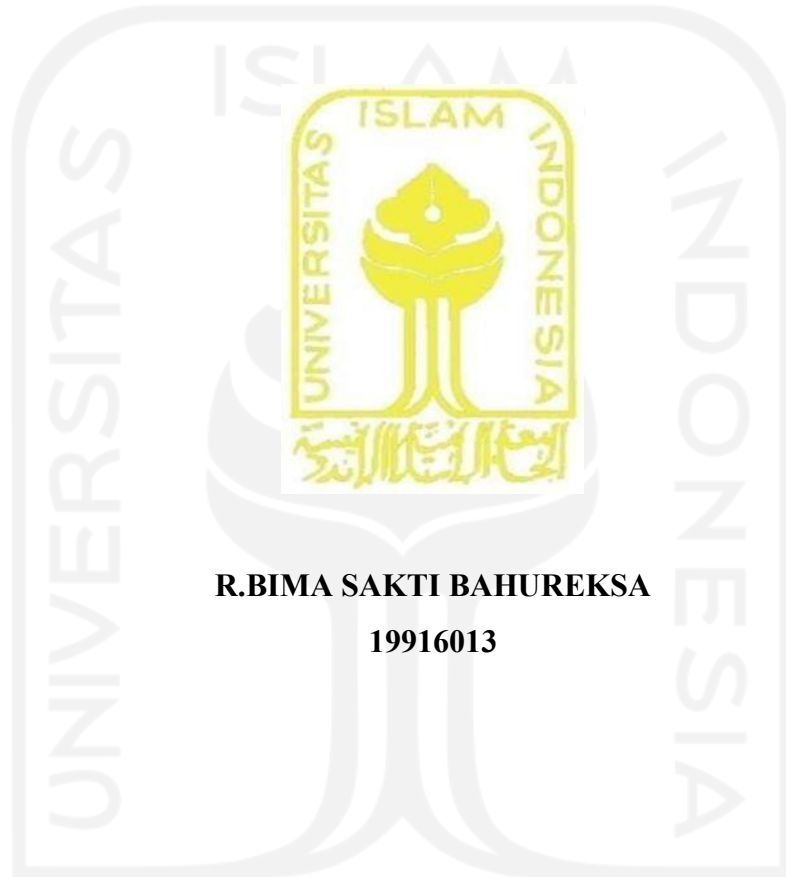


TESIS
PERANCANGAN SISTEM KERJA PADA LINI PRODUKSI
PT.XWZ MENGGUNAKAN MACRO
ERGONOMIC AND DESIGN UNTUK MENINGKATKAN
PRODUKTIVITAS



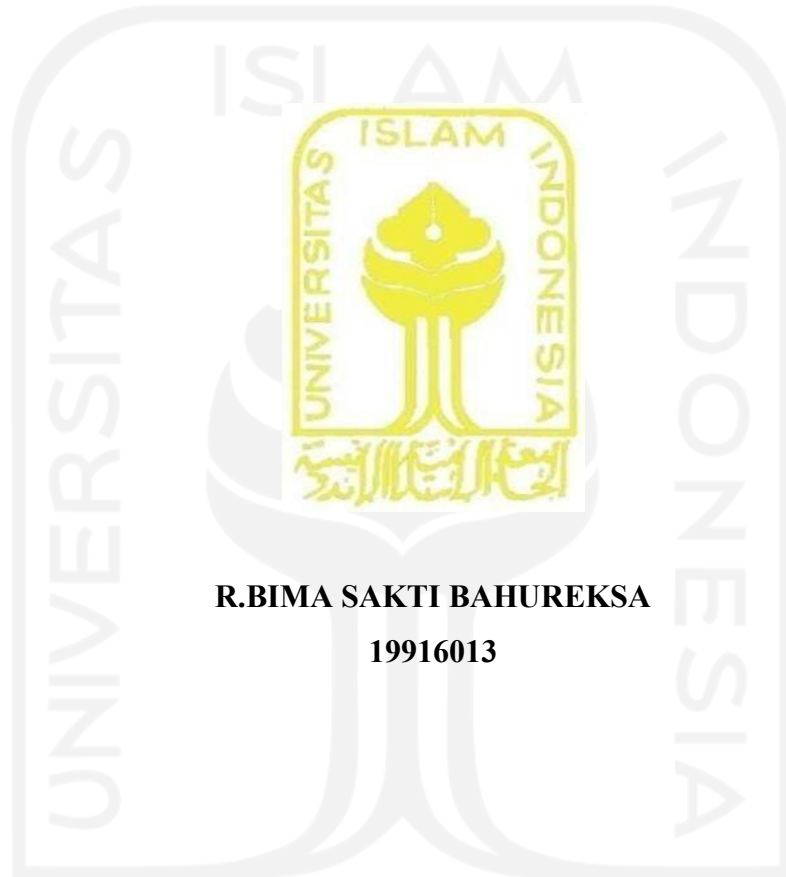
R.BIMA SAKTI BAHUREKSA

19916013

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
PROGRAM MEGISTER
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2022

TESIS
PERANCANGAN SISTEM KERJA PADA LINI PRODUKSI
PT.XWZ MENGGUNAKAN MACRO ERGONOMIC
AND DESIGN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS



R.BIMA SAKTI BAHUREKSA

19916013

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
PROGRAM MEGISTER FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2022

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Demi Allah, saya mengakui bahwa karya yang saya buat ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 28 Oktober 2022

R.Bima Sakti Bahureksa

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

TESIS

**PERANCANGAN SISTEM KERJA PADA LINI PRODUKSI PT.XWZ
MENGUNAKAN MACRO ERGONOMIC AND DESIGN UNTUK
MENINGKKATKAN PRODUKTIVITAS**

Tesi telah disetujui pada tanggal

13 Januari 2022

Pembimbing,



Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T., IPU, ASEAN.Eng

NIP. 905220101

Mengetahui

**Ketua Program Studi Teknik Industri Program Megister Fakultas Teknologi
Industri Universitas Islam Indonesia**



Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., IPM

NIP. 025200519

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PERANCANGAN SISTEM KERJA PADA LINI PRODUKSI
PT.XWZ MENGGUNAKAN MACRO ERGONOMIC AND
DESIGN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS**

TESIS

Disusun Oleh :

NAMA : R.BIMA SAKTI S.B.

MAHASISWA : 19916013

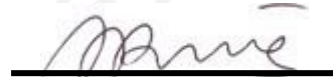
Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Dan Dinilai Oleh Dewan Penguji
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata Dua Teknik
Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Pada Tanggal 28 Oktober 2022

Team Penguji

Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo.,M.T.,IPU, ASEAN.Eng
Ketua



Dr. Ir. Elisa Kusriani, M.T., CPIM., CSCP
Anggota I



Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc
Anggota II



Mengetahui

**Ketua Program Studi Teknik Industri Program
Magister Fakultas Teknologi Industri Universitas
Islam Indonesia**



Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., IPM

NIP. 025200519

**PERANCANGAN SISTEM KERJA PADA LINI
PRODUKSI PT.XWZ MENGGUNAKAN MACRO
ERGONOMIC AND DESIGN UNTUK
MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS**

**Tesis untuk memperoleh Gelar Magister pada Program Studi Teknik
Industri Program Magister Fakultas Teknologi Industri Universitas
Islam Indonesia**

R.BIMA SAKTI BAHUREKSA

19916013

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Atas rahmat dan ridho-Nya pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul “PERANCANGAN SISTEM KERJA PADA LINI PRODUKSI PT.XWZ MENGGUNAKAN MACRO ERGONOMIC AND DESIGN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS” sebagai syarat untuk mencapai derajat sarjana Strata 2 (S2) pada program Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan tesis ini dibantu oleh berbagai pihak berupa arahan serta bimbingan. Oleh karena itu, Penulis dengan penuh hormat dan kerendahan hati menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr.Ir.Hari Purnomo, M.T, IPU, ASEAN, Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia dan selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bantuan dan arahan dalam penyusunan Tesis ini.
2. Bapak Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Magister Universitas Islam Indonesia.
3. Kedua Orang Tua saya yang telah memberikan dukungan moril dan materil selama saya menempuh pendidikan di Yogyakarta.
4. Semua pihak yang telah memberikan semangat dan memberi segala masukan dalam menjalankan penelitian dan penyusunan laporan tesis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dalam proses penerapan ilmu yang diperoleh. Penulisan karya tulis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu dimasa mendatang diharapkan kritik dan saran dari semua pihak dengan harapan dapat bermanfaat bagi semua yang berkepentingan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh Yogyakarta, 28 Oktober
2022

R.Bima Sakti Bahureksa



DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TESIS.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.2. Kajian Teoritis	8
2.2.1 Ergonomi.....	8
2.2.2 Ergonomi Makro	8
2.2.3 Sistem kerja.....	10
2.2.4 Lingkungan Kerja.....	10
2.2.5 Kelelahan.....	11
2.2.6 Keluhan Muskuloskeletal	11
2.2.7 Nordic Body Map.....	14
2.2.8 Focus Group Discussion.....	15
2.2.9 Anthropometri	16
2.2.10 Macroergonomic Analysis And Design (MEAD).....	17
2.2.11 Quick Exposure Check (QEC).....	19
2.2.12 Fishbone Diagram	21
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Objek dan Subyek Penelitian.....	23

3.2 Ruang Lingkup Penelitian	23
3.3 Populasi dan Sampel	24
3.3.1 Populasi.....	24
3.3.2 Sampel	24
3.4 Prosedur Penelitian.....	26
BAB IV HASIL PENELITIAN.....	29
4.1 Karakteristik Subjek.....	29
4.2 Metode Proses dengan MEAD	29
4.3 Uji Beda	43
4.4 Quick Exposure Check (QEC).....	43
BAB V PEMBAHASAN	46
5.1 Analisis keluhan yang terjadi pada stasiun kerja heat treatment	46
5.2 Analisis perbaikan fasilitas kerja dan hasil perbaikan fasilitas kerja...46	
5.3 Analisis Uji validasi perbaikan fasilitas kerja.....	47
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
6.1 Kesimpulan	49
6.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50

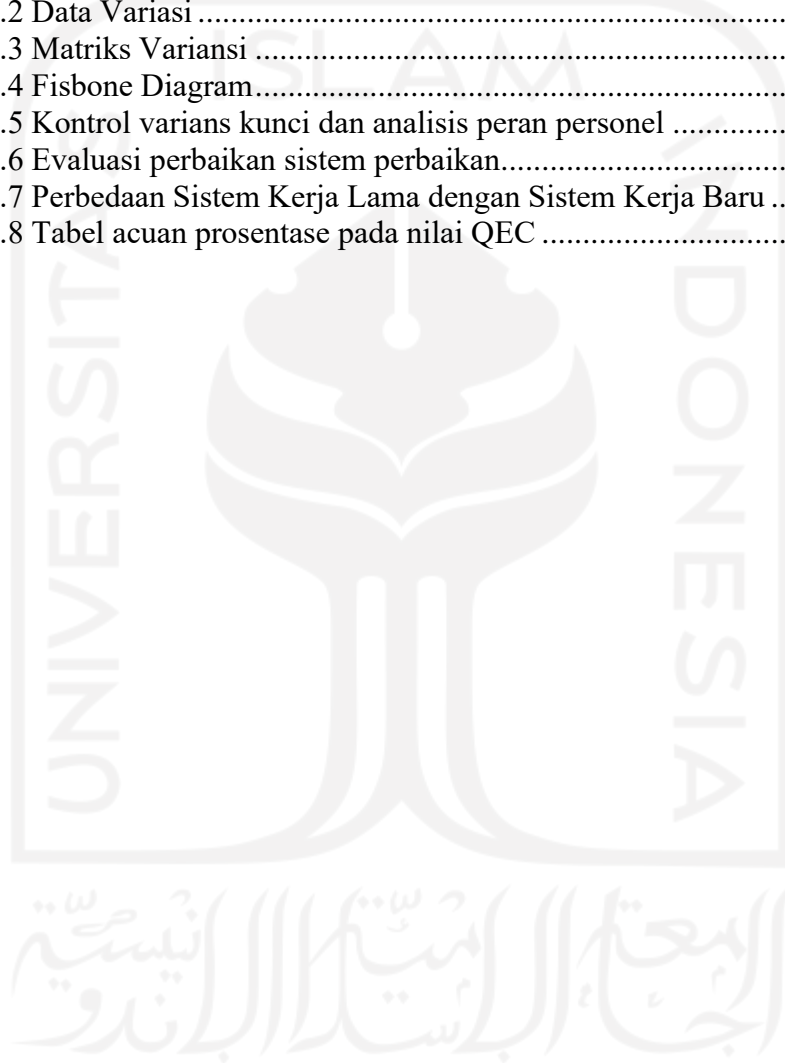
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kuesioner Nordic Body Map	15
Gambar 2.2 Fishbone Diagram.....	22
Gambar 4.1 Proposal perubahan layout di area 110T Heat Press	41
Gambar 4.2 Kondisi mesin Forklift aktual pada proposal	42
Gambar 4.3 Grafik hasil prosentase sebelum dan setelah implementasi	43
Gambar 4.4 Grafik Skor QEC Setelah Implementasi.....	44



DAFTAR TABEL

Table 2.1 Penelitian Terdahulu	6
Table 2.2 Exposure Score QEC	19
Table 2.3 Action Level QEC.....	20
Tabel 4.1 Karakteristik Responden	29
Tabel 4.2 Data Variasi	33
Tabel 4.3 Matriks Variansi	35
Tabel 4.4 Fisbone Diagram.....	36
Tabel 4.5 Kontrol varians kunci dan analisis peran personel	37
Tabel 4.6 Evaluasi perbaikan sistem perbaikan.....	39
Tabel 4.7 Perbedaan Sistem Kerja Lama dengan Sistem Kerja Baru	40
Tabel 4.8 Tabel acuan prosentase pada nilai QEC	44



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Persaingan revolusi industri dimulai dari industri 1.0, 2.0, 3.0, hingga industri 4.0. Fase industri adalah perubahan yang nyata. Industri 1.0 dicirikan oleh mekanisasi produksi untuk mendukung efektifitas dan efisiensi aktivitas manusia, industri 2.0 ditandai dengan produksi massal dan standarisasi kualitas, industri 3.0 adalah ditandai dengan penyesuaian massa dan fleksibilitas dari manufaktur dan robot berbasis otomatisasi. Industri 4.0 kemudian menggantikan industri 3.0 yang bercirikan cyber kolaborasi fisik dan manufaktur (Maria et al., 2019). Sektor manufaktur adalah sektor industri utama yang memberikan kontribusi bagi pembangunan negara. Industri manufaktur otomotif adalah industri global yang memiliki persaingan yang tinggi di seluruh dunia dan memberikan kontribusi pendapatan yang besar bagi negara (Mohd Fazi et al., 2019).

Ergonomi industri merupakan ilmu yang berkaitan dengan interaksi antara manusia dengan objek yang digunakan. Jika produk, peralatan kerja dan stasiun kerja baik maka hasil yang diberikan pekerja kepada perusahaan semakin baik, dan sebaliknya jika konsep ergonomi dalam merancang produk, Peralatan kerja dan stasiun kerja diabaikan maka hasil yang diberikan semakin buruk. Kondisi kerja dapat memberikan dampak terhadap pekerja diantaranya operator, Penurunan output produksi, penurunan kualitas kerja, Meningkatkan biaya dan material untuk kesehatan, dan peningkatan kecelakaan kerja (Nurmutia, 2019).

Pendekatan ergonomis makro dapat diterapkan di berbagai industri dengan desain organisasi dan faktor manajemen yang bervariasi dari industri ke industri, terutama dalam solusi keselamatan. Kemampuan dari solusi keselamatan dan kesehatan kerja dalam hal ini mencakup persyaratan dan kinerja keselamatan peraturan. Disarankan lebih lanjut bahwa pendekatan Makroergonomi akan memberikan proses yang komprehensif untuk memilih dan menerapkan analisis keamanan sistem yang mencakup pemahaman tentang teknologi, personel, lingkungan eksternal. Intervensi ergonomi dalam sebuah perusahaan sangatlah penting sebagai bahan acuan utama

dalam hal membagi peran pekerja kedalam stasiun-stasiun kerja yang disesuaikan dengan faktor umur, lama bekerja dan juga tingkat skill atau kemampuan individu dalam melakukan pekerjaannya karena korelasinya berpengaruh terhadap gangguan *musculoskeletal* (WMSDs) yang terjadi di setiap tahunnya (A. Tantawy et al., 2022). Manusia sebagai sumber daya tenaga kerja memiliki peran yang sangat berpengaruh dan signifikan dalam menjalankan proses produksi terutama kegiatan yang bersifat manual dan berulang untuk memaksimalkan kinerja dan produktivitas karyawan terdapat faktor yang dapat mempengaruhi dua aspek penting yaitu kondisi fisik dan beban kerja yang diberikan kepada pekerja. Ada kesadaran yang berkembang akan kebutuhan untuk mengurangi gangguan muskuloskeletal terkait pekerjaan (WMSDs) di industri negara, dengan tujuan untuk mengurangi konsekuensi substansial biaya dan dampak pada kualitas hidup (Lorenzini et al., 2019).

PT.XWZ adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam industri otomotif khususnya pada pengadaan spareparts baik roda dua dan roda empat berlokasi di jantung kota industri kawasan MM2100 *Industrial Town* bekasi. Dalam meningkatkan produktivitas kerja dan menjaga kestabilan produksi maka perusahaan berkewajiban untuk menjaga performa mesin-mesin produksi agar dapat terus berproduksi dengan lancar. PT.XWZ mempunyai beberapa divisi pada proses produksi yaitu Divisi Produksi, Divisi *Quality* dan Divisi *Engineering*. Divisi Produksi bertanggung jawab terhadap kelancaran proses rencana produksi pada setiap bulannya. Untuk Divisi *Quality* bertanggung jawab terhadap kualitas produk hasil dari proses produksi sebelum dikirim ke customer, Dan Divisi *Engineering* bertanggung jawab terhadap kelancaran mesin produksi, utilitas energi listrik, angin, air dan juga sumber daya lainnya untuk kelancaran proses produksi di PT.XWZ. Perawatan, perbaikan dan improvisasi merupakan bagian yang paling berdekatan dengan kegiatan produksi. Permasalahan kerusakan mesin adalah salah satu faktor penghambat produksi sehingga bisa menimbulkan *delay* untuk pengiriman produk ke kustomer. Divisi *Engineering* sebagai penanggung jawab akan kelancaran mesin produksi harus bekerja dengan baik agar permasalahan pada permesinan yang mengakibatkan penurunan produksi dapat ditekan seminimal

ungkinan. Pemeliharaan adalah kombinasi dari berbagai kegiatan yang dilakukan untuk memelihara fasilitas produksi termasuk mesin dan alat-alat produksi lainnya atau untuk memperbaikinya sampai pada suatu kondisi yang diharapkan.

Penulis melakukan observasi dan wawancara terhadap 10 karyawan yang bekerja di Divisi *Engineering* pada bagian team *repair* (perbaikan mesin) dari total pekerja sebanyak 21 pekerja khususnya di lini penulis menemukan adanya tingkat kelelahan dan gejala *musculoskeletal disorder* (MSDs) dan waktu perbaikannya sangat lama karena harus menunggu waktu libur di akhir pekan. Mengacu pada permasalahan tersebut diatas maka dilakukan analisa terhadap 10 orang pekerja pada stasiun kerja perbaikan mesin dengan menggunakan *Nordic Body Map*. *Nordic Body Map* merupakan suatu tools dalam ilmu Ergonomi berupa kuesioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan atau kesakitan tubuh dan juga dapat mengidentifikasi *Work-related Musculokeletal Disorders* (Wijaya, 2019). *Nordic Body Map* (NBM) merupakan suatu metode pengukuran dalam mengidentifikasi keluhan-keluhan otot skeletal yang menggunakan *worksheet* atau lembar kerja yang berupa peta tubuh atau *body maps* yang mudah dipahami, sederhana, dan memerlukan waktu yang singkat dalam penerapannya (Adelia Tamala, 2020). Pekerja yang menderita sakit pinggang sebanyak 6.07%, sakit di punggung sebanyak 5.48% dan sakit dibahu kanan sebanyak 4.91%. Prosentase tersebut adalah prosentase terbanyak dari 27 jenis keluhan yang ada di *Nordic Body Map*. Proses perbaikan mengganti *seal* pada *main cylinder* dilakukan apabila terjadi kebocoran sehingga oli merembes ke sekitar *main cylinder* secara otomatis mesin tidak dapat dioperasikan karena tekanan press turun dan mesin harus stop. Perbaikan dilakukan dengan menggunakan beberapa alat seperti dongkrak, Satu set alat *tools* standard dan juga menggunakan beberapa balok kayu sebagai alat pengaman dikarenakan area yang sempit dan panas. Pekerja yang melakukan perbaikan mesin harus menunduk serta jongkok agak lama untuk mengangkat *main cylinder* tersebut dikarenakan kondisinya berat dan kebutuhan untuk mendesain sistem kerja sangat diperlukan. Berdasarkan permasalahan diatas diperlukan perbaikan pada sistem stasiun kerja tersebut. Penulis berfokus pada perlu dilakukan perbaikan sistem kerja dengan baik adalah melakukan perbaikan dengan

menggunakan metodologi *Macroergonomics Analysis and Design* (MEAD) untuk mengevaluasi sistem kerja dengan langkah terstruktur dan sistematis yaitu dengan metodologi sepuluh langkah yang digunakan untuk mengevaluasi dan merancang sistem kerja serta mendesain sebuah alat bantu guna mengurangi dan menghilangkan cedera otot serta menekan waktu perbaikan di mesin 110T *heat press* yang selalu memakan waktu kurang lebih 8 jam setiap ada proses perbaikan. Penulis menggunakan lembaran *Nordic Body Map* dan *Focus Group Discussion* untuk mengetahui tingkat kelelahan pekerja serta berdiskusi untuk sistem perbaikannya dan juga menggunakan kuesioner *Quick Exposure Checklist* untuk mengetahui stasiun kerja yang beresiko tinggi mengalami *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Latar belakang diatas menjelaskan bahwa identifikasi resiko perlu dilakukan untuk mengetahui kendala atau permasalahan yang akan muncul dan sumber-sumber penyebab permasalahan khususnya dalam masalah penurunan produktivitas di dalam perusahaan. Tahapan-tahapan perbaikan dengan menggunakan *Macroergonomics Analysis and Design* (MEAD) merupakan langkah jitu dalam menyelesaikan permasalahan tersebut diatas. Berdasarkan uraian tersebut maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul **“Perancangan sistem kerja pada lini produksi PT.XWZ menggunakan *Macro Ergonomic Analysis and Design* untuk meningkatkan produktivitas ”**.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar peningkatan penurunan tingkat kelelahan dilakukan perbaikan sistem kerja menggunakan metode MEAD?
2. Seberapa besar penurunan kelelahan setelah dilakukan perbaikan sistem kerja menggunakan metode MEAD?

1.3. Batasan Masalah

Agar masalah yang diteliti tidak memiliki jangkauan terlalu luas maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilaksanakan pada Divisi produksi di stasiun kerja *Heat treatment* pada mesin 110T *Heatpress*
2. Subjek penelitian ini hanya menggunakan metode *Macroergonmics And Design* (MEAD)

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk sebagai berikut:

1. Untuk menentukan peningkatan produktivitas pekerja setelah dilakukan perbaikan sistem kerja menggunakan metode MEAD?
2. Untuk menentukan penurunan kelelahan setelah dilakukan perbaikan sistem kerja menggunakan metode MEAD?

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini sangat berguna bagi masyarakat luas dalam usaha memperbaiki sistem kerja dan meningkatkan produktivitas dengan menggunakan metode *Macroergonomics Analysis and Design* (MEAD).
2. Hasil penelitian ini sangat berguna sebagai referensi akademik sebagai bahan rujukan dan keperluan terkait penelitian dengan memakai pendekatan *Macroergonomics Analysis and Design* (MEAD).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pendekatan makro ergonomic dan produktivitas telah banyak dilakukan. Penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Table 2.1 Penelitian Terdahulu

Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Korelasi terhadap penelitian
Wijaya (2019)	Identifikasi Risiko Ergonomi dengan <i>Metode Nordic Body Map</i> terhadap pekerja konveksi sablon baju	Penelitian memiliki korelasi terhadap sistem penggunaan metode yang sama dengan penulis sebagai bahan rujukan dalam menggunakan metode MEAD.
Lorenzini, (2019)	<i>A new Overloading fatigue model for Ergonomic Risk Assessment with application to Human-Robot Collaboration</i>	Persamaan akan kebutuhan untuk mengurangi gangguan muskuloskeletal terkait pekerjaan (WMSDs) di industri negara, khususnya untuk memperbaiki kualitas hidup.
Maria et al., (2019)	<i>Readiness to face industry 4.0</i>	Korelasi terhadap tantangan revolusi industri yang sama.
Mahfirah'eni & Suhardi (2021)	<i>Implementation of Macroergonomic in Human safety</i>	Implementasi makro ergonomi terhadap keselamatan dan Kesehatan pekerja.
Kalteh et al., (2020)	<i>Development of a tool using sosiotechnical work systems and</i>	Terkait dengan pendekatan Makroergonomi dalam sebuah sistem terorganisir pada sebuah perusahaan.

		<i>macroergonomics approach</i>	
Asivandzadeh et al., (2019)	et	<i>The role of safety climate on work-related musculoskeletal discomfort and productivity</i>	Keterkaitan dengan produktivitas kerja dan faktor-faktor kunci yang menggambarkan seberapa sehat atau tidak sehatnya pekerja.
A. Tantawy et al., 2022		<i>Musculoskeletal disorder among employees with different task</i>	Keterkaitan dengan intervensi ergonomi dalam menganalisa status pekerja (tingkat umur, masa kerja dan skill) disesuaikan dengan stasiun kerja di perusahaan.
Adelia (2020)	Tamala	Pengukuran keluhan <i>Musculoskeletal Disorder(MSDS)</i> pada pekerja pengolah ikan menggunakan <i>Nordic Body Map (NBM) dan Rapid Upper Limb Assessment (RULA)</i> .	metode pengukuran dalam mengidentifikasi keluhan-keluhan otot skeletal yang menggunakan <i>worksheet</i> atau lembar kerja yang berupa peta tubuh atau <i>body maps</i> yang mudah dipahami
Rizki & Suhardi (2021)		<i>Macroergonomics in the Industri of Transportation</i>	Keterkaitan dengan penelitian konsep perubahan tata letak mesin yang menjadi bagian transportasi produksi dengan metode makroergonomi.
Nurmutia (2019)		Peran perancangan alat kerja ergonomis di era revolusi industri 4.0 dengan menggunakan	Keterkaitan dengan Kondisi kerja dapat memberikan dampak terhadap penurunan output produksi, penurunan kualitas

AHP <i>Hierarchy Process</i>)	(<i>Analytical</i> kerja dan untuk kesehatan, dan peningkatan kecelakaan kerja
-----------------------------------	--

2.2. Kajian Teoritis

2.2.1 Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani, terbentuk dari kata “*ergon*” yang berarti “kerja atau usaha”, dan kata “*nomos*” yang berarti “aturan”. Secara harfiah, ergonomi berarti pengaturan kerja (Yanto & Billy Ngaliman, 2017). Istilah ergonomi pertama kali diperkenalkan oleh Wojciech Jastrzebowski pada tahun 1857 yang mempelajari dampak manusia dan ekonomi karena perubahan dari era pertanian menuju era revolusi industri. Orang yang mempopulerkan istilah ergonomi adalah Etienne Grandjean yang kini dikenal dengan “Bapak Ergonomi Modern”. Grandjean mengartikan ergonomi sebagai “*Fitting the work to the worker*” (Stack et al., 2016).

Ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia dalam rangka membuat sistem kerja yang ENASE (efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien). Ergonomi adalah suatu ilmu multidisiplin yang mempelajari pengetahuan-pengetahuan seperti ilmu kedokteran, biologi, ilmu psikologi, dan ilmu sosiologi (Nurmianto et al., 2015). Adapun sebuah tujuan penerapan ergonomi yang dapat pula dibuat dalam suatu hierarki (Kroemer, 2004). Dengan tujuan yang paling rendah adalah sistem kerja yang masih dapat diterima (tolerable) dalam batas-batas tertentu, asalkan sistem ini tidak memiliki potensi bahaya terhadap kesehatan dan nyawa manusia sedangkan tujuan yang lebih tinggi adalah suatu keadaan ketika pekerja dapat menerima kondisi kerja yang ada (*acceptable*), dengan meningkatkan keterbatasan yang bersifat teknis ataupun organisatoris.

2.2.2 Ergonomi Makro

Ergonomi makro muncul karena pesatnya kemajuan teknologi sehingga organisasi harus menyesuaikan dengan perubahan (Hendrick, H.W., & Kleiner, B.M., 1984). Intervensi ergonomi mikro dianggap tidak efektif lagi untuk

mengurangi jumlah kecelakaan dan meningkatkan produktivitas. Maka dari itu, diperlukan suatu integrasi antara rancangan organisasi dan faktor manajemen dalam konteks ergonomi yang lebih luas, yaitu ergonomi makro.

Menurut Hendrick (2002), ergonomi makro adalah sebuah perspektif, metodologi, dan diakui sebagai sub-disiplin dari ergonomi atau *human factors*. Ergonomi makro ini menyangkut teknologi antar muka manusia organisasi (*Human-organization interface*). Secara konsep, ergonomi makro menggunakan pendekatan sosioteknikal secara *top-down* pada sebuah desain sistem kerja. Tujuan dari ergonomi makro adalah untuk mengoptimalkan desain sistem kerja dalam hal karakteristik sistem sosioteknikal dan membawanya kepada keseluruhan sistem kerja di bawahnya.

Menurut Hendrick dan Kleiner dalam Iridiastadi & Yassierli (Hardianto Iristiadi et al., 2014), Ada beberapa metode yang biasa digunakan dalam penelitian ergonomi makro, yaitu:

1. Metode *Field Study*

Metode ini adalah metode dengan teknik observasi secara sistematis dan naturalistik yang digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik organisasi dan mengumpulkan data untuk perbaikan. Data diperoleh melalui wawancara, kuesioner, pengukuran kinerja dan keluhan pekerja.

2. Metode Survei dengan Kuesioner

Metode ini digunakan untuk mengumpulkan informasi dalam berbagai aspek dan digunakan pada tahap diagnosis, evaluasi dan monitoring. Survei yang valid akan memberikan data terstruktur yang dapat dinilai dan dianalisis secara baku.

3. Metode wawancara

Metode ini mengidentifikasi akar masalah pada sistem kerja dan sistem organisasi secara utuh dan mendalam. Pewawancara dapat mengumpulkan data yang kaya dan informatif, serta membangun hubungan dengan responden agar respon dapat leluasa menggambarkan opininya.

4. Metode *Focus Group*

Metode ini digunakan untuk memperoleh informasi secara berkelompok. Anggota dapat berinteraksi dalam menanggapi suatu kasus yang berkaitan dengan sistem kerja. Diskusi diarahkan untuk menggali intervensi untuk perbaikan sistem kerja dan fungsi organisasi secara keseluruhan.

5. Ergonomi Partisipasi

Metode ini implementasikan teknologi pada sistem organisasi dengan melibatkan pengguna akhir secara aktif untuk melengkapi pengetahuan tentang ergonomi dan prosedur di tempat kerja.

2.2.3 Sistem kerja

Sistem kerja merupakan gabungan dari subsistem yang terdiri dari manusia, alat, energi, bahan dan informasi yang dikelola dan berinteraksi untuk mencapai tujuan berupa produktivitas dan efisiensi yang tinggi (Iftikar Z. Satalaksana et al., 1979). Langkah - langkah untuk merancang sebuah sistem kerja adalah sebagai berikut (Tayyari & F. and Smith, J.L., 1997) :

1. Menentukan tujuan, yakni output yang hendak dicapai harus terdefinisi.
2. Menentukan input yang dibutuhkan untuk menghasilkan output yang baik.
3. Mendeskripsikan proses yakni bagaimana pengkonversian input *menjadi output*.
4. Alokasi fungsi, yakni semua tugas dan fungsi harus teridentifikasi untuk mencapai tujuan.
5. Perancangan interface antar sistem.

Sistem kerja harus dirancang sesuai kebutuhan dan keterbatasan manusia yang mengacu pada prinsip *fitting the task to the man* serta melibatkan aspek budaya organisasi dan teknologi yang digunakan agar dapat terhindar dari dampak negatif seperti kecelakaan kerja, sistem kerja yang ergonomis mengandung keharmonisan antara manusia dengan lingkungannya (Purnomo, 2012; Sastrowinoto, 1985).

2.2.4 Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja yang nyaman sangat dibutuhkan oleh pekerja untuk dapat bekerja secara optimal dan produktif (Manuaba, A., 1992). Lingkungan kerja dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya faktor fisik, faktor kimia, faktor biologis dan faktor psikologis (Tarwaka et al., 2004). Lingkungan kerja berpengaruh pada kesehatan, performansi dan produktivitas tenaga kerja (Haskari et al., 2008).

2.2.5 Kelelahan

Kelelahan merupakan arti dari suatu mekanisme perlindungan tubuh agar tubuh terhindar dari kerusakan lebih lanjut sehingga waktu istirahat akan terjadi pemulihan. Kelelahan diatur secara sentral oleh otak yang bermuara kepada kehilangan efisiensi dan penurunan kapasitas kerja serta ketahanan tubuh (Tarwaka et al., 2004). Kelelahan diklasifikasikan menjadi dua, kelelahan otot dan kelelahan secara umum. Kelelahan otot merupakan perasaan nyeri pada otot, sedangkan kelelahan umum biasanya ditandai dengan berkurangnya kemauan untuk bekerja yang disebabkan oleh karena monotomi; intensitas dan lamanya kerja fisik; keadaan lingkungan; sebab-sebab mental; status kesehatan dan keadaan gizi (Grandjean E., 1993).

Kelelahan adalah perpaduan dari wujud penurunan fungsi mental dan fisik yang menghasilkan berkurangnya semangat kerja sehingga mengakibatkan efektifitas dan efisiensi kerja menurun (Saito, Kazuo, 1999). Kelelahan diatur secara terpusat di otak. Terdapat struktur susunan syaraf pusat yang berperan penting dalam mengontrol fungsi secara luas dan konsisten yaitu *reticular formation* atau sistem penggerak pada *medulla* yang berfungsi meningkatkan dan mengurangi sensitivitas dari *cortex cerebri*. *Cortex cerebri* berfungsi sebagai pusat kesadaran meliputi persepsi, perasaan subjektif, refleksi, dan kemauan (Rodahl, K., 1992).

2.2.6 Keluhan Muskuloskeletal

Keluhan *muskuloskeletal* adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat

sakit, hingga terjadi kerusakan yang biasa disebut *musculoskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem muskuloskeletal (Grandjean E., 1993). Jika otot mengalami gangguan, maka aktivitas sehari-hari seperti melakukan pekerjaan dapat terganggu karena kekuatan otot merupakan salah satu bagian terpenting dari organ tubuh manusia agar tubuh dapat bergerak. Timbulnya rasa sakit pada otot ini dapat berakibat pada menurunnya produktivitas kerja seseorang. Sedangkan kekuatan otot sendiri akan ditentukan oleh banyaknya serat-serat yang berkerut secara aktif di dalam tubuh manusia dalam kurun waktu tertentu (Suma'mur, P.K., 1989). Selain itu, kontraksi otot yang berlebihan ditambah dengan pemberian beban yang terlalu berat dan dalam durasi waktu yang cukup panjang tentunya akan menimbulkan risiko pada keluhan MSDs. Menurut hasil laporan, diketahui bahwa keluhan MSDs pada pekerja akan berpengaruh pada hilangnya jam kerja seseorang. Sekitar 8.784.000 hari kerja hilang akibat MSDs yang terjadi di tempat kerja menurut *Labour Force Survey*.

1. WMSDs (*Work-Related Musculoskeletal Disorders*)

WMSDs adalah sekumpulan pada gangguan sistem muskuloskeletal menyangkut otot, tendon, dan saraf yang diakibatkan oleh pekerjaan yang dilakukan secara berulang-ulang dengan intensitas tinggi dan waktu istirahat yang kurang. Keluhan otot skeletal pada umumnya terjadi karena kontraksi otot yang berlebihan akibat pemberian beban kerja terlalu berat dengan durasi pembebanan yang panjang. Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan keluhan otot skeletal yaitu (Tayyari & F. and Smith, J.L., 1997): (1) Peregangan otot yang berlebihan; (2) Aktifitas berulang; (3) Sikap kerja tidak alamiah. Faktor-faktor yang dapat menimbulkan adanya gangguan pada tubuh manusia jika pekerjaan berat dilakukan secara terus menerus akan berakibat buruk pada kondisi kesehatan pekerja untuk jangka waktu lama (Suma'mur, P.K., 1989), dan menimbulkan kecelakaan dalam industri, yang disebut *over exertion lifting and carrying* yaitu kerusakan jaringan tubuh yang disebabkan oleh beban angkat yang berlebihan (Nurmianto, Eko, 1996). Studi MSDs pada berbagai jenis industri telah banyak dilakukan dan hasil studi menunjukkan bahwa bagian otot yang sering dikeluhkan

adalah otot rangka (skelatal) yang meliputi otot leher, bahu, lengan, jari, punggung, pinggang dan otot-otot bagian bawah. Diantara keluhan otot skeletal tersebut, yang banyak dialami pekerja adalah otot bagian pinggang (*low back pain*). Laporan dari *the Bureau of Labour Statistic* (LBS) Departemen Tenaga Kerja Amerika Serikat yang dipublikasikan pada tahun 1982 menunjukkan bahwa hampir 20% dari semua kasus sakit akibat kerja dan 25% biaya kompensasi yang dikeluarkan sehubungan dengan adanya keluhan/sakit punggung. Sementara itu *National Safety Council* melaporkan bahwa sakit akibat kerja yang frekuensi kejadiannya paling tinggi adalah sakit punggung yaitu 22% dari 1.700.000 kasus (Waters, T.S. & Putz Anderson, V., 1996).

2. CTDs (*Cumulative Trauma Disorders*)

Cummulative trauma disorders merupakan cedera pada sistem kerangka otot yang semakin bertambah secara bertahap sehingga akibat dari trauma kecil yang terus menerus yang disebabkan oleh desain yang buruk yaitu desain alat/ sistem kerja yang membutuhkan gerakan tubuh dalam posisi yang tidak normal serta penggunaan perkakas atau alat lainnya yang terlalu sering. Empat faktor penyebab timbulnya CTDs:

- a. Penggunaan gaya yang berlebihan selama gerakan normal.
- b. Gerakan sendi yang kaku yaitu tidak berada pada posisi normal.
Misalnya bahu yang terlalu terangkat, lutut yang terlalu naik, punggung terlalu membungkuk dan lainnya.
- c. Perulangan gerakan yang sama secara terus menerus.
- d. Kurangnya istirahat yang cukup untuk memulihkan trauma sendi.

Gejala yang berhubungan dengan CTDs antara lain adalah terasa sakit atau system pada otot, gerakan sendi yang terbatas dan terjadi pembengkakan. Jika gejala ini dibiarkan maka akan menimbulkan kerusakan permanen. CTDs merusak sistem saraf muskuloskeletal yaitu urat syaraf, otot tendon, ligamen, tulang dan tulang sendi (joint) pada pergerakan extrem dan bagian tubuh atas (bahu, tangan, siku, pergelangan tangan), tubuh bagian bawah (pinggul, lutut, kaki) dan bagian belakang (leher dan punggung/badan). Punggung, leher dan bahu

merupakan bagian yang rentan terkena CTD, penyakit yang diakibatkan adalah nyeri pada tengkuk/bahu (*cervical syndrome*), nyeri pada tulang belakang yang disebut *Chronic Low Back Pain*. Pada tangan dan pergelangan tangan terjadi *trigger* (tangan bergetar), *raynaud's syndrome vibration white finger*, *carpal tunnel syndrome* (Tayyari & F. and Smith, J.L., 1997).

2.2.7 Nordic Body Map

Nordic Body Map merupakan salah satu dari metode pengukuran subyektif untuk mengukur rasa sakit otot para pekerja. *Nordic Body Map* (NBM) adalah sistem pengukuran keluhan sakit pada tubuh yang dikenal *musculoskeletal*. *Nordic Body Map* digunakan untuk mengetahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (agak sakit) sampai dengan sangat sakit. Cara ini sangat sederhana namun kurang teliti karena mengandung subjektivitas yang tinggi. *Nordic Body Map* merupakan suatu tools dalam ilmu Ergonomi berupa kuesioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan atau kesakitan tubuh dan juga dapat mengidentifikasi *Work-related Musculokeletal Disorders* (Wijaya, 2019). Kuesioner ini menggunakan gambar tubuh manusia yang sudah dibagi menjadi 9 bagian utama yaitu: Leher, Bahu, Punggung bagian atas, Siku, Punggung bagian bawah, Pergelangan tangan, Pinggang/Pantat, Lutut, Tumit/kaki.

Gambar 2.1 Kuesioner Nordic Body Map

Kuesioner Nordic Body Map

Nama : _____
 Umur : _____ Tahun
 Lama Bekerja : _____ Tahun

Anda diminta untuk mengisi apa yang anda rasakan pada bagian tubuh yang ditunjukkan pada tabel dan gambar di bawah ini.
 Pilihlah tingkat kesakitan yang anda rasakan dengan memberikan tanda '√' pada kolom pilihan anda.

No.	Jenis Kelelahan	Tingkat Kelelahan				Peta Bagian Tubuh
		Tidak Sakit	Agak Sakit	Sakit	Sangat Sakit	
0	Sakit/kaku di leher bagian atas					
1	Sakit/kaku di leher bagian bawah					
2	Sakit di bahu kiri					
3	Sakit di bahu kanan					
4	Sakit pada lengan atas kiri					
5	Sakit di punggung					
6	Sakit pada lengan atas kanan					
7	Sakit pada pinggang					
8	Sakit pada bokong					
9	Sakit pada paha					
10	Sakit pada siku kiri					
11	Sakit pada siku kanan					
12	Sakit pada lengan bawah kiri					
13	Sakit pada lengan bawah kanan					
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri					
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan					
16	Sakit pada tangan kiri					
17	Sakit pada tangan kanan					
18	Sakit pada paha kiri					
19	Sakit pada paha kanan					
20	Sakit pada lutut kiri					
21	Sakit pada lutut kanan					
22	Sakit pada betis kiri					
23	Sakit pada betis kanan					
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri					
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan					
26	Sakit pada kaki kiri					
27	Sakit pada kaki kanan					

2.2.8 Focus Group Discussion

Focus Group Design (FGD) adalah teknik di mana seorang peneliti mengumpulkan sekelompok individu untuk mendiskusikan topik tertentu, yang bertujuan untuk menarik dari pengalaman pribadi yang kompleks, keyakinan, persepsi, dan sikap dari para peserta melalui moderator interaksi (Cornwall & Jewkes, 1995). *Focus Group Design* adalah diskusi terstruktur longgar antara enam sampai sepuluh individu yang digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang topik penelitian atau program tertentu (Debus M., 1998).

Dari konsep informasi di atas, kita dapat memahami bahwa diskusi kelompok secara terarah adalah teknik pengumpulan data penelitian kualitatif di mana sekelompok orang terpilih membahas topik atau masalah tertentu secara mendalam, difasilitasi oleh seorang moderator eksternal yang profesional. *Focus Group Design* (FGD) adalah proses pengorganisasian dan pemeriksaan informasi untuk menemukan makna di dalamnya. Menurut Krueger (sebagaimana dikutip dalam De Negri & Thomas 2003), analisis itu seperti pekerjaan detektif. Setelah melakukan diskusi kelompok terarah, Anda harus membaca banyak catatan, mengaturnya, dan kemudian mencari “petunjuk” yang akan membantu Anda

memahami semuanya. Ini membutuhkan banyak waktu dan kebutuhan agar Anda mengetahui informasinya dengan secara baik.

2.2.9 Anthropometri

Anthropometri berasal dari *antropos* yang artinya manusia dan *metron* yang berarti pengukuran, dengan demikian *anthropometri* mempunyai arti sebagai pengukuran tubuh manusia (Bridger, R.S., 1995). *Anthropometri* merupakan studi yang berkaitan erat dengan dimensi dan karakteristik fisik tertentu dari tubuh manusia seperti berat, volume, pusat gravitasi, sifat-sifat inersia segmen tubuh, dan kekuatan kelompok otot (Tayyari & F. and Smith, J.L., 1997). Dengan mengetahui ukuran dimensi tubuh pekerja, dapat dibuat rancangan peralatan kerja, stasiun kerja, dan produk yang sesuai dengan dimensi tubuh pekerja sehingga dapat menciptakan kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja (Arwani et al., 2013). Setiap manusia memiliki ukuran tubuh yang berbeda-beda. Ukuran yang berbeda tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain umur, Jenis kelamin, suku/bangsa, dan posisi tubuh (Wignjosoebroto & Sritomo, 2008). Antropometri menurut (Nurmianto, Eko, 1996) adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik tubuh manusia seperti ukuran, bentuk, dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Sedangkan (Dianat et al., 2018) menyatakan bahwa *anthropometri* adalah elemen kunci dari studi ergonomis untuk mengatasi masalah penyesuaian tugas/produk dengan karakteristik pengguna, tetapi ada kesenjangan antara data antropometrik dan aplikasinya untuk merancang produk dan lingkungan yang ergonomis. Dapat dibuat rancangan peralatan kerja, stasiun kerja dan produk yang sesuai dengan dimensi tubuh pekerja sehingga dapat menciptakan kenyamanan, kesehatan, keselamatan kerja. Menurut (Wignjosoebroto & Sritomo, 2008) ada tiga filosofi untuk suatu desain sebagai data *anthropometri* yang diaplikasikan yaitu:

1. Perancangan berdasarkan individu ekstrem Prinsip ini digunakan untuk perancangan yang dapat dipakai oleh sebagian besar orang (minimal 95% pemakai) contoh ukuran pintu darurat.

2. Perancangan fasilitas yang bisa disesuaikan Digunakan untuk merancang suatu fasilitas agar bisa digunakan oleh semua orang.
3. Perancangan fasilitas berdasarkan rata-rata pemakai digunakan apabila perancangan berdasarkan individu ekstrim tidak mungkin dilaksanakann dan tidak layak jika menggunakan prinsip perancangan fasilitas yang bisa disesuaikan.

Hal yang lain perlu diamati seperti berat dan pusat massa (*centre of gravity*) dari suatu segmen / bagian tubuh. Bentuk tubuh. Jarak untuk pergerakan melingkar (*angular motion*) dari tangan dan kaki dan lain lain.

2.2.10 Macroergonomic Analysis And Design (MEAD)

Salah satu metode dalam ergonomi makro adalah *Macroergonomic Anaysis and Design* (Kleiner, 2005). Metode ini memiliki beberapa tahapan dalam menilai dan meningkatkan sistem kerja, diantaranya:

1. Mendefinisikan subsistem organisasi
 - a. Mereview input, output, customer, proses kerja serta mekanisme umpan balik dalam mengorganisasi visi dan misi.
 - b. Identifikasipernyataan formal mengenai visi dan misi.
 - c. Mengidentifikasi *Stakeholder* yang utama pada sistem organisasi.
 - d. Mengidentifikasi keinginan pekerja dan pemilik.
2. Mendefinisikan tipe alat kerja dan menetapkan tingkat kinerja yang diinginkan. Menetapkan kunci kinerja yang ingin dicapai dan tingkat kinerja yang diinginkan.
3. Mendefinisikan proses kerja dan analisa kerja
 - a. Mengidentifikasi unit-unit kerja yang ada di Organisasi.
 - b. Mengidentifikasi proses kerja yang ada pada unit-unit tersebut dan melakukan analisa kerja untuk mengukur kemungkinan dilakukannya perbaikan-perbaikan serta mengidentifikasi jika terdapat permasalahan dalam koordinasi.
4. Mendefinisikan variansi actual dan harapan Menganalisa data yang sudah diperoleh pada langkah-langkah sebelumnya untuk mengidentifikasi

kelemahan, penyimpangan ataupun permasalahan lain yang dapat menyebabkan penurunan kinerja sistem kerja ataupun mengidentifikasi hal-hal yang menyebabkan adanya gap antara keinginan pekerja dengan pemilik perusahaan.

5. Membuat matriks variansi

Penyimpangan hasil Analisa langkah 4 kemudian dibuat matriks variansi, untuk mengidentifikasi apakah penyimpangan yang terjadi saling mempengaruhi dengan penyimpangan yang lain

6. Menganalisa peran personel mengidentifikasi peran personel yang bertanggungjawab pada unit kerja dimana penyimpangan tersebut terjadi.

7. Mengalokasikan fungsi dan penggabungan desain

Melakukan perbaikan terhadap proses kerja dan juga mengalokasikan personel yang bertanggungjawab.

8. Menganalisa persepsi dan tanggung jawab

a. Mengidentifikasi skill dan pengetahuan yang dibutuhkan personel yang bertanggungjawab pada area terjadi penyimpangan ataupun personel yang diberi tanggungjawab untuk proses perbaikan.

b. Mengidentifikasi persepsi personel tersebut terhadap tugas, serta apa yang sudah dikerjakannya.

c. Jika terdapat gap antara peran yang dibutuhkan dengan yang menjadi persepsi dari personel tersebut maka dapat dikurangi misalnya dengan menggunakan training dan lain-lain.

9. Desain ulang dukungan dan menggabungkan subsistem

Mendesain ulang dukungan ataupun memperbaiki support subsistem dalam hal ini misalnya terdapat permasalahan dalam komunikasi / umpan balik maka harus di desain ulang sistem komunikasi di dalam sistem organisasi.

10. Menerapkan, mengiterasi, dan meningkatkan kinerja.

2.2.11 Quick Exposure Check (QEC)

Quick Exposure Check (QEC) merupakan salah satu metode pengukuran beban postur yang diperkenalkan oleh Dr. Guanyang Li dan Peter Buckle. Metode ini mengkombinasikan penilaian beban kerja pada peneliti dan juga operator dari hasil penilaiannya dan penjelasan dari level resiko (*Score*) untuk bagian punggung, bahu/lengan, pergelangan tangan/tangan, dan leher yang berhubungan dengan pekerjaan tertentu, dan memperlihatkan apakah intervensi ergonomi terbukti efektif (dengan naik turunnya score) (Amelinda, 2017). QEC memiliki sensitivitas dan kegunaan yang tinggi serta dapat diterima secara luas reabilitasnya. QEC merupakan suatu metode untuk penilaian terhadap resiko kerja yang berhubungan dengan gangguan otot di tempat kerja. Metode ini menilai gangguan risiko yang terjadi pada bagian belakang punggung, bahu/lengan, pergelangan tangan, dan leher. QEC membantu untuk mencegah terjadinya *work musculoskeletal disorder* (WMSDs) seperti gerak repetitive, gaya tekan, postur yang salah, dan durasi kerja (Rezia et al, 2014). Pengukuran sikap kerja operator dengan mengolah data kuesioner yang telah diambil untuk menghitung *exposure score* pada setiap anggota tubuh yang diamati yaitu punggung, bahu/lengan, pergelangan tangan, dan leher. Tingkat risiko terjadinya cedera pada anggota tubuh berdasarkan dari nilai *exposure score* yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Table 2.2 Exposure Score QEC

<i>Score</i>	<i>Exposure Score</i>			
	<i>Low</i>	<i>Moderate</i>	<i>High</i>	<i>Very High</i>
Punggung (Statis)	8-15	16-22	23-29	29-42
Punggung (Bergerak)	10-20	23-39	31-40	41-56
Bahu/Lengan	10-20	31-40	31-40	41-56
Pergelangan tangan	10-20	31-40	31-40	41-56
Leher	4-6	12-14	12-14	16-18

Selanjutnya adalah menghitung *exposure level* untuk menentukan tindakan apa yang dilakukan berdasarkan dari hasil perhitungan total *exposure score*. Berikut rumus perhitungan *exposure level*:

$$E(\%) = \frac{x}{x_{max}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

X= Total *score* yang didapat untuk paparan risiko cedera untuk punggung, bahu/lengan, pergelangan tangan, dan leher yang diperoleh dari perhitungan kuesioner.

Xmax= Total maksimum *score* untuk paparan yang mungkin terjadi cedera untuk punggung, bahu/lengan, dan leher. Menghitung *exposure level* untuk menentukan tindakan apa yang dilakukan berdasarkan dari hasil perhitungan total *exposure score*. Tindakan yang harus diambil berdasarkan nilai yang dihasilkan dalam perhitungan *exposure level* dapat dilihat pada tabel 2.3.

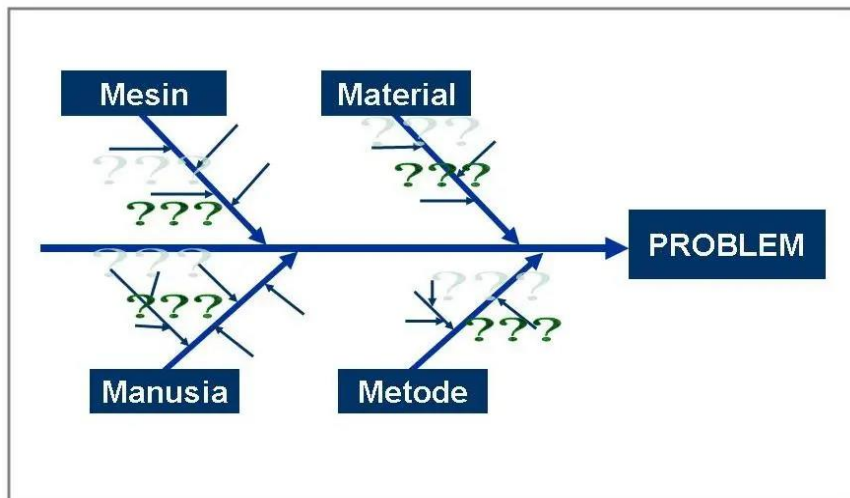
Table 2.3 Action Level QEC

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

Memperbaiki stasiun kerja yang diteliti jika *exposure level* menghasilkan nilai yang tinggi karena beresiko terjadinya cedera pada operator yang bekerja didalamnya dan menganalisis kembali usulan perbaikan yang diberikan untuk mengetahui apakah usulan baik atau masih perlu diperbaiki kembali.

2.2.12 Fishbone Diagram

Diagram tulang ikan disebut juga diagram Ishikawa yang menunjukkan hubungan sebab akibat. Diagram ini berkaitan dengan produktivitas dan manajemen, sehingga dapat digunakan untuk menetapkan faktor penyebab. Prof. Kaoru Ishikawa memperkenalkan diagram ini di Universitas Tokyo pada tahun 1953 (Handayani & Susilowati, 2021). *Fishbone diagram* membantu menunjukkan faktor-faktor utama yang mempengaruhi kualitas dan dampak masalah yang terjadi serta dapat melihat lebih detail aspek-aspek yang mempengaruhi dan memiliki hubungan dengan faktor utama dalam masalah tersebut. Faktor penyebab utama dalam diagram sebab akibat ini adalah material (bahan baku), machine (mesin), man (tenaga kerja), method (metode), dan environment (lingkungan). Faktor-faktor primer tersebut dapat dirinci untuk menentukan penyebab masalah (Saori et al., 2020). Tahapan dalam pembuatan diagram tulang ikan adalah sebagai berikut: pertama, tentukan masalah. Langkah kedua adalah menentukan kategori atau faktor utama penyebab nyeri. Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi penyebab masalah. Terakhir, menganalisis masalah dengan diagram (Hisprastin & Musfiroh, 2020). Diagram tulang ikan digunakan untuk mengidentifikasi dan mengatur kemungkinan penyebab dari efek tertentu dan kemudian pisahkan akar penyebabnya. Keuntungan menggunakan metode diagram tulang ikan adalah (Eviyanti, 2021) yang pertama memungkinkan analisis yang bijaksana untuk mengelola akar penyebab suatu masalah; kedua teknik tulang ikan mudah diterapkan dan membuat representasi visual alasan, kategori penyebab, dan kebutuhan yang mudah dipahami; ketiga dengan menggunakan diagram tulang ikan, kita dapat lebih fokus mengidentifikasi risiko pada “gambaran besar”.



Gambar 2.2 Fishbone Diagram



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek dan Subyek Penelitian

Objek penelitian dilakukan di area Divisi Produksi stasiun kerja *Heat treatment* pada proses penggantian *seal packing* apabila terjadi kebocoran yang mengakibatkan proses produksi terhenti dan membutuhkan waktu yang lama untuk proses perbaikannya. Proses perbaikan yang dilakukan oleh pihak Divisi *Engineering* membutuhkan waktu yang khusus untuk perbaikannya harus dilakukan pada hari libur produksi yaitu hari Sabtu atau Minggu dengan waktu terkadang lebih dari delapan jam kerja *shift* normal (Jam:08.00-17.00) sehingga mengakibatkan jadwal produksi menjadi terganggu. Subjek penelitian dilakukan pada rutinitas pekerjaan yang dilakukan pada Divisi *Engineering* khususnya pada seksi *Maintenance* dengan jumlah orang sebanyak 23 orang yang terbagi menjadi tiga team grup yaitu grup perawatan mesin, grup perbaikan mesin dan sisanya adalah staff *engineer maintenance* yang bertugas dalam hal yang bersifat administratif. Khusus subjek penelitian difokuskan pada grup perbaikan mesin atau disebut team *repair* dengan jumlah total pekerja sebanyak 10 orang terdiri dari dua *supervisor* dua *leader* dan 3 pekerja teknisi yang terbagi menjadi dua *shift* yaitu shift 1 dan shift 2.

3.2 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian dibatasi oleh lokasi dan area kerja pada stasiun kerja *Heat treatment* pada Divisi Produksi khususnya pada penanganan perbaikan produktivitas kerja dengan cara menurunkan tingkat kelelahan pekerja yang diakibatkan pekerjaan yang ditimbulkan dengan harapan produktivitas meningkat kembali sehingga berefek pada peningkatan *performance* kinerja pada Divisi *Engineering* khususnya pada seksi *Maintenance* di grup perbaikan PT.XWZ Bekasi.

3.3 Populasi dan Sampel

3.3.1 Populasi

Populasi penelitian ini adalah pada Divisi *Engineering* seksi *Maintenance* sebanyak 23 orang. Populasi sebanyak 23 orang terbagi menjadi tiga grup yaitu grup perbaikan (*Repair*) sebanyak 10 orang terbagi menjadi dua shift masing masing 5 orang dan grup perawatan mesin (*Preventive Maintenance*) sebanyak 10 orang yang terakhir adalah grup *staff Engineer Maintenance* sebanyak 3 orang.

3.3.2 Sampel

Jumlah sampel penelitian diambil sebanyak 10 orang tenaga kerja. Pemilihan sampel didasarkan pada yang bertugas pada pekerjaan dibidang perbaikan dan melakukan perbaikan langsung pada mesin 110T *Heatpress* pada stasiun kerja *Heat treatment*. Kriteria inklusi sampel antara lain: (1) Usia pekerja antara 35 sampai dengan 48; (1) Pengalaman kerja minimal 1 tahun; (3) Jenis kelamin laki-laki; (4) Pendidikan minimal SMA sederajat; (5) tidak mengalami gangguan fisik dan mental .

3.1. Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri dari 2 variabel, yaitu variabel bebas dan varaiabel tidak bebas:

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah analisis dan perbaikan sistem kerja dengan menggunakan metode *Macroergonomics Design and Analysis* (MEAD)
2. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah penurunan tingkat kelelahan dan peningkatan produktivitas.

3.2. Instrumen Penelitian

Instrumen atau alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Lembar data biodata subjek penelitian adalah sebagai instrumen untuk memperoleh parameter data pribadi subjek penelitian, meliputi nama, umur, tinggi badan, berat badan, lama pengalaman kerja.
2. Kuesioner *Nordic Body Map* digunakan untuk mengukur besarnya keluhan muskuloskeletal. Kuesioner tersebut diberikan kepada pekerja yang bekerja di Divisi *Engineering* pada seksi *Maintenance* PT.XWZ untuk mengidentifikasi kemungkinan adanya Keluhan *musculoskeletal* yang dirasakan pekerja selama melakukan kegiatan penggantian *Seal packing* di mesin 110T *Heatpress*. Kuesioner ini membagi keluhan rasa sakit pada 27 bagian tubuh manusia menjadi 4 skala yaitu "tidak sakit", "Agak sakit", "Sakit", "sangat sakit". Pekerja diminta untuk mengisi kuesioner *Nordic Body Map* dengan cara peneliti menerangkan dan menjelaskan pertanyaan-pertanyaan didalam kuesioner kepada pekerja.
3. Kuesioner *Quick Exposure Checklist* untuk mengetahui tingkat resiko cedera yang dialami ketika proses pekerjaan berlangsung.
4. Kamera digital *Canon powershot G15* buatan jepang untuk digunakan sebagai alat dokumentasi aktivitas kerja.
5. Termometer menggunakan *Thermo-Hygrometer* PC-5000TRH-II buatan Cina untuk digunakan sebagai alat pengukur tingkat suhu udara pada area kerja.
6. Digital light meter model (*Lux Meter*) model 5202 pembuat oleh *Kyoritsu* buatan Jepang untuk digunakan pada pengecekan tingkat penerangan .

3.3. Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian adalah sebagai berikut:

1. Data pendukung utama adalah data yang diperoleh langsung dari subjek penelitian dengan cara pengamatan dan perhitungan secara langsung. Data tersebut didapatkan dari sumber sebagai berikut:
 - a. Observasi atau pengamatan langsung di lapangan untuk mengidentifikasi situasi yang sebenarnya dari sistem kerja yang menjadi objek penelitian

pada Divisi *Engineering* seksi *Maintenace* yang bekerja secara langsung pada proses perbaikan di mesin 110T *Heatpress* pada stasiun kerja *Heat Treatment*.

b. Wawancara dengan subjek penelitian.

Wawancara dilakukan kepada *Supervisor*, *leader* dan teknisi dengan cara menanyakan hal-hal yang terkait dengan tingkat kelelahan gangguan *Musculoskeletal Disorder* pada sistem kerja yang dilakukan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan.

c. Memberikan kuesioner kepada subjek penelitian.

Kuesioner ini berkaitan dengan keluhan pekerja serta produktivitas kerja yang timbul diakibatkan produktivitas yang menurun.

2. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung yang berkaitan dengan penelitian ini. Data tersebut dapat diperoleh studi literatur, data sistem kerja dan organisasi perusahaan, dan data hasil penelitian terdahulu.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

Menyiapkan instrumen penelitian, baik peralatan pengukuran dan lembar data serta form kuesioner peneliti juga melakukan wawancara dan melihat langsung area yang dijadikan obyek penelitian.

2. Tahap Observasi dan Pengumpulan data awal

Observasi dilakukan pada cara kerja dan sistem kerja yang dilakukan pada karyawan yang bekerja langsung di proses penggantian *seal packing* 110T *Heatpress* pada divisi *Engineering* khususnya seksi *Maintenance*. Wawancara dilakukan agar mendapatkan data yang akurat terhadap para

pekerja serta melakukan penyebaran lembar data dan kuesioner. Dengan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* dan *Quality Exposure Check*

1. Tahap perancangan

Tahap perancangan merupakan tahapan-tahapan kerja yang dilakukan oleh peneliti bertujuan untuk melakukan perancangan perbaikan secara bertahap pada sistem kerja yang telah dilakukan sebelumnya. Perancangan sistem menggunakan metode *Macro Ergonomic Analysis and Design* (MEAD). Langkah-langkah metode MEAD dapat dijelaskan sebagai berikut (Kleiner, 2005) :

- a. Menentukan subsistem organisasi dan jenis sistem tenaga kerja.
- b. Mendefinisikan tipe sistem kerja dan menetapkan tingkat kinerja yang diinginkan.
- c. Mendefinisikan proses kerja dan analitik tenaga kerja, pertama dengan mengidentifikasi unit kerja yang sudah ada di organisasi, kemudian mengidentifikasi proses kerja yang ada dari unit-unit ini dan analitik tenaga kerja untuk mengukur potensi peningkatan dan mengidentifikasi masalah koordinasi.
- d. Menentukan varians faktor aktual dan yang diharapkan yang menyebabkan, atau mungkin menyebabkan, kesenjangan antara keinginan pekerja dan identifikasi dari pemilik perusahaan.
- e. Membuat matriks varians, dengan menggunakan hasil deviasi dari analisis pada langkah 4, untuk mengidentifikasi bagaimana penyimpangan dapat mempengaruhi satu sama lain.
- f. Identifikasi peran personel yang bertanggung jawab atas unit tempat terjadinya penyimpangan.
- g. Mengalokasikan fungsi dan menggabungkan desain, dan membuat beberapa perbaikan dalam proses kerja dan menugaskan orang yang bertanggung jawab. Untuk Faktor kekuatan yang sudah ada dimaksimalkan jika adanya kekurangan dalam sistem segera diminimalkan guna mendapatkan tingkat kinerja yang diinginkan.

- h. Melakukan analisis persepsi dan tanggung jawab atas keterampilan dan pengetahuan yang teridentifikasi yang dibutuhkan dari personel yang bertanggung jawab, termasuk tugas dan apa yang telah dilakukan. Jika ada kesenjangan antara peran yang dibutuhkan dan persepsi personel, maka kesenjangan dapat dikurangi.
- i. Mendesain ulang dukungan dan menggabungkan subsistem untuk meningkatkan dukungan subsistem.
- j. Terakhir, tingkatkan implementasi, iterasi, dan kinerja.



BAB IV HASIL PENELITIAN

4.2 4.1 Karakteristik Subjek

Subjek dalam penelitian ini adalah karyawan seksi *Maintenance* sebanyak 10 orang yang bekerja pada proses perbaikan mesin 110T Heatpress pada line Heat treatment.

Tabel 4 1 Karakteristik Responden

No	Variabel	Rerata	Simpangan Baku	Rentang
1	umur	34	52.93	24-45
2	pengalaman	Minimal 1 tahun		
3	cacat Tubuh	Tidak cacat		
4	jenis Kelamin	Laki-laki		
5	pendidikan	SMA Sederajat		

4.2 Metode Proses dengan MEAD

Langkah perbaikan dengan *Macroergonomic Analysis And Design* (MEAD) dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

4.2.1 Menentukan subsistem organisasi dan jenis sistem tenaga kerja Mereview input, proses, dan output

Perbaikan dilakukan oleh seksi *Maintenance* dengan jumlah sampel sebanyak 10 karyawan yang terbagi pada dua shift waktu kerja dan masuk pada grup perbaikan mesin. Seksi *Maintenance* adalah bagian dari organisasi Divisi *Engineering* dengan jumlah populasi karyawan sebanyak 23 orang terbagi atas 3 grup yang berbeda yaitu (1) grup perawatan mesin, (2) grup perbaikan mesin dan ketiga adalah grup support teknik dan kelistrikan.

1. Identifikasi pernyataan formal mengenai visi misi Visi Organisasi: Di butuhkan oleh kustomer dicintai oleh keluarga dan kekuatan yang komprehensif pada produktivitas, kualitas dan keselamatan kerja. Misi Organisasi :
 - a. Menjaga kestabilan mesin produksi dan peralatan pendukung lainnya.
 - b. Keselamatan dan kesehatan kerja adalah faktor utama dalam bekerja.
Menurunkan tingkat kerusakan mesin sekecil mungkin.
 - c. Peningkatan Sumber Daya Manusia guna peningkatan skill dan karir.
 - d. Melakukan *Cost Reduction Program* serta *Saving Energy*.
 - f. Program otomatisasi dan digitalisasi menuju era 4.0.

4.2.2 Mendefinisikan tipe sistem kerja dan menetapkan tingkat kerja yang diinginkan

1. Proses penggantian *Seal packing* pada main *cylinder* mesin 110T *Heatpress* di line *Heat treatment* membutuhkan 12 tahapan kerja untuk diselesaikan:
 - a. Melakukan persiapan *tools* serta perlengkapan penunjang lainnya.
 - b. Mengikuti prosedur Keselamatan dan Kesehatan kerja (K3).
 - c. Melakukan komunikasi dengan pihak terkait yaitu seksi produksi untuk menentukan jadwal pelaksanaan perbaikan mesin tersebut.
 - d. Melakukan proses *opening molding* untuk memudahkan dalam pengangkatan *main hydraulic cylinder*.
 - e. Mematikan proses pemanas mesin (*heating machine*) untuk mencegah kecelakaan kerja diakibatkan panas area molding yang berkisar sekitar 220 derajat celcius pada area *main cylinder* tersebut.
 - f. Melepaskan penutup otomatis (*Shutter*) dan mengeluarkan perangkat ejector unit.
 - g. Melepaskan kabel *heater* (Pemanas), *Thermocouple* (Sensor pembaca suhu) pada bagian atas dan bawah.
 - h. Melepaskan keseluruhan perangkat mesin yang berhubungan dengan *main cylinder*.
 - i. Mengeluarkan main *cylinder* menggunakan perangkat alat bantu berupa *sliding plate* dan *crane*.

- j. Tempatkan *main cylinder* pada area *workshop maintenance*.
 - k. Lakukan penggantian *seal packing* sesuai prosedur penggantian.
 - l. Prosedur pemasangan disesuaikan dengan kebalikan pada awal langkah kerja pada poin teratas.
 - m. Prosedur pemasangan disesuaikan dengan kebalikan pada awal langkah kerja pada poin teratas. Proses perbaikan dilakukan pada hari libur sabtu atau minggu dengan waktu pekerjaan selama 8 jam kerja (*Normal shift*) oleh team yang bertanggung jawab pada saat bekerja di shift 1 di hari senin-jumat sebelumnya. Prosedur melakukan pekerjaan dilakukan ketika seksi *Maintenance* mendapatkan *Workorder* dari seksi produksi dan sudah mendapatkan persetujuan dari pimpinan setingkat *manager*.
2. Menetapkan kunci kinerja yang akan ditargetkan. Sesuai dengan misi organisasi khususnya seksi *Maintenance* dalam menjaga kestabilan produksi dan Keselamatan serta Kesehatan kerja maka perlu ditentukan pencapaian yang menjadi target dan sasaran . Target dan sasaran yang ingin dicapai adalah:
- a. Persentase penurunan kelelahan pekerja selama proses perbaikan mesin 110T *Heatpress* yaitu penggantian *Seal packing* pada *main cylinder*.
 - b. Persentase penurunan keluhan *musculoskeletal* peserta selama proses pekerjaan berlangsung.
 - c. Persentase penurunan resiko cedera pekerja selama proses pekerjaan berlangsung.
 - d. Penurunan persentase waktu perbaikan agar lebih optimal.

4.2.3 Mendefinisikan proses kerja dan analitik tenaga kerja

Mengidentifikasi tahapan-tahapan dalam proses perbaikan mesin 110T *Heatpress* di *Line Heat Treatment* yang harus ditempuh: 1) Persiapan *tools* disesuaikan dengan jenis pekerjaan yang akan dilakukan, 2) Mengikuti prosedur Keselamatan dan kesehatan kerja, 3) Memahami kegiatan atau pekerjaan yang akan dilakukan, 4) Memahami proses dan cara kerja dari mesin yang akan diperbaiki,

5) Menerapkan standar kualitas pekerjaan . Menganalisa proses kerja dan analisa kerja. Pekerjaan penggantian seal packing di 110T *Heatpress* dilakukan oleh karyawan yang bekerja pada shift 1 dan 2 ketika *Work order* diterbitkan oleh seksi produksi atau ketika terjadi kebocoran oli pada mesin tersebut. Pekerjaan dilakukan pada jam.08.00 hingga istirahat siang jam.12.00 lalu dilanjutkan kembali pada jam.12.45 sampai jam.15.45 untuk sholat ashar dan istirahat lalu dilanjutkan kembali pada jam.16.00 hingga jam.17.00. Para pekerja melakukan aktivitasnya dengan posisi tubuh berdiri, membungkuk, jongkok, mengangkat dan memindahkan accessories mesin serta melakukan pompa pada alat pengungkit secara berulang dan terus menerus. Analisa kerja berdasarkan identifikasi proses tersebut terdapat pekerjaan yang dilakukan secara tidak ergonomis dalam waktu lama dan terus menerus yang dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan pada pekerja antara lain:

1. Rasa sakit pada bagian bagian tertentu sesuai jenis pekerjaan yang dilakukan pada tangan, kaki, punggung dan lainnya.
2. Menurunnya motivasi dan kenyamanan dalam bekerja
3. Gangguan gerakan pada bagian tubuh tertentu (Kesulitan menggerakkan tangan atau leher/kepala.

4.2.4 Menentukan varians faktor aktual dan yang diharapkan

Tabel berikut adalah data variansi yang terjadi pada tahapan proses pekerjaan penggantian seal packing mesin 110T *Heatpress*. Keluhan karyawan atau pekerja, permasalahan atau variansi yang terjadi, serta dampak yang ditimbulkan dari variansi tersebut. Pada tahap ini proses dan langkah pekerjaan penggantian seal packing pada mesin 110T *Heatpress* di analisis.

Tabel 4 2 Data Variasi

Tahapan proses Perbaikan	Variansi	Penyebab	Dampak
Proses pelepasan accessories yang terkait pelepasan <i>main cylinder</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Badan mengalami kelelahan. b. Bagian tubuh terasa sakit setelah pelepasan accessories. c. Pencahayaan pada area kurang terang d. Pelepasan accessories sulit dan lama e. Banyaknya parts yang harus dilepas f. Area pekerjaan yang sempit 	<ul style="list-style-type: none"> a. Kelelahan dalam bekerja b. Keluhan <i>Musculoskeletal</i>. c. Mengurangi waktu perbaikan d. Postur kerja beresiko cedera e. Design mesin variatif f. Layout kerja 	<ul style="list-style-type: none"> a. Kenyamanan proses perbaikan b. Target tidak tercapai c. Tingkat stress bertambah
Proses penggantian seal packing pada <i>main cylinder</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Terdapat ceceran oli pada bagian <i>main cylinder</i> b. Jarak mesin ke <i>workshop</i> jauh c. Pemasangan seal packing sulit dan lama 	<ul style="list-style-type: none"> a. Resiko kecelakaan kerja b. Layout mesin c. <i>Seal packing</i> sudah keras dan getas 	<ul style="list-style-type: none"> a. Keselamatan kerja b. Waktu perbaikan bertambah
Proses instalasi kembali ke mesin	<ul style="list-style-type: none"> a. Badan mengalami kelelahan. b. Bagian tubuh terasa sakit setelah pelepasan accessories. c. Pencahayaan pada area kurang terang d. Pemasangan accessories sulit dan lama e. Banyaknya parts yang harus dipasang kembali f. Area pekerjaan yang sempit 	<ul style="list-style-type: none"> a. Kelelahan dalam bekerja b. Keluhan <i>Musculoskeletal</i>. c. Mengurangi waktu perbaikan d. Postur kerja beresiko cedera e. Design mesin variatif f. Layout kerja 	<ul style="list-style-type: none"> a. Kenyamanan proses perbaikan b. Target tidak tercapai c. Tingkat stress bertambah

Berdasarkan Tabel 4.2. dapat diketahui variasi yang terjadi pada proses penggantian seal packing pada mesin 110T *Heat press*, keluhan dalam proses pembongkaran, penyebab variasi terjadi, serta dampak yang ditimbulkan dari variasi tersebut.

4.2.5 Membuat matriks variasi

Pada tahap ini bertujuan untuk melihat hubungan antar variasi yang terdapat pada proses pembongkaran *seal packing* yang rusak pada *main cylinder* mesin 110T *Heat press*.

Tabel 4 3 Matriks Variansi

Variansi masalah	Karakteristik masalah						
	Kelelahan dalam bekerja	Keluhan Musculoskeletal.	Mengurangi waktu perbaikan	Postur kerja beresiko cedera	Design mesin variatif	Layout kerja	
1	Badan mengalami kelelahan.	○	●			●	●
2	Bagian tubuh terasa sakit setelah pelepasan	●	○		△	△	△
3	Pencahayaan pada area kurang terang	○		●	●		●
4	Pelepasan accessories sulit dan lama	○	●	○	●	●	○
5	Banyaknya parts yang harus dilepas	○	△	○	△	●	△
6	Area pekerjaan yang sempit	●	●	●	△	○	○
	Total	26	15	16	9	15	18

Nilai yang digunakan untuk menggambarkan hubungannya adalah sebagai berikut (Cohen, 1995) :

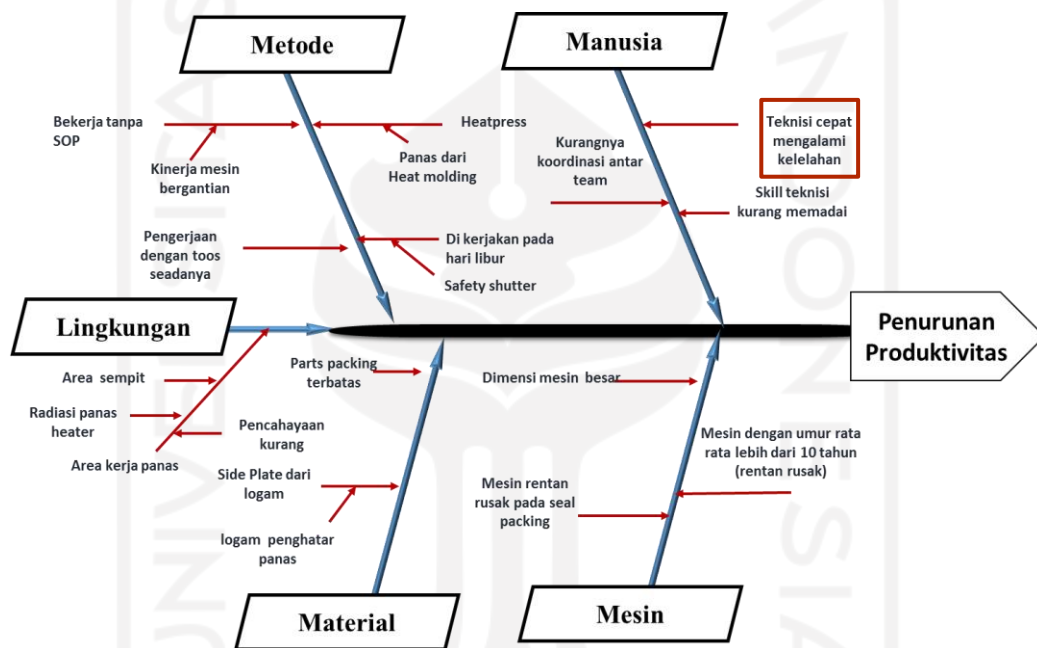
- = Nilai 5 berarti hubungan kuat
- △ = Nilai 3 berarti hubungan sedang
- = Nilai 1 berarti hubungan lemah

Berdasarkan tabel 4.2.5 bobot variasi terbesar adalah variasi kondisi badan mengalami kelelahan dengan angka sebesar 26. Variasi tersebut merupakan

variansi kunci yang menjadi prioritas perbaikan sistem kerja pada proses penggantian *seal* dan *packing* pada mesin 110T *Heatpress*.

4.2.6 Menggunakan metode FishBone

Pada tahap ini penulis menambahkan dukungan data dengan menggunakan metode fishbone bertujuan untuk melihat hubungan dari beberapa faktor *sebagai caused effect diagram*.



Tabel 4 4 Fisbone Diagram

Berdasarkan *fishbone diagram* diatas dapat dijelaskan bahwa adanya korelasi antara matriks variansi dan fishbone diagram yaitu pada keterkaitan unsur manusia tingkat kelelahan pada pekerja teknisi yang melakukan pekerjaan tersebut.

4.2.7 Menganalisa peran personel

Pada tahap ke enam dalam *Macroergonomic Analysis and Design (MEAD)*. Bagian ini menganalisis peran personel, dan bertujuan untuk mengidentifikasi bagaimana kendali variansi yang telah ada dan bagaimana peran personel yang bertanggung jawab terhadap proses perbaikan dan setiap variansi terjadi.

Tabel 4 5 Kontrol variansi kunci dan analisis peran personel

No	Kendali Variansi kunci	Aspek-aspek yang dikendalikan
1	Kunci Variansi	Badan mengalami kelelahan
2	Pelaksana	Teknisi beserta leader
3	Penanggung jawab	Supervisor
4	Kendali	Proses penggantian seal dan packing
5	Dukungan Teknis	Pengadaan tools sebagai pelengkap kerja
6	Dukungan Sosial	Seluruh karyawan pada seksi <i>Maintenance</i>

Berdasarkan Tabel 4.4 permasalahan terjadi akibat kondisi pekerjaan yang dilakukan terdapat aspek lingkungan dan mesin yang mengakibatkan permasalahan tersebut. Secara teknis kondisi tersebut memerlukan fasilitas kerja penunjang seperti pengadaan peralatan dan juga pengadaan prosedur kerja. Keterlibatan personel dalam mendesain sistem perbaikan pada proses tersebut adalah menjadi bagian tanggung jawab bersama. Metode yang dipakai dalam melakukan perbaikan sistem kerja tersebut dengan *Focus Group Discussion*. Diskusi dimulai dengan membahas hasil wawancara awal selama proses perbaikan mesin di mesin 110T Heat press khususnya dalam proses perbaikan penggantian *seal* dan *packing* tersebut. Diskusi dilakukan sebanyak 3 kali pada bulan Desember 2021. Berdasarkan hasil FGD diperoleh beberapa hal yang memerlukan perbaikan antara lain:

1. Tahap ke satu : Dibuatkan prosedur kerja yang berisi langkah-langkah dalam proses pembongkaran, penggantian seal packing dan pemasangan beserta tools yang harus digunakan guna mengurangi tingkat kelelahan dalam melakukan pekerjaan dikarenakan variasi yang tinggi.
2. Tahap ke 2 : Setelah hasil FGD yang pertama dibuatkan maka selanjutnya yaitu melakukan pengecekan peralatan tools yang digunakan apakah kondisi tools sudah

aus dan juga kurang komplit maka anggota FGD melakukan list kelengkapan jika ada yang tidak lengkap maka dilakukan pengorderan beserta peralatan APD (Alat pengaman diri).

3. Tahap ke 3 : Mengevaluasi waktu yang dibutuhkan untuk satu kali pekerjaan penggantian *seal packing* dikarenakan proses transportasi pemindahan objek *main cylinder* yang akan di perbaiki harus dilakukan pada *workshop Maintenance* dengan cara menyiapkan area yang berdekatan mesin dan tools.
4. Berdasarkan hasil *Focus Group Discussion* (FGD) yang telah dilakukan dibuatkan prosedur kerja, evaluasi terhadap peralatan untuk perbaikan dan juga APD (Alat Pengaman Diri) dan yang terakhir melakukan evaluasi waktu yang dibutuhkan dalam penggantian *seal packing* tersebut. Hasil evaluasi sebagai langkah perbaikan terhadap rancangan akhir terdapat pada Tabel. 4.5



Tabel 4 6 Evaluasi perbaikan sistem perbaikan

Sistem perbaikan hasil:FGD tahap I	<p>Pembuatan sistem perbaikan dan prosedur kerja</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengambilan data pada setiap proses pekerjaan 2. Pengambilan dokumentasi agar mempermudah dan memperjelas keterangan dan langkah yang diambil. 3. Hasil pengambilan data dan dokumentasi dijadikan sebuah prosedur kerja sebagai pedoman bagi karyawan seksi <i>Maintenance</i>.
Sistem perbaikan hasil:FGD tahap II	<p>Perbaikan peralatan penunjang dalam pekerjaan</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dibuatkan <i>checklist tools</i> untuk mengetahui peralatan yang digunakan masih komplit atau sudah harus dilakukan peremajaan. 2. Melakukan pengecekan peralatan APD yang di pakai pada saat proses perbaikan mesin 110T <i>Heatpress</i>.
Sistem perbaikan hasil:FGD tahap III	<p>Perbaikan dan evaluasi waktu pekerjaan</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan perhitungan jumlah jam kerja pengerjaan penggantian <i>oil seal</i> dan <i>packing</i> pada mesin 110T <i>Heatpress</i> yang sebelumnya kurang lebih 8 jam. 2. <i>Evaluasi</i> proses tahapan penggantian oilseal dan packing guna mengurangi waktu pengerjaan.
Evaluasi akhir rancangan	<p>Sistem perbaikan mengikuti alur kesepakatan dalam proses FGD untuk meningkatkan hasil produktivitas pekerja.</p>

4.2.8 Mengalokasikan fungsi dan menggabungkan desain

Pada tahap ini bertujuan untuk membuat desain sistem kerja dan mengalokasikan personel yang bertanggung jawab untuk membuat alternatif sistem kerja yang lebih baik. Sistem kerja yang lama bersifat tidak mempunyai prosedur

kerja yang baku serta tidak ergonomis, sedangkan sistem kerja baru bertujuan untuk memperbaiki sistem kerja yang lama guna pencapaian tingkat kenyamanan pekerja yang diinginkan.

Tabel 4 7 Perbedaan Sistem Kerja Lama dengan Sistem Kerja Baru

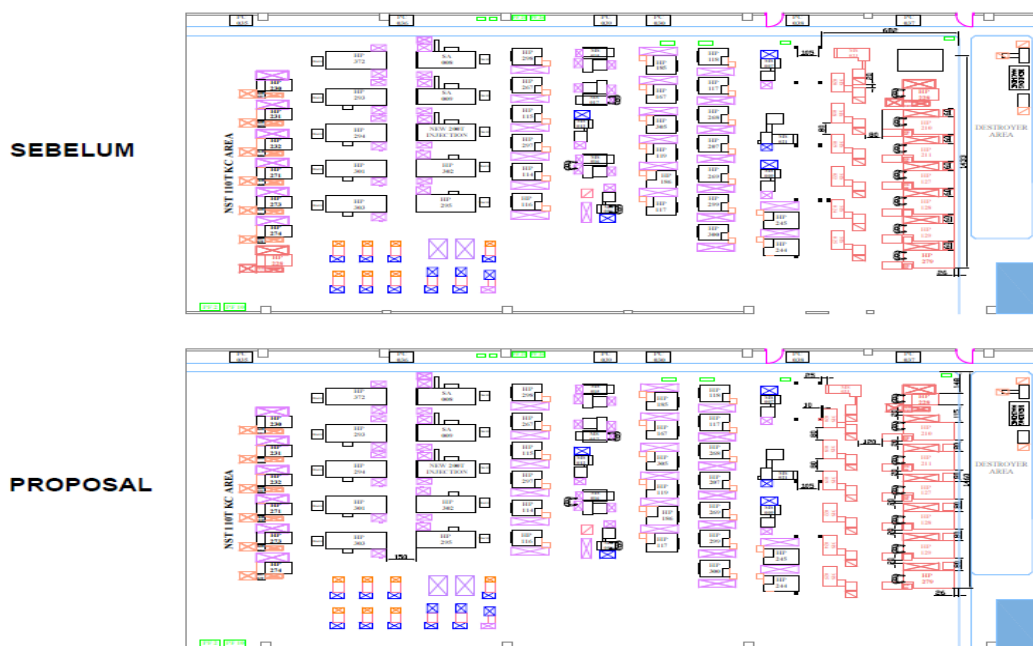
Faktor	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Lingkungan fisik		
a.Area pekerjaan sempit	Jarak antar mesin sempit kurang lebih 1 meter	Evaluasi jarak antar mesin harus diperlebar lagi
b.Jarak mesin ke workshop jauh	Perbaikan dilakukan di area workshop	Perbaikan dilakukan berdekatan dengan mesin
c.Proses pekerjaan memakan waktu lama	Pekerjaan dilakukan tidak terkoordinasi dengan baik	Dilakukan <i>briefing</i> agar dapat terkoordinasi dengan baik
d.Pencahayaan	Pencahayaan kurang	Ditambahkan pencahayaan
Badan mengalami kelelahan	Proses tahapan pekerjaan tidak teratur	Dibuatkan prosedur tahapan pekerjaan (<i>Work procedure</i>)
Bagian tubuh terasa sakit	Tidak ada senam peregangan	Dilakukan senam peregangan/ <i>Warming Up</i>

4.2.9 Menganalisa Persepsi dan Tanggung Jawab

Pada tahap ini bertujuan untuk memberikan analisa terhadap desain sistem kerja yang dilakukan oleh team seksi *Maintenance*. Peran tanggung jawab para karyawan sebagai pekerja utama yang melakukan perbaikan di mesin 110T *Heatpress* adalah ikut dalam proses desain sistem kerja. *Focus Group Discussion* sebagai sarana mengakomodasi masukan dari pekerja langsung. Desain sistem kerja yang nyaman akan memberikan kenyamanan dan mengurangi tingkat kelelahan serta produktivitas meningkat.

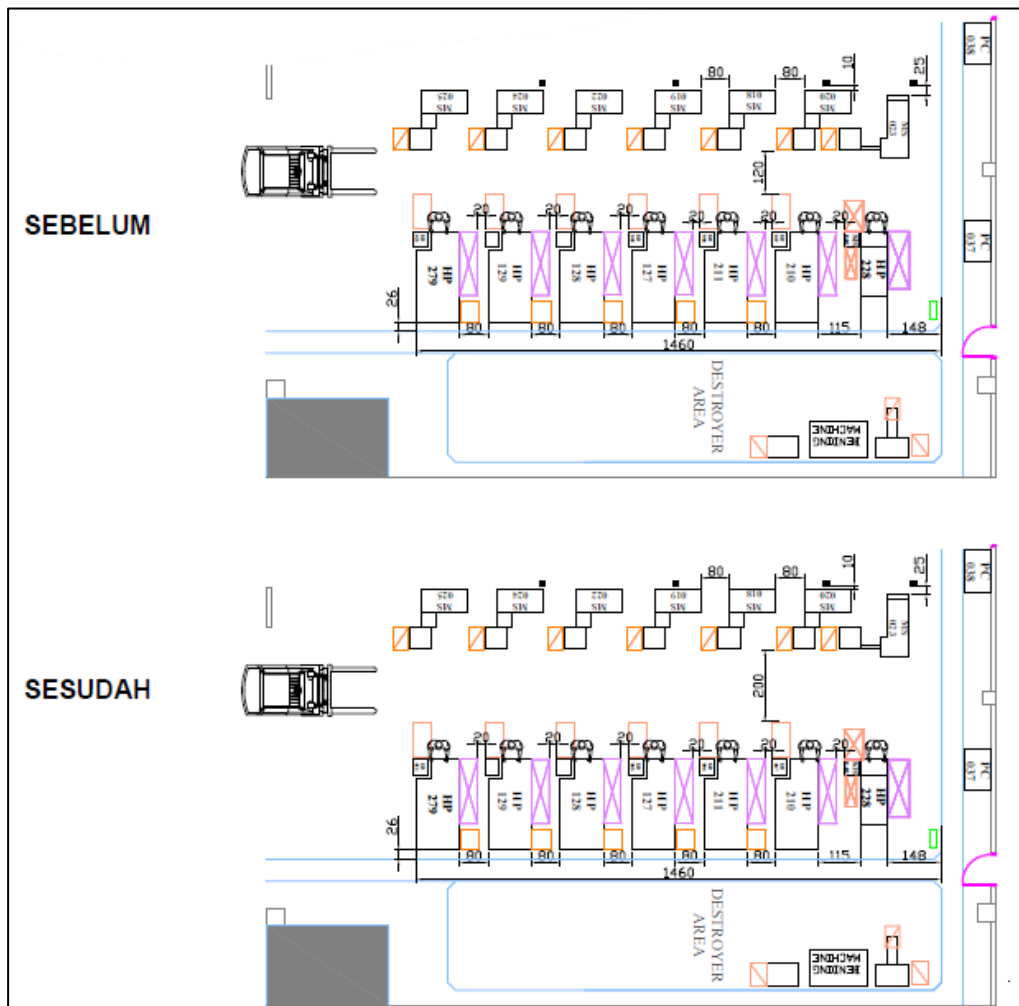
4.2.10 Desain ulang dukungan dan menggabungkan Subsystem

Desain sistem kerja dan penataan ulang layout mesin di persiapan dan dirancang mampu memberikan solusi permasalahan kunci bagi pekerja dalam hal perbaikan mesin. Jumlah waktu kerja, tingkat kelelahan dan juga sistem perbaikan terkait erat dengan desain sistem kerja serta penataan ulang layout pada area tersebut. Solusi perbaikan mesin dengan mengacu tata letak mesin dapat dilihat pada gambar desain 4.1 dibawah ini:



Gambar 4.1 Proposal perubahan layout di area 110T Heat Press

Lingkungan kerja yang bermasalah menimbulkan dampak kurang baik pada produktivitas sebuah perusahaan. Salah satu keluhan lingkungan kerja fisik yang terjadi adalah kenyamanan, kelelahan fisik dan penurunan produktivitas. Jarak mesin yang berdekatan, proses perbaikan yang memakan waktu dikarenakan membutuhkan penggunaan mesin *forklift* sebagai alat bantu utama. Serta sistem prosedur yang belum terstruktur mengakibatkan tingkat kelelahan pekerja yang cukup tinggi. Berikut adalah gambar 4.2 jika gang antar mesin diperlebar sehingga mesin forklift dapat masuk ke area tersebut.



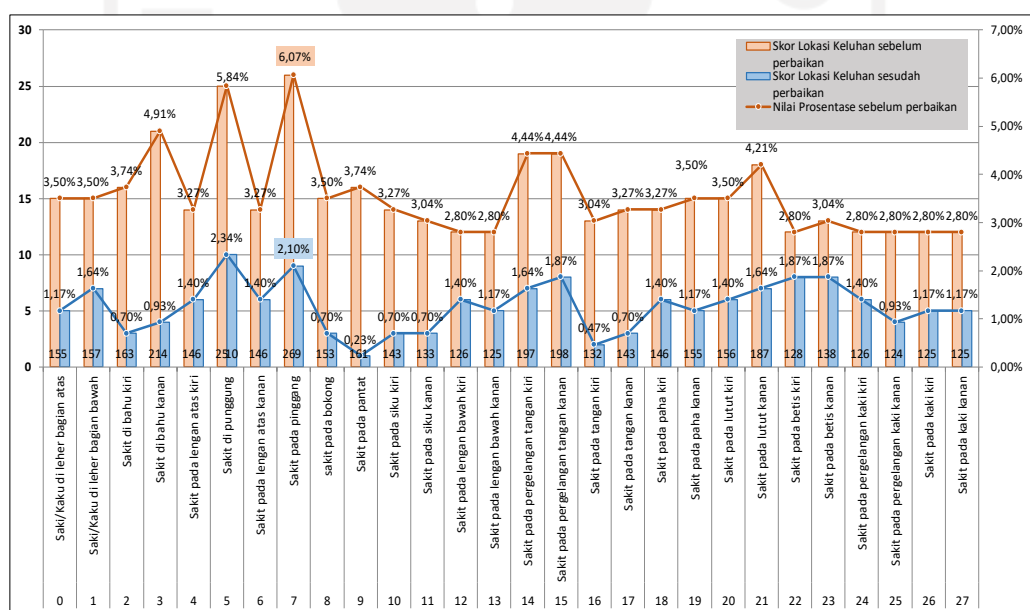
Gambar 4.2 Kondisi mesin Forklift aktual pada proposal

4.2.11 Menerapkan, Mengintegrasikan, dan Meningkatkan Kinerja

Desain sistem kerja yang baru dengan adanya sistem prosedur kerja untuk mendukung pencapaian produktivitas pekerja dan menghilangkan tingkat keletihan yang cukup signifikan. Faktor lingkungan kerja dan fasilitas kerja harus selaras dan seimbang dengan tingkat kinerja yang diinginkan. Desain fasilitas kerja yang diterapkan adalah pengadaan sistem kerja dengan diadakannya prosedur kerja, Perubahan sistem penggantian yang sebelumnya dilakukan di *workshop* dirubah mendekati mesin yang di kerjakan dan serta pelebaran jarak antar mesin

4.3 Uji Beda

Pengambilan data kuesioner dengan menggunakan *Nordic Body Map* mendapatkan hasil terbesar dari rata-rata responden sebanyak 10 pekerja yaitu yang menderita sakit pinggang sebanyak 6.07%, sakit di punggung sebanyak 5.48% dan sakit dibahu kanan sebanyak 4.91%. Prosentase tersebut adalah prosentase terbanyak dari 27 jenis keluhan yang ada di *Nordic Body Map*. Penilaian keluhan *musculoskeletal disorder* menggunakan *Nordic Body Map* (NBM), Dengan menggunakan NBM dapat diketahui secara lebih detail mengenai keluhan dan tingkat risiko ergonomi yang dialami pada masing-masing pekerja setelah bekerja, Hasil data pengolahan dapat dilihat pada grafik 4.3 berikut dibawah ini:

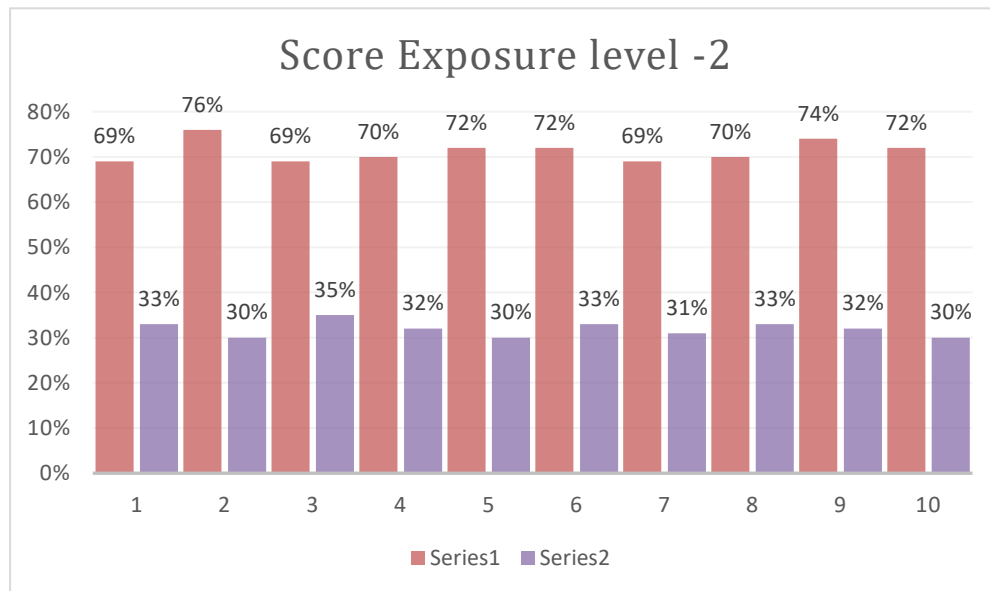


Gambar 4.3 Grafik hasil prosentase sebelum dan setelah implementasi

4.4 Quick Exposure Check (QEC)

Rekapitulasi hasil kondisi tubuh pekerja didapatkan dari kuesioner *Quick Exposure Check* (QEC). Kuesioner *Quick Exposure Check* ini di berikan kepada pekerja yaitu kepada pihak pengamat dan operator/teknisi dan lebih menitik beratkan pada postur tubuh, keluhan pada bagian tubuh yang mungkin

mengalami cedera ketika melakukan pekerjaannya di PT.XWZ. Rekapitulasi jawaban kuesioner untuk setiap proses kerja yang telah dilakukan oleh pekerja sebelum dan setelah dilakukan implementasi perbaikan dengan metode MEAD (*Macro Ergonomics And Design*) dapat dilihat pada Grafik 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Grafik Skor QEC Setelah Implementasi

Berdasarkan data grafik 4.4 terdapat penurunan yang signifikan dari nilai maksimal 76% menjadi nilai terendah 30% setelah dilakukan implementasi dengan menggunakan metode MEAD (*Macro Ergonomics And Design*). Berdasarkan data tabel 4.5 dapat dilihat bahwa nilai 70% sebagai acuan utama dalam melakukan perubahan dengan segera mungkin.

Tabel 4 8 Tabel acuan prosentase pada nilai QEC

Total Exposure Level	Action
<40%	Aman
40-49%	Perlu penelitian lebih lanjut

50-69%	Perlu penelitian lebih lanjut dan dilakukan perubahan
$\geq 70\%$	Dilakukan penelitian dan perubahan secepatnya



BAB V PEMBAHASAN

5.1 Analisis keluhan yang terjadi pada stasiun kerja heat treatment

Berdasarkan grafik 4.1 didapatkan bahwa prosentase perhitungan NBM dari pekerja yang khusus bekerja pada bagian perbaikan mesin prosentase tertinggi adalah keluhan sakit pada pinggang sebesar 6.07%, sakit di punggung 5.84% dan sakit di bahu kanan 4.91%. Maka diperlukan perbaikan dengan *Focus Group Discussion* untuk menetapkan perbaikan sesuai langkah langkah perbaikan *Macro Ergonomics And Design* (MEAD). Dan hasil perbaikan menunjukkan penurunan tingkat kelelahan yang cukup signifikan yaitu dari 6.07% menjadi 2.10% untuk nilai yang tertinggi pada tabel *Nordic Body Map*. Sedangkan pada kuesioner *Quality Check Exposure* (QEC) pada grafik 4.2 sebelum perbaikan nilai rata-rata prosentase terhadap keluhan yaitu 71% sehingga harus dilakukan penelitian dan perubahan selanjutnya.

5.2 Analisis perbaikan fasilitas kerja dan hasil perbaikan fasilitas kerja

Berdasarkan hasil *Nordic Body Map* (NBM) dan *Quick Exposure* (QEC) sebelumnya hasil penurunan yang didapat adalah dari konsep ergonomi partisipatori yang melibatkan secara aktif para *stakeholders*, pimpinan pekerja dan para pekerja yang terlibat langsung dalam penanganan dan perbaikan di mesin 110T *Heatpress* melalui *Focus Group Discussion* (FGD). Dilakukan bersama dengan ketentuan 10 langkah dalam *Macro Ergonomics And Design* (MEAD) agar mendapatkan hasil yang optimal dalam perbaikan sistem kerja perbaikan dan penggantian *seal packing* pada mesin 110T *Heatpress* dan menurunkan tingkat kelelahan pada pekerja.

Pada proses perbaikan dilakukan tiga tahapan perbaikan sesuai dengan rencana perbaikan di FGD yaitu pembuatan SOP dalam proses pengerjaan mesin sehingga dapat mempermudah setiap proses pekerjaan yang ada Perbaikan fasilitas penunjang pekerjaan dengan penambahan dan melengkapi tools yang ada serta

dilakukan pengecekan kondisi APD (Alat Pengaman Diri) yang harus dipakai pada saat melakukan pengerjaan di mesin. Melakukan perbaikan dalam hal pengaturan waktu pengerjaan yang hanya dapat dilakukan pada saat hari libur dapat dilakukan di hari biasa dengan melakukan pelebaran antar gang pada mesin dan melakukan evaluasi pada setiap pengerjaan yang dilakukan dengan cara mencatat pekerjaan dan jumlah waktu yang dibutuhkan. Melakukan koordinasi pekerjaan setiap awal datang memulai pekerjaan dan juga setiap akhir penggantian shift.

5.3 Analisis Uji validasi perbaikan fasilitas kerja

Perbaikan fasilitas kerja sudah di implementasikan keseluruh karyawan yang bekerja pada bagian *shift* khususnya pada team yang menangani proses perbaikan di stasiun kerja *Heat treatment*. Selanjutnya dilakukan validasi dengan *Nordic Body Map* (NBM) dan *Quick Exposure Check* (QEC). Grafik 4.1 hasil perhitungan NBM ke 1 dan grafik 4.4 hasil perhitungan NBM ke 2 pekerja dapat dilihat rata-rata jenis keluhan tiap stasiun kerja. Sedangkan grafik 4.2 hasil perhitungan *exposure level* ke 1 dan grafik 4.5 adalah hasil perhitungan *exposure level* ke 2 pekerja dapat dilihat nilai rata-rata *exposure level* di stasiun kerja *Heat treatment*. Lingkungan kerja dengan banyak faktor yang menjadi indikasi akan adanya keluhan kelelahan kerja dilakukan perbaikan secara bertahap. Pada area pekerjaan yang sempit dilakukan pelebaran jalan dengan jarak yang sebelumnya kurang lebih satu meter dilakukan pelebaran sehingga proses perbaikan tidak terlalu mengganggu proses produksi di line tersebut. Pada proses jarak tempuh penggantian *seal packing* yang seharusnya dibawa ke area *workshop* dapat dilakukan di area yang berdekatan dengan mesin dengan mempersiapkan peralatan dan penggantian *seal packing*nya secara lengkap disertai alas dilantai untuk melindungi dari gesekan *main cylinder* dengan lantai produksi. Pada proses pekerjaan yang memakan waktu dilakukan evaluasi dan koordinasi dengan team serta melakukan *briefing* atau arahan singkat sebelum dilakukan pekerjaan tersebut.

Pada proses pencahayaan yang kurang ketika melakukan pekerjaan dilakukan penambahan alat penerangan sejenis senter dan juga ketika dilakukan pada hari kerja dapat terbantu dari cahaya mesin yang berada disamping sampingnya karena ketika dilakukan pada hari libur maka otomatis mesin produksi dalam kondisi tidak beroperasi. Pada keluhan kelelahan dan beberapa pekerja yang merasakan tubuh terasa sakit maka setelah dilakukan perbaikan mengalami penurunan yang berangsur angsur membaik dapat dilihat pada keterangan di grafik yang telah dijelaskan sebelumnya.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Identifikasi pada keluhan yang terjadi di stasiun kerja *Heat Treatment* diperlukan tindakan perbaikan segera dengan prosentase keluhan terbanyak adalah pada bagian pinggang, punggung dan bahu. Dan hasil perbaikan menunjukkan penurunan tingkat kelelahan yang cukup signifikan yaitu dari 6.07% menjadi 2.10% untuk nilai yang tertinggi pada tabel *Nordic Body Map*. Identifikasi pada beban kerja yang terjadi pada stasiun kerja *Heat treatment* dengan menggunakan kuisisioner *Quick Exposure Check (QEC)*. Hasil kuesioner menunjukkan level pada proses pengantian *seal packing* yaitu dengan prosentase rata-rata yaitu 71% sehingga harus dilakukan penelitian dan perubahan perbaikan secepatnya. Pada grafik 4.2 sebelum perbaikan nilai rata-rata prosentase terhadap keluhan yaitu 71% setelah diperbaiki sistem, SOP, dan evaluasi pekerjaan maka didapatkan penurunan dengan rata-rata pada grafik 4.5 yaitu dengan nilai rata-rata adalah 30%.

6.2 Saran

Berdasarkan pengkajian dan hasil penelitian menggunakan metode *Macro Ergonomic And Design* khususnya pada proses pekerjaan yang dilakukan oleh para karyawan *Maintenance* terdapat peningkatan produktivitas dan penurunan tingkat kelelahan yang signifikan. Perbaikan sistem pekerjaan yang sudah ada dan juga perbaikan tata letak mesin bisa dilakukan pada bagian divisi produksi yang lainnya yang mengalami hal serupa sehingga profit perusahaan dapat meningkat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Tantawy, S., Halwachi, B., Ghanim, A., Mansoori, A., & M. Kamel, D. (2022). Work-related musculoskeletal disorders among employees with different tasks: An Ahlia University case study. *Physiotherapy Quarterly*, 30(4), 59–64. <https://doi.org/10.5114/pq.2022.121146>
- Adelia Tamala. (2020). *PENGUKURAN KELUHAN MUSCULOSKELETAL DISORDERS (MSDS) PADA PEKERJA PENGOLAH IKAN MENGGUNAKAN NORDIC BODY MAP (NBM) DAN RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT (RULA)*. 4(No.2). <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/article/view/42641/75676>
587056
- Arwani, Nurhayati, & Purnomo. (2013). “Perbedaan Keseimbangan Tubuh Lansia Berdasarkan Keikutsertaan Senam Lansia Di Panti Werda Pelkris Pengayoman Dan Elim Semarang. Vol.6.No.1. Hal:2.
- Asivandzadeh, E., Ghahremani, F., Alizadeh, E., & Abdolalipour, A. (2019). The Role of Safety Climate on Work-Related Musculoskeletal Discomfort and Productivity. *Archives of Occupational Health*. <https://doi.org/10.18502/aoh.v3i2.670>
- Bridger, R.S. (1995). Introduction Ergonomics. *McGraw-Hill Inc Singapore*.
- Cornwall, A., & Jewkes, R. (1995). What is participatory research? *Social Science & Medicine*, 41(12), 1667–1676. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(95\)00127-S](https://doi.org/10.1016/0277-9536(95)00127-S)

- Debus M. (1998). *Handbook for excellence in focus group research*. Academy for Educational Development.
- Dianat, I., Molenbroek, J., & Castellucci, H. I. (2018). A review of the methodology and applications of anthropometry in ergonomics and product design. *Ergonomics*, 61(12), 1696–1720. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1502817>
- Eviyanti, N. (2021). ANALISIS FISHBONE DIAGRAM UNTUK MENGEVALUASI PEMBUATAN PERALATAN ALUMINIUM STUDI KASUS PADA SP ALUMINIUM YOGYAKARTA. *JAAKFE UNTAN (Jurnal Audit Dan Akuntansi Fakultas Ekonomi Universitas Tanjungpura)*, 10(1), 10. <https://doi.org/10.26418/jaakfe.v10i1.45233>
- Grandjean E. (1993). *Fitting the Task to The Man*. Taylor & Francis Inc, London., 4th.
- Handayani, W., & Susilowati, N. (2021). ANALISIS PENGUKURAN PRODUKTIVITAS DI BAGIAN PENGECORAN PT. APIE INDO KARUNIA DENGAN METODE OBJECTIVE MATRIX. *Jurnal MEBIS (Manajemen Dan Bisnis)*, 6(1), 1–13. <https://doi.org/10.33005/mebis.v6i1.201>
- Hardianto Iristiadi, Yassierli, & Nia. (2014). *Ergonomi Suatu Pengantar*. PT.Remaja Rosdakarya.
- Haskari, A.F., Herdoin, & Saulia L. (2008). Perancangan Model Faktor Ergonomi Makro Terhadap Produktivitas Sistem Kerja Pada Pabrik Gula. *IPB Bogor*.

- Hendrick, H.W., & Kleiner, B.M., (1984). *Macroergonomics: Theory, methods, Application. Lawrence Erlbaum Associates London.*
- Hisprastin, Y., & Musfiroh, I. (2020). Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri. *Majalah Farmasetika*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i1.27106>
- Iftikar Z. Sitalaksana, Ruhana Anggawisastra, & Jann H. Tjakraatmadja. (1979). Teknik tata cara kerja. In *Work Study*. ITB Press Bandung. URI: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20190381>
- Kalteh, H. O., Salesi, M., Cousins, R., & Mokarami, H. (2020). Assessing safety culture in a gas refinery complex: Development of a tool using a sociotechnical work systems and macroergonomics approach. *Safety Science*, 132, 104969. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104969>
- kroemer. (2004). *How to design for ease and efficiency.*
- Lorenzini, M., Kim, W., Momi, E. D., & Ajoudani, A. (2019). A New Overloading Fatigue Model for Ergonomic Risk Assessment with Application to Human-Robot Collaboration. *2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 1962–1968. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2019.8794044>
- Manuaba, A. (1992). Pengaruh Ergonomi Terhadap Produktivitas. Seminar Produktivitas Tenaga Kerja. *Seminar Produktivitas Tenaga Kerja Jakarta.*
- Maria, S., Darma, D. C., Amalia, S., Hakim, Y. P., & Pusriadi, T. (2019). *Readiness To Face Industry 4.0*. 8(09), 6.

- Mohd Fazi, H. B., B Nik Mohamed, N. M. Z., & Bin Basri, A. Q. (2019). Risks assessment at automotive manufacturing company and ergonomic working condition. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 469, 012106. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/469/1/012106>
- Nurmianto, E., Ciptomulyono, U., Suparno, & Kromodihardjo, S. (2015). Manual Handling Problem Identification in Mining Industry: An Ergonomic Perspective. *Procedia Manufacturing*, 4, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.018>
- Nurmianto, Eko. (1996). *Ergonomi: Konsep dasar dan aslinya*. Guna Widya.
- Nurmutia, S. (2019). PERAN PERANCANGAN ALAT KERJA ERGONOMIS DI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0 DENGAN MENGGUNAKAN AHP (ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS). *Teknologi : Jurnal Ilmiah dan Teknologi*, 1(2), 127. <https://doi.org/10.32493/teknologi.v1i2.3084>
- Rodahl, K. (1992). The Analysis of Organizational as a Conceptual Tool for Ergonomics Practitioners. *Taylor and Francais London*.
- Saito, Kazuo. (1999). Measurement of fatigue in Industries. *Hokkaido University Japan*, 134–142.
- Stack, T., Ostrom, L. T., & Wilhelmssen, C. A. (2016). *Occupational Ergonomics: Practical Approach*, A. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118814239>
- Suma'mur, P.K. (1989). *Ergonomi untuk Produktivitas Kerja*. PT.Temprint.
- Tarwaka, Solichul H.A., Bachri, & Lilik S. (2004). *Ergonomi untuk Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Produktifitas*. Uniba Press.

- Tayyari & F. and Smith, J.L. (1997). Occupational Ergonomics: Principle and Applications. *Chapman and Hall*, 11, 54–59.
- Waters, T.S. & Putz Anderson, V. (1996). Manual Material Handling. *Bharattacharya, A & Mc Glothin, J.D., Occupational Theory and Applications, Marcel Dekker Inc, NewYork.*
- Wignjosoebroto & Sritomo. (2008). *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Guna Widya.
- Wijaya, K. (2019). *Identifikasi Risiko Ergonomi dengan Metode Nordic Body Map Terhadap Pekerja Konveksi Sablon Baju*. 9.
- Yanto & Billy Ngaliman. (2017). *Ergonomi: Dasar-Dasar Studi Waktu dan Gerakan untuk Analisis Gerakan dna Sistem Kerja*. Andi Offset.
http://elib.upiyptk.ac.id/opac/index.php?p=show_detail&id=6195