993. *Fatigue : Parmeggiani, L.ed Encyclopedia of Occupational Health and Safety*. Third Revised. Ganeva: International Labour Organization.
- Grandjean, E. 1998. *Fitting the Tasks to the Man*. London, Taylor and Francis: A Textbook of Occupational Erginomics.

- Hafid. 2002. *Peranan Ergonomi dalam Meningkatkan Produktivitas*. Jakarta: Metal Industries Development Center (MIDC) Dapperindag RI.
- <https://www.scribd.com/doc/270032784/PENGUKURAN-ANTROPOMETRI>
- Huchingson, R. D. 1981. *New Horizons for Human Faktors in Design*. USA: McGraw Hill Book Company.
- Indragita, F. S. 2018. *Uji Ergonomis Pada Alat Penyemai Benih Padi Mekanis Sistem Dapog*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Jafry, T., and Oneill D. H. 2000. "The Aplication of Ergonomis in Rural Development : Review." 31 (1):263–68.
- Karwowski, W. 2003. *Occupational Ergonomics Principles of Work Design*. Florida: CRC press.
- Long, H. Michael, C. Jack, and Richards. 1987. *Methodology in TESOL*. USA: Heinle Publishers.
- Matthews, C. Khann, I.K. 2016. Impact of Work Environment on Performance of Employees in Manufacturing Sector in India: Literature Review. 5 (4):852-855.
- Morgeson FP, Garza AS, Champion MA. 2013. *Work design in handbook pf psychology*. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Muhaimin. 2001. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: Refika Aditama.
- Muslim, K., Widyanti A, Sतालaksana I. Z, and Susanti L. 2015. "Ethnic Differences in Indonesian Anthropometry Data : Evidence from Three Different Largest Ethnics." 47 (4):72–75.
- Nala, N. 1994. *Penerapan Teknologi Tepat Guna di Pedesaan*. Denpasar: Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat Universitas udayana.

- Niebels, and A. Freivalds. 2002. *Methods, Standards And Work Design*. 11th Edition. USA: Recherche Group.
- Nurmianto, E. 2004. *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Widya.
- Nurmutia, S. Adi, C. Tri, P. Cryse, R. 2020. *Praktikum Ergonomi Industri*. UNPAM PRESS. Banten.
- Pheasant, S. 1991. *Ergonomics, Work, and Health*. USA: Aspen Publisher Inc.
- Poerwanto, J., Hidayati, and Anizar. 2008. *Instrumentasi dan Alat Ukur*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pulat, B., and Mustafa. 1992. *Fundamentals of Industrial Ergonomic*. Oklahoma: AR and T Network System.
- Purnomo, Hari. 2013. "Antropometri Dan Aplikasinya." Pp. 1–26 in Vol. 37. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sanders, M. S., and McCormick E. J. 1997. *Human Factors in Engineering and Design*. USA: McGraw Hill Book Company.
- Santoso, G. 2004. *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Bogor Selatan: Ghalia Indonesia
- Santoso, G. 2013. *Ergonomi Terapan*. Jakarta: Prestasi Pustaka Publisher.
- Sastrowinoto, S. 1985. *Meningkatkan Produktivitas Karyawan Dengan Ergonomi*. Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.
- Setiowati, D. 2010. *Analisis Kelelahan Kerja dengan metode REBA (Rappid Entire Body Assessment) pada Terminal Cargo Polonia Medan*. Medan: Repository USU.
- Siska, Merry, and Teza Multy. 2012. *Analisa Posisi Kerja pada Proses Pencetakan batu Bata Menggunakan Metode NIOSH*. Riau: UIN Suska.

- Soekirman. 1994. *Ilmu gizi dan Aplikasinya untuk Keluarga dan Masyarakat*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Sukania, I Wayan, W. Lamto, and N. Desica. 2013. *Identifikasi Keluhan Biomekanik Dan Kebutuhan Operator Proses Packing Di PT X*. Jakarta': Program Studi teknik Industri Universitas Tarumanegara Jakarta.
- Suma'mur, P. K. 1984. *Hygiene Perusahaan dan Keselamatan Kerja*. Cetakan kedua. Jakarta: PT Gunung Agung.
- Surya, R. Z., Wardah S, and Hasanah. 2013. "Penggunaan Data Antropometri dalam Evaluasi Ergonomis pada Tempat Duduk Penumpang Speed Boat Rute Tembilahan Kota Nenok Kab. Indragiri Hilir Riau." volume 2 nomor 1:4–8.
- Susanti, et al. 2015. *Pengantar Ergonomi industri*. Padang: Universitas Andalas.
- Sutalaksana, Iftikar. Z. 1979. *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: ITB.
- Sutalaksana, I. Z., and Wdiyanti A. 2016. "Anthropometry Approach in Workplace Redesign in Indonesian Sundanese Roof Tile Industries." 53 (2):299–305.
- Tarwaka, H. A. Bakri Solichul, and L. Sudiajeng. 2004. "Ergonomic untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas." Surakarta: UNIBA PRESS.
- Tarwaka, Solichul, Bakri, and Sudiajeng Lilik. 2004. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: UNIBA Pers.
- Tayyari, F., and Smith J. L. 2004. *Occupational Ergonomiss : Principles and Applications*. New York: Chapman and Hall.

- Tharim, A. 2011. "Ergonomis Risk Kontrol in Contruction Industry." 20 (1):80–88.
- Tiffin, J. 1958. *Industrial Psychology*. New York: Prentice Hall Inc.
- Warji. 2020. *Panduan Praktikum : Mata Kuliah Ergonomika*. Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Warji dan Tamrin. 2020. *Hybrid Dryer of Cassava Chips*. International Conference on Sustainable Agricukture and Biosystem. Lampung University. Lampung.
- Water, Thomas, and et. al. 1994. *Applications Manual for the REvised NIOSH Lifting Equation*.
- Wibowo, Y. 2011. *Analisis Penentuan Waktu Istirahat Pendek Berdasarkan Beban Kerja dan Asupan Energi pada Bagian Balling*. Medan: Press. Bridgestone Sumatera Rubber Estate.
- Wignjosoebroto, S. 1995. *Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu*. Jakarta: Guna Widya.
- Wignjosoebroto, S., S. Gunani, and A. Pawennari. 2012. *Analisis Ergonomi Terhadap Rancangan Fasilitas Kerja Pada Stasiun Kerja Di Bagan Skiving Dengan Antropometri Orang Indonesia (Studi Kasus Di Pabrik Vulkanisir Ban)*.