

BAB II

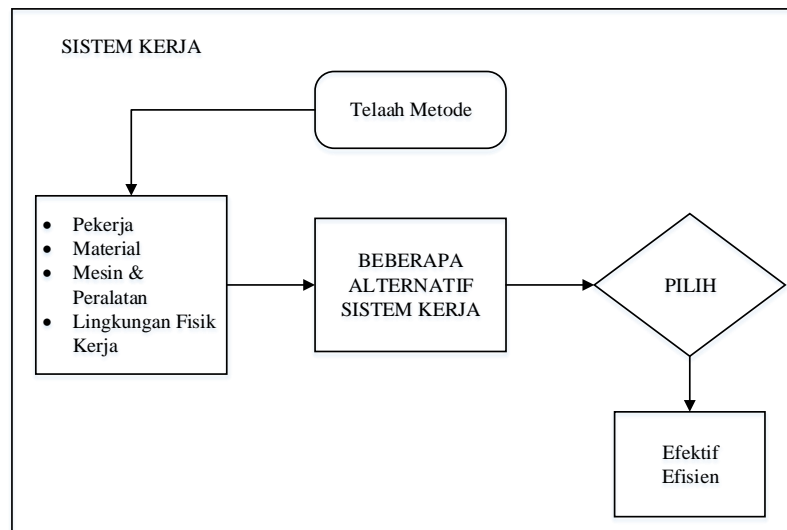
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Kerja

Sistem kerja adalah suatu formasi tata kerja dan prosedur kerja yang selanjutnya akan membentuk suatu kebulatan pola tertentu dalam rangka melaksanakan suatu bidang pekerjaan (KBBI, 2005). Kleiner (2006: 83) menyatakan bahwa sistem kerja terbentuk dari dua orang atau lebih yang melakukan kerja bersama (*personel sub-sistem*), berinteraksi dengan teknologi (*technological sub-system*) dalam sistem organisasi yang dicirikan oleh lingkungan internal (*both physical and cultural*). Sistem kerja yang konsisten dan hasil kerja yang berkualitas dapat dicapai dengan mengkombinasikan manusia dan alat melalui faktor-faktor yang ada pada tahapan kerja yang sudah tetap. Industri manufaktur memiliki sistem kerja yang lebih kompleks yaitu mencakup manusia, mesin, dan organisasi (Mustafa dkk., 2009: 52). Menurut Astuti & Iftadi (2016: 1) sistem kerja adalah suatu sistem yang mana dalam pekerjaan terdiri dari manusia, mesin, peralatan, dan lingkungan kerja (kebisingan, pencahayaan, temperatur, getaran, dan bau-bauan) akan saling berinteraksi. Sistem kerja yang baik akan menjadi kunci utama dalam mencapai keberhasilan peningkatan produktivitas yang di dalamnya dapat meminimalisir adanya kecelakaan kerja, penyakit akibat kerja, dan meningkatkan efisiensi perusahaan.

Terdapat berbagai unsur pendukung dalam merancang sistem kerja yang ergonomis dimana unsur-unsur ini akan menjadikan sistem kerja lebih efektif, nyaman, aman, sehat, dan efisien (Sutalaksana, dkk., 1979: 3). Suatu sistem kerja muncul dari adanya proses perencanaan, perancangan, pengendalian dan pengevaluasian. Seluruh proses tersebut terjadi karena ada peran manusia di dalamnya, oleh karena itu manusia memiliki peranan yang vital dalam sistem kerja. Pembelajaran mengenai sifat, kemampuan, serta keterbatasan manusia merupakan hal yang krusial karena akan mempengaruhi baik/buruknya sistem kerja yang dibangun. Berdasarkan pandangan mengenai sistem kerja, sistem yang baik dapat terjadi jika perancangan komponen sistem disesuaikan dengan kebutuhan manusia serta komponen tersebut saling berinteraksi secara terpadu untuk mencapai tujuan bersama (Susanti, dkk. 2015: 2-3).

Komponen yang ada dalam sistem kerja memiliki hubungan seperti yang digambarkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Hubungan Komponen-Komponen Sistem Kerja
Sumber: Astuti & Iftadi (2016: 1)

2.2 Ergonomi

Menurut Nurmiyanto (2004: 2), ergonomi merupakan suatu multidisiplin ilmu yang mempelajari berbagai pengetahuan-pengetahuan seperti ilmu kedokteran, biologi, ilmu psikologi, dan ilmu sosiologi. Secara garis besar ergonomi dapat dilihat dari empat sudut pandang yang berbeda yaitu ergonomi kognitif, ergonomi organisasi, ergonomi lingkungan, dan ergonomi fisik. Ergonomi kognitif adalah ilmu yang memiliki kaitan dengan mental manusia kerja yang meliputi ingatan dalam kerja, reaksi dalam kerja, persepsi dalam kerja, beban kerja, pengambilan keputusan, *human-computer interaction*, kehandalan manusia, motivasi kerja, performa kerja, dan stress kerja. Ergonomi organisasi adalah ilmu yang memiliki kaitan dengan sosioteknik dalam sistem kerja yang meliputi struktur organisasi, kebijakan dan proses, manajemen SDM, komunikasi kerja, alokasi fungsi kerja, *task analysis*, *teamwork*, *participatory approach*, komunitas kerja, kultur organisasi, organisasi virtual, perancangan waktu kerja, produktivitas kerja tim/individu dan sebagainya. Ergonomi lingkungan adalah ilmu yang memiliki kaitan dengan hal yang ada disekitar orang yang melakukan pekerjaan, biasanya merupakan lingkungan fisik kerja. hal tersebut meliputi pencahayaan, kebisingan, getaran, desain interior termasuk bentuk dan warna, serta temperatur di tempat kerja. Ergonomi fisik adalah ilmu yang memiliki kaitan dengan aktivitas fisik yang

dilakukan selama bekerja hal lain yang berkaitan dengan ergonomi fisik meliputi anatomi tubuh manusia, karakteristik fisiologi, biomekanika, antropometri, kekuatan fisik, postur kerja, beban fisik kerja, studi gerakan, waktu kerja, *muscoleteral disorder* (MSD), *material handling*, dimensi tempat/fasilitas kerja, kontrol dan *display*, dan lain sebagainya (Sugiono, dkk., 2018: 3).

Sugiono, dkk. (2018: 4) mengungkapkan bahwa ilmu ergonomi sangat diperlukan dalam pembelajar tentang ergonomi fisik, ergonomi psikofisiologi, studi *human error*, ergonomi lingkungan, *neuro-ergonomi* dan makro ergonomi. Ergonomi juga dapat dikatakan sebagai sebuah seni dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas kerja secara keseluruhan menjadi lebih baik (Tarwaka, dkk., 2004: 7).

Tarwaka, dkk. (2004: 7) menjabarkan bahwa secara umum penerapan ergonomi memiliki beberapa tujuan seperti berikut ini.

1. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
2. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produksi.
3. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Perkembangan ilmu ergonomi menurut Hendrick (1986: 467) dapat dibedakan menjadi tiga tahapan generasi yang berbeda yaitu ergonomi berkaitan dengan dengan fisik, fisiologis, lingkungan dan karakteristik perseptual dalam merancang dan mengaplikasikan sistem antarmuka antara manusia dengan mesin, ergonomi berkaitan dengan proses kognitif khususnya dikaitkan dengan berkembangnya sistem kerja komputer, dan ergonomi makro yang ditandai dengan masuknya unsur eksternal yaitu organisasi dan sosioteknikal.

2.3 Ergonomi Makro

Ergonomi makro menurut Hendrick & Kleiner (2002: 1-3) merupakan kajian ilmu yang terkait dengan analisis, desain, dan evaluasi dari sistem kerja. Ergonomi makro dikatakan sebagai perspektif, metodologi, dan sub-disiplin dari ergonomi/*human factor* yang didukung oleh ilmu empiris. Ergonomi makro secara perspektif memiliki ruang lingkup yang lebih besar dibandingkan dengan ergonomi mikro. Ruang lingkup yang dimiliki tidak lagi berada pada sub-level tertentu di dalam organisasi tetapi mencakup keseluruhan level yang ada di dalam sebuah sistem penyusun pada suatu organisasi. Sedangkan ergonomi makro sebagai sub-disiplin memiliki keterkaitan terhadap teknologi *human-organization interface* yang turut berdampak pada rancangan sistem kerja karena adanya interaksi antara sub-sistem teknologi, sub-sistem personel, dan lingkungan eksternal.

Menurut Iridiastadi & Yassierli (2014: 235) proses menganalisis, merancang, atau memperbaiki sistem kerja dan organisasi kerja dalam ergonomi makro dilakukan dengan mengharmonisasikan keseluruhan elemen-elemen yang terlibat dalam perancangan tersebut. Ergonomi makro dapat dikatakan sebagai pendekatan sosioteknik yang dilakukan dari tingkat atas ke tingkat bawah atau secara *top-down*. Pendekatan tersebut kemudian diimplementasikan pada perancangan sistem kerja secara keseluruhan dalam berbagai level interaksi ergonomi mikro antara lain yaitu level manusia-pekerjaan, manusia-mesin, dan manusia-*software* atau perangkat lunak. Pendekatan ergonomi makro adalah suatu upaya yang dilakukan agar sistem kerja secara keseluruhan dapat berjalan harmonis dan seimbang (Hendrick & Kleiner, 2002: 3).

Perancangan ergonomi makro menurut Hendrick & Kleiner (2002: 3-4) dapat dilakukan dengan tiga strategi yaitu secara *top-down*, *bottom-up*, dan *middle-out*. Proses perancangan seringkali melibatkan partisipasi karyawan disemua level organisasi yang mana strategi yang sering digunakan adalah kombinasi dari ketiga strategi tersebut. Rancangan sistem keseluruhan yang dibuat dengan pendekatan ergonomi makro akan ditentukan terlebih dahulu karakteristiknya secara sistematis, rancangan kemudian akan dibawa ke level yang lebih rendah (ergonomi mikro). Karakteristik rancangan sistem kerja keseluruhan yang telah didefinisikan akan menentukan karakteristik dari rancangan kerja serta hubungan manusia-mesin dan

manusia-perangkat lunak akan digunakan oleh tahapan berikutnya dalam kajian ergonomi mikro. Aspek rancangan ergonomi mikro akan digerakkan oleh rancangan dari ergonomi makro, sehingga dapat terjaminnya kesesuaian komponen-komponen sistem dengan struktur sistem kerja keseluruhan secara ergonomi.

2.4 *Macroergonomic Analysis and Design (MEAD)*

Macroergonomic Analysis and Design (MEAD) menurut Hendrick & Kleiner (2002: 68) adalah pendekatan dari penerapan ergonomi makro yang digunakan dalam melakukan perancangan sistem secara menyeluruh sebagai upaya yang efisien dalam mencapai tujuan perusahaan. Hendrick & Kleiner (2002: 68-82) menjabarkan terdapat 10 langkah yang digunakan dalam pendekatan *Macroergonomic Analysis and Design (MEAD)* untuk mencapai tujuan dari penerapan ergonomi makro, langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi Lingkungan dan Sub-Sistem Organisasi

Tahapan pertama yang dilakukan yaitu pengamatan pada keseluruhan sistem, sub-sistem dilingkungan organisasi, dan organisasi itu sendiri. Identifikasi ini dilakukan terhadap visi, misi, prinsip, dan kriteria target yang diterapkan dalam sistem sehingga dapat membantu penilaian terhadap celah yang ada diantara varian atau karakteristik yang ditetapkan dan yang dipraktikkan. Hal lain yang juga perlu dilakukan adalah identifikasi terhadap tempat kerja dalam istilah sistem sebuah proses yang mencakup pendefinisian batasan. Misi organisasi lebih rincinya terdiri dari *input*, *output*, proses, *supplier*, *customer*, *internal control*, dan mekanisme *feedback*.

2. Mengidentifikasi Tipe Sistem Produksi dan Ekspektasi Performansi

Tipe sistem produksi dapat membantu dalam menentukan tingkat kompleksitas, sentralisasi, dan formalisasi yang optimal. Melalui tahapan ini seluruh tipe sistem produksi dan kriteria dari ekspektasi performansi akan diidentifikasi. Ukuran performansi dapat dikatakan objektif ataupun subjektif tergantung dari permasalahan yang ada. Sedangkan, ekspektasi performansi dapat diidentifikasi dengan menggunakan standar *checkpoints* atau kritikal poin yang telah dilakukan pada sistem kerja.

3. Pendefinisian Unit Operasi dan Proses Kerja

Unit operasi merupakan pengelompokan langkah-langkah konversi atau perubahan yang secara bersama-sama membentuk bagian kerja yang lengkap dan dibatasi dari langkah-langkah lain seperti batas-batas teritorial, teknologi, atau temporal. Selain itu identifikasi juga dapat dilakukan berdasarkan pembagian proses kerja. Setiap unit operasi, tujuan, *input*, transformasi, dan *output* juga akan di definisikan. Sedangkan, proses kerja merupakan langkah-langkah yang dikerjakan oleh sistem untuk membuat suatu produk sehingga pada tahapan ini akan juga akan mengidentifikasi hal yang berkaitan tentang produksi di perusahaan.

4. Mengidentifikasi Data Varian

Varian atau variansi merupakan penyimpangan yang tidak diharapkan dari operasi, kondisi, spesifikasi, atau norma standar dan mengakibatkan penurunan kinerja sistem. Variansi akan diidentifikasi secara detail berdasarkan proses-proses yang berlangsung saat ini dan berkaitan dengan proses bisnis. Tipe-tipe variansi yang umumnya terjadi adalah seperti kualitas, biaya, jadwal, kesehatan, keselamatan, dan *non-value added* (tidak memberikan nilai tambah).

5. Membangun Matriks Varian

Varian kunci merupakan varian yang secara signifikan mempengaruhi kinerja atau performansi sistem dan dapat berinteraksi dengan varian lain sehingga menimbulkan efek majemuk yang berefek lebih besar. Matriks varian ini dibangun guna mengetahui hubungan-hubungan yang terbentuk antara varian satu dengan varian lainnya selama transportasi proses kerja berlangsung. Berdasarkan hal tersebut juga akan diketahui varian mana yang mempengaruhi varian lainnya biasanya disebut dengan varian kunci.

6. Membuat Tabel Kendali Varian dan Jaringan Peran

Tujuan dari langkah ini yaitu untuk menemukan bagaimana varian kunci yang ada dikendalikan dan apakah personel yang bertanggung jawab mengenai pengendalian memerlukan dukungan. Tabel kendali varian dan jaringan peran akan mempermudah proses mengetahui sumber atau lokasi terjadinya varian, siapa yang memiliki tanggung jawab, pihak mana yang memiliki keterlibatan langsung, dan kendali varian apa yang sudah disediakan.

7. Mengalokasikan Fungsi dan Penggabungan Desain

Pengalokasian fungsi dan penggabungan desain pada tahapan ini memiliki tujuan berupa merancang perubahan-perubahan seperti perubahan sub-sistem teknologi, personel serta menentukan rancangan final. Perubahan ini dibuat guna mencegah atau mengendalikan variansi kunci. Penentuan rancangan final dari suatu perubahan dapat dilakukan dengan menggunakan *objective tree* guna memperlihatkan struktur hierarki dan garis tujuan yang digunakan untuk mengatasi masalah atau variansi yang telah diidentifikasi sebelumnya.

8. Menganalisa Peran dan Tanggung Jawab

Penting untuk mengetahui bagaimana para pekerja memandang perannya masing-masing. Analisis terhadap peran dan tanggung jawab dapat dilakukan setelah tujuan maupun alternatif-alternatif telah ditentukan. Penentuan ini menggunakan bantuan tabel kriteria penilaian ataupun tabel kontrol varian dalam proses evaluasi manfaat dari tiap alternatif untuk mencapai tujuan yang diharapkan.

9. Memperbaiki Sub-Sistem Pendukung

Langkah memperbaiki sub-sistem pendukung ini dapat dilakukan dengan cara merancang ulang sub-sistem. Perancangan ulang bertujuan supaya sub-sistem pendukung yang mempengaruhi sosioteknik produksi yang ada dapat ditentukan. Tujuan lain yang ingin dicapai dalam langkah ini adalah adanya penyesuaian terhadap sub-sistem lainnya termasuk pada lingkungan internal.

10. Implementasi, Iterasi, dan Penyempurnaan

Pada langkah ini perubahan yang telah dirancang akan diimplementasikan ke struktur organisasi formal. Berdasarkan implementasi ini didapatkan umpan balik yang mungkin mengakibatkan adanya modifikasi terhadap perubahan tersebut. Implementasi sendiri dilaksanakan untuk mengetahui apakah solusi yang dihasilkan berdasarkan alternatif terpilih akan sesuai dengan kondisi yang ingin dicapai atau tidak. Implementasi juga tidak akan langsung dilakukan melainkan dengan memberikan saran terlebih dahulu terkait perubahan oleh analisis yang telah ditentukan.

2.5 Beban Kerja Fisik

Suatu pekerjaan yang ketika dilakukan memerlukan energi fisik otot manusia sebagai sumber tenaganya adalah kerja fisik. Kerja fisik juga dikenal dengan nama *manual operation* yang artinya performansi kerja sepenuhnya bergantung pada manusia itu sendiri baik yang berfungsi sebagai sumber tenaga ataupun pengendali kerja (Sugiono, dkk., 2018: 37). Kemampuan kerja fisik dijelaskan oleh Mahawati, dkk. (2021: 8-9) merupakan kemampuan fungsional yang dimiliki setiap orang dalam melakukan pekerjaan yang membutuhkan aktivitas otot dalam kurun waktu tertentu. Kekuatan otot, ketahanan otot serta kardiovaskular adalah faktor yang menjadi penentu pada kemampuan kerja fisik dan kesegaran jasmani seseorang.

Irzal (2016: 26-27) menjelaskan bahwa analisis beban kerja memiliki kegunaan dalam menentukan kebutuhan pekerja (*man power planning*). Analisis tersebut terdiri dari analisis ergonomi, analisis keselamatan dan kesehatan kerja, perencanaan pemberian upah, dan lainnya. Beban kerja fisik dapat ditinjau melalui dua sisi yang berbeda yaitu sisi fisiologis dan sisi biomekanika. Berdasarkan sisi fisiologis beban kerja fisik ditinjau melalui kapasitas kerja yang diukur dari denyut jantung dan pernapasan. Sisi biomekanika justru meninjau beban kerja fisik melalui proses mekanis tubuh seperti kekuatan otot. Faktor lain yang juga bagian dari sisi biomekanika adalah tingkat upah dan jaminan sosial bagi pekerja. Menurut Tarwaka, dkk. (2004: 95-96) beban kerja yang diterima oleh masing-masing tenaga kerja dipengaruhi oleh beberapa faktor, berikut merupakan faktor-faktor yang dimaksud.

1. Faktor Eksternal

Faktor eksternal yaitu faktor yang dipengaruhi atau berasal dari luar tubuh pekerja. Faktor eksternal sendiri terdiri dari beberapa faktor lainnya seperti tugas, organisasi kerja, lingkungan kerja.

- a. Tugas (*task*) dapat bersifat fisik yang meliputi sikap, beban yang diangkat, alat dan sarana prasarana, tata ruang, dan kondisi lingkungan tempat bekerja. Tugas (*task*) juga dapat bersifat psikis yang meliputi kompleksitas pekerjaan, emosi pekerja, tanggung jawab ataupun keutuhan kerja.

- b. Organisasi kerja sendiri merupakan faktor yang meliputi lamanya waktu kerja, waktu istirahat, sistem kerja, pembagian waktu kerja (*shift*), sistem kerja, metode kerja, dan upah.
- c. Lingkungan kerja merupakan faktor yang dilihat dari kondisi tempat kerja, apakah lingkungan kerja yang tercipta mengakibatkan adanya beban kerja tambahan yang meliputi lingkungan kerja fisik (kelembaban udara, suhu, udara, pencahayaan, kebisingan, dan tekanan udara), lingkungan kerja psikologis, lingkungan kerja kimiawi serta lingkungan kerja biologis.

2. Faktor Internal

Faktor internal yaitu faktor yang berasal dari dalam diri pekerja itu sendiri yang mana penyebabnya bisa saja dari faktor eksternal yang berpotensi menimbulkan stress pada pekerja.

- a. Faktor somatis adalah salah satu faktor internal yang meliputi jenis kelamin, usia, status gizi, ukuran tubuh, kondisi kesehatan tubuh, dan lain-lain.
- b. Faktor psikis adalah faktor internal yang meliputi persepsi pekerja, motivasi kerja, keinginan pekerja, kepuasan pekerja, kepercayaan, dan lain-lain.

Setiap orang memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam hubungannya dengan beban kerja dimana berat atau tidaknya beban yang diterima pekerja dapat digunakan sebagai alat untuk menentukan lamanya seorang pekerja dapat melakukan pekerjaannya. Semakin berat suatu pekerjaan yang diterima pekerja maka akan semakin pendek waktu pekerja tersebut untuk melakukan pekerjaannya tanpa mengalami kelelahan dan menderita gangguan fisiologis. Sebaliknya pekerja akan merasa bosan dan jenuh apabila beban kerja yang diberikan terlalu ringan. Kebutuhan kalori merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan untuk menentukan berat atau ringannya suatu beban kerja (Tarwaka, dkk., 2004: 97). Beban kerja dikategorikan berdasarkan kebutuhan kalori yang disajikan dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Kategori Beban Kerja

No	Kategori	Kebutuhan Kalori
1	Beban kerja ringan	100-200 kilo kalori/jam
2	Beban kerja sedang	> 200-350 kilo kalori/jam
3	Beban kerja berat	> 350-500 kilo kalori/jam

Sumber: Tarwaka, dkk. (2004: 98)

2.6 Cardiovascular Load (CVL)

Cardiovascular Load (CVL) adalah suatu estimasi untuk menentukan klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum (Sugiono, dkk., 2018: 38). Denyut nadi yang digunakan dalam memberikan estimasi indeks beban kerja terdiri dari beberapa jenis, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Denyut jantung saat istirahat (*resting pulse*), yaitu rata-rata denyut jantung sebelum memulai suatu pekerjaan.
2. Denyut jantung selama bekerja (*working pulse*), yaitu rata-rata dari denyut jantung seseorang ketika bekerja.
3. Denyut jantung untuk bekerja (*work pulse*), yaitu selisih antara denyut jantung selama bekerja dan selama beristirahat.
4. Denyut jantung selama istirahat total (*recovery cost*), yaitu jumlah aljabar denyut jantung dan berhentinya denyut pada suatu pekerjaan selesai dikerjakan sampai dengan denyut berada pada kondisi istirahatnya.
5. Denyut kerja total (*total work pulse or cardiac cost*), yaitu umlah denyut jantung ketika suatu pekerjaan dimulai hingga denyut berada pada kondisi istirahatnya.

Penentuan klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum karena beban kardiovaskuler (*cardiovascularload* = %CVL) yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini (Tarwaka, dkk., 2004: 101).

$$\%CVL = \frac{100 (\text{Denyut Nadi Kerja} - \text{Denyut Nadi Istirahat})}{\text{Denyut Nadi Maksimum} - \text{Denyut Nadi Istirahat}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Adapun denyut nadi maksimum untuk setiap orang berbeda-beda, dimana untuk laki-laki denyut nadi maksimumnya adalah (220-umur) dan untuk perempuan (200-umur). Kemudian hasil dari perhitungan %CVL akan dibandingkan dengan klasifikasi yang berlaku seperti pada tabel 2.2 (Tarwaka, dkk., 2004: 101).

Tabel 2.2 Klasifikasi % *Cardiovascular Load*

Kategori %CVL	Nilai %CVL	Keterangan
Ringan	< 30%	Tidak terjadi kelelahan
Sedang	$30% < \%CVL \leq 60%$	Dibutuhkan perbaikan
Agak Berat	$60% < \%CVL \leq 80%$	Diperbolehkan kerja dalam waktu singkat
Berat	$80% < \%CVL \leq 100%$	Diperlukan tindakan perbaikan segera
Sangat Berat	$\%CVL > 100%$	Aktivitas kerja tidak boleh dilakukan

Sumber: Tarwaka, dkk. (2004: 101-102)

2.7 *Industrial Fatigue Research Committee (IFRC)*

Kelelahan merupakan suatu peristiwa yang terjadi sebagai tanda bahwa tubuh membutuhkan istirahat sehingga terhindar dari kerusakan lebih lanjut. Teori terjadinya kelelahan dibedakan menjadi dua jenis yang terdiri dari teori kimia dan teori syaraf. Teori kimia menjelaskan bahwa kelelahan dapat terjadi dikarenakan persediaan energi pada tubuh menurun dan sisa metabolisme yang meningkat. Berbeda dengan teori kimia pada teori syaraf perubahan kimia yang terjadi pada tubuh dinyatakan sebagai penunjang proses saja. Kelelahan dapat diukur tingkatannya dimana salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Industrial Fatigue Research Committee (IFRC)* (Tarwaka, dkk., 2004: 107).

Metode *Industrial Fatigue Research Committee (IFRC)* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengukur tingkat kelelahan seseorang secara subjektif. Terdapat 30 jenis pertanyaan terkait kelelahan di dalam kuesioner IFRC yang dibedakan kembali menjadi 3 kategori berbeda. Kategori pertama berisi 10 pertanyaan mengenai pelemahan kegiatan, kategori kedua berisi 10 pertanyaan mengenai pelemahan motivasi, dan kategori ketiga berisi 10 pertanyaan mengenai gambaran kelelahan fisik yang dialami pekerja (Tarwaka, dkk., 2004: 112). Adapun 30 *items of rating scale* dari metode ini dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 30 Items of Rating Scale

10 Pertanyaan Tentang Pelemahan Kegiatan		10 Pertanyaan Tentang Pelemahan Motivasi		10 Pertanyaan Tentang Gambaran Kelelahan Fisik	
1.	Perasaan berat di kepala	1.	Susah berfikir	1.	Sakit di kepala
2.	Lelah seluruh badan	2.	Lelah untuk berbicara	2.	Kaku di bahu
3.	Berat di kaki	3.	Merasa gugup	3.	Nyeri di punggung
4.	Sering menguap saat bekerja	4.	Tidak bisa berkonsentrasi	4.	Sesak nafas
5.	Pikiran kacau saat bekerja	5.	Tidak bisa memusatkan perhatian	5.	Merasa haus
6.	Mengantuk	6.	Cenderung mudah melupakan sesuatu	6.	Suara menjadi serak
7.	Ada beban pada mata	7.	Kurangnya kepercayaan diri	7.	Merasa pening
8.	Gerakan kaku dan canggung	8.	Merasa cemas	8.	Merasa ada yang mengganjal di kelopak mata
9.	Berdiri tidak stabil atau sempoyongan	9.	Sulit dalam mengontrol sikap	9.	Badan mengalami gemetar
10.	Ingin berbaring	10.	Tidak tekun dalam pekerjaan	10.	Merasa kurang sehat

Sumber: Tarwaka, dkk. (2004: 112)

Kuesioner tersebut dijawab dengan menggunakan skala *likert* yang dibedakan menjadi empat poin. Poin yang didapatkan dari penilaian ini berkisar antara 30 - 120 yang merupakan penilaian subjektif terhadap kelelahan yang dialami oleh pekerja di lantai produksi. Menurut Tarwaka (2014: 113) empat poin jawaban tersebut adalah sebagai berikut.

1. Poin 4 = Sangat Sering (SS)
2. Poin 3 = Sering (S)
3. Poin 2 = Kadang-Kadang (K)
4. Poin 1 = Tidak Pernah (TP)

Frekuensi gejala kelelahan yang muncul pada pekerja memiliki hubungan yang searah tingkat kelelahan. Apabila frekuensi gejala kelelahan sering muncul maka tingkat kelelahan yang dialami semakin tinggi. Tingkat kelelahan sendiri dibedakan menjadi 4 kategori seperti pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Klasifikasi Kategori Kelelahan Kerja

No	Hasil Poin	Kategori
1.	30-52	Rendah
2.	53-75	Sedang
3.	76-98	Tinggi
4.	99-120	Sangat Tinggi

Sumber: Tarwaka (2014: 113)

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi dalam melakukan perbaikan sistem kerja dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Pendekatan/Metode	Hasil Penelitian	Publikasi
1.	Tangahu, dkk. (2017)	Desain Sistem Kerja Mesin Pemipih Jagung yang Ergonomi untuk Meningkatkan Produktivitas	<i>Macroergonomic Analysis and Design</i> (MEAD) dan Antropometri	Metode <i>Macroergonomic Analysis and Design</i> dinilai sangat efektif untuk menganalisis sistem kerja, evaluasi serta desain mesin yang ergonomis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya mesin baru yang digunakan untuk memipih jagung, kelelahan operator berkurang 47,77% dengan peningkatan produktivitas sebesar 16,07% serta dapat meminimalisir waktu sebanyak 57,30%.	Prozima Vol. 1, No. 2, Desember 2017, Hal. 90-98. ISSN: 2541-5115.
2.	Ristyowati & Wibawa (2018)	Perancangan Sistem Kerja untuk Meningkatkan Hasil Produksi Melalui Pendekatan <i>Macroergonomic Analysis and Design</i> di Sentra Industri Batik Ayu Arimbi Sleman	<i>Macroergonomic Analysis and Design</i> (MEAD) dan Antropometri	Faktor kunci dalam mempengaruhi sistem kerja adalah bidang teknologi dan fasilitas kerja. Sehingga perbaikan sistem kerja yang dilakukan adalah dengan mengadakan peralatan kerja berupa meja pola batik yang dapat menurunkan keluhan pembuat pola batik dan membuat pekerjaan dapat dilakukan secara ergonomis. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan jumlah produksi dikarenakan waktu yang digunakan untuk menggambar pola yang semula 18 jam menjadi 6 jam yakni dapat menghemat waktu hingga 2 hari kerja.	Jurnal OPSI Vol. 11, No. 2, Desember 2018, Hal. 125-133. ISSN: 1693-2102.
3.	Pradini, dkk. (2019)	Perbaikan Sistem Kerja dengan Pendekatan <i>Macroergonomic Analysis and Design</i> (MEAD) untuk Meningkatkan Produktifitas Pekerja (Studi Kasus di UD Majid Jaya, Sarang, Rembang, Jawa Tengah)	<i>Macroergonomic Analysis and Design</i> (MEAD), %HR Reserve dan %Cardiovascular Load (%CVL)	Rancangan usulan perbaikan sistem kerja berdasarkan alternatif faktor kunci yang terpilih yaitu melakukan perbaikan kebijakan pengaturan kerja dengan menerapkan penambahan waktu istirahat kepada pekerja di bagian produksi UD Majid Jaya. Perbaikan sistem kerja dilakukan dengan menambahkan waktu istirahat kepada pekerja selama 16 menit/hari kerja diluar waktu istirahat normal. Penambahan waktu istirahat ini mampu meningkatkan produktivitas kerja pada produksi yang sebelumnya hanya mampu menghasilkan 14 potong komponen kapal menjadi 16 potong komponen kapal.	Jurnal OPSI Vol. 12, No. 1, Juni 2019, Hal. 36-47. ISSN: 1693-2102.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Pendekatan/Metode	Hasil Penelitian	Publikasi
4.	Sari, dkk. (2019)	Pengaruh Lingkungan Kerja Fisik Terhadap Produktivitas dengan Pendekatan Ergonomi Makro (Studi Kasus di PT. Murakabi Jaya Mandiri)	Ergonomi Makro dan Simulasi	Solusi yang akan digunakan untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi PT. Murakabi Jaya Mandiri adalah dengan melakukan investasi ergonomi. Investasi ergonomi dilakukan terhadap pemasangan <i>roof</i> ventilator, penggunaan <i>ear plug</i> , dan penambahan 2 buah lampu dengan sinar berwarna putih. Hasil simulasi dari implementasi solusi tersebut yaitu adanya peningkatan rata-rata output briket mencapai 302 loyang serta adanya peningkatan profit perusahaan menjadi sebesar Rp. 34.812.014,00.	Jurnal OPSI Vol. 12, No. 1, Juni 2019, Hal. 48-52. ISSN: 1693-2102.
5.	Zein (2020)	Analisis Perbaikan Sistem Kerja Menggunakan <i>Macroergonomic Analysis and Design</i> (MEAD) di PTPN IV PKS Gunung Bayu	<i>Macroergonomic Analysis and Design</i> (MEAD) dan % <i>Cardiovascular Load</i> (%CVL)	Terdapat dua alternatif solusi yang dapat digunakan. Alternatif solusi yang pertama yaitu untuk mengatasi permasalahan terkait beban kerja dimana diusulkan untuk melakukan pengurangan beban kerja karyawan atau dengan melakukan rotasi kerja ke stasiun lainnya. Alternatif solusi yang kedua yaitu untuk mengatasi permasalahan terkait kerusakan mesin dimana diusulkan perawatan mesin serta membuat visual display SOP pada setiap area stasiun kerja dan menambah departemen perawatan.	USU-IR, Skripsi Sarjana, 2020.
6.	Septio (2020)	Analisis Tingkat Kebisingan, Beban Kerja dan Kelelahan Kerja Bagian Weaving di PT. Wonorejo Makmur Abadi Sebagai Dasar untuk Perbaikan Proses Produksi	% <i>Cardiovascular Load</i> (%CVL) dan <i>Industrial Fatigue Research Committee</i> (IFRC)	Penelitian ini dilakukan terhadap 42 pekerja, dimana berdasarkan hasil pengukuran beban kerja terdapat 40 pekerja yang memiliki nilai CVL diantara 30% - 60% yang artinya memerlukan perbaikan dan 2 pekerja lainnya tidak berada pada beban kerja yang berlebihan yaitu nilai CVL nya < 30%. Kelelahan kerja yang diukur dengan metode IFRC menunjukkan bahwa terdapat 15 pekerja yang berada dalam kategori kelelahan tinggi, 22 pekerja berada dalam kategori kelelahan sedang, dan 5 pekerja yang berada dalam kategori kelelahan rendah. Beban kerja dan kelelahan yang dialami pekerja diindikasikan sebagai akibat dari tingkat kebisingan yang tinggi di stasiun kerja weaving dengan tingkat kebisingan yang melebihi NAB sebesar 96,5 dB. Terdapat beberapa usulan yang	Performa: Media Ilmiah Teknik Industri, Vol. 19, No. 1, Hal 19-26. ISSN: 2620-6412.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Pendekatan/Metode	Hasil Penelitian	Publikasi
				<p>diberikan dalam penelitian ini untuk mengatasi permasalahan yang terjadi diantaranya adalah usulan mengendalikan kebisingan dengan pendekatan <i>Noise Hierarchy Controls</i>, usulan pengurangan beban kerja dengan penggunaan kursi ergonomis untuk istirahat, dan usulan pengurangan kelelahan kerja dengan menjadwalkan waktu istirahat sisipan bagi pekerja di stasiun kerja <i>weaving</i>.</p>	
7.	Oktavia, dkk. (2021)	Pengukuran Beban Kerja Fisik dan Tingkat Kelelahan Karyawan PT. XYZ Menggunakan Metode CVL dan IFRC	<i>%Cardiovascular Load (%CVL)</i> dan <i>Industrial Fatigue Research Committee (IFRC)</i> .	<p>Penelitian menunjukkan stasiun kerja dengan kerja fisik paling tinggi adalah stasiun kerja packing dengan nilai rata-rata %CVL 31,46% yang masuk ke dalam kategori sedang. Kategori sedang menunjukkan bahwa perbaikan perlu dilakukan namun tidak mendesak. Pengukuran kelahan kerja menunjukkan bahwa sebanyak 59% karyawan mengalami tingkat kelelahan yang rendah. Karyawan lainnya mengalami tingkat kelelahan yang berbeda dengan 38% mengalami kelelahan sedang dan 3% mengalami kelelahan tinggi. Uji regresi yang dilakukan pada penelitian ini memperlihatkan bahwa secara parsial beban kerja fisik tidak mempengaruhi tingkat kelelahan. Usulan perbaikan yang diberikan diantaranya yaitu dengan memperbaiki posisi kerja, penambahan waktu istirahat, melakukan penjadwalan kerja serta melakukan pertukaran stasiun kerja.</p>	<p>Jurnal TIN Universitas Tanjungpura, Vol. 5, No. 1, Hal 205-210. ISSN: 2620-8989.</p>

Tabel 2.6 sudah menjabarkan beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini. Tangahu, dkk. (2017) melakukan penelitian terhadap kelompok usaha bahan pangan dengan produk emping jagung yaitu Kelompok Wanita Tani (KWT) Tri Manunggal. Ruang lingkup dari penelitian tersebut adalah memperbaiki sistem kerja yang digunakan KWT Tri Manunggal selama melakukan kegiatan produksi, terutama pada proses pemipihan jagung. Variabel dari penelitian ini adalah tingkat kelelahan operator, tingkat produktivitas serta waktu kerja. Selanjutnya penelitian oleh Ristyowati & Wibawa (2018) dilakukan pada Sentra Batik Ayu Arimbi dengan tujuan meningkatkan hasil produksi. Proses produksi pada Sentra Batik Ayu Arimbi dilakukan oleh 18 pengrajin yang juga dibantu dengan peralatan yaitu meja pola batik. Variabel dari penelitian ini adalah jumlah produksi serta waktu kerja yang digunakan. Pradini, dkk. (2019) melakukan penelitian dengan tujuan untuk memperbaiki sistem kerja sehingga dapat meningkatkan produktivitas pekerja di UD Majid Jaya. Variabel dari penelitian ini berupa faktor dari tidak produktifnya pekerja di UD Majid Jaya yang terdiri dari lingkungan fisik, peralatan/mesin, kondisi pekerjaan dan organisasi.

Sari, dkk. (2019) pada PT. Mukarabi Jaya dengan tujuan meningkatkan produktivitas produksi dengan memperbaiki lingkungan kerja fisik. Variabel dari penelitian ini adalah lingkungan kerja fisik, jumlah produksi, dan tingkat rata-rata profit. Selanjutnya Zein (2020) melakukan penelitian dengan tujuan mengetahui permasalahan dan variabel yang paling mempengaruhi sistem kerja di PTPN 4 PKS Gunung Bayu serta memberikan usulan perbaikannya. Variabel dari penelitian ini terdiri dari mesin dan peralatan, kondisi lingkungan kerja fisik, metode kerja, kebijakan organisasi, beban kerja, dan sistem kerja. Selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Septio (2020) yang bertujuan memperoleh tingkat kebisingan, beban kerja, dan kelelahan kerja di PT. Wonorejo Makmur Abadi bagian *Weaving*. Variabel dari penelitian ini adalah tingkat kebisingan, tingkat beban kerja, dan tingkat kelelahan pekerja. Oktavia, dkk. (2021) melakukan penelitian dengan tujuan mendapatkan tingkat beban kerja fisik, tingkat kelelahan kerja, dan hubungan secara parsial dari keduanya. Variabel penelitian ini adalah beban kerja fisik dan tingkat kelelahan kerja yang dialami karyawan di PT. XYZ.

2.9 Posisi Penelitian

Posisi penelitian yang dilakukan terdahulu dan posisi penelitian yang dilakukan penulis mengenai perbaikan sistem kerja disajikan pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Posisi Penelitian

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Pendekatan/Metode					Subjek Penelitian	
			MEAD	Antropometri	Simulasi	%HR Reserve	%CVL		IFRC
1.	Tangahu, dkk.	Desain Sistem Kerja Mesin Pemipih Jagung yang Ergonomi untuk Meningkatkan Produktivitas	✓	✓					Pekerja bagian produksi emping jagung di Kelompok Wanita Tani (KWT) Tri Manunggal
2.	Ristyowati & Wibawa	Perancangan Sistem Kerja untuk Meningkatkan Hasil Produksi Melalui Pendekatan <i>Macroergonomic Analysis and Design</i> di Sentra Industri Batik Ayu Arimbi Sleman	✓	✓					Pengrajin batik di Sentra Industri Batik Ayu Arimbi Sleman
3.	Pradini, dkk.	Perbaikan Sistem Kerja dengan Pendekatan <i>Macroergonomic Analysis and Design</i> (MEAD) untuk Meningkatkan Produktifitas Pekerja (Studi Kasus di UD Majid Jaya, Sarang, Rembang, Jawa Tengah)	✓			✓	✓		Pekerja bagian produksi di UD Majid Jaya
4.	Sari, dkk.	Pengaruh Lingkungan Kerja Fisik Terhadap Produktivitas dengan Pendekatan Ergonomi Makro (Studi Kasus di PT. Murakabi Jaya Mandiri)			✓				Pekerja bagian produksi di PT. Murakabi Jaya Mandiri
5.	Zein	Analisis Perbaikan Sistem Kerja Menggunakan <i>Macroergonomic Analysis and Design</i> (MEAD) di PTPN IV PKS Gunung Bayu	✓				✓		Pekerja bagian produksi <i>Crude Palm Oil</i> di PTPN IV PKS Gunung Bayu

Tabel 2.6 Posisi Penelitian (Lanjutan)

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Pendekatan/Metode					Subjek Penelitian	
			MEAD	Antropometri	Simulasi	%HR Reserve	%CVL		IFRC
6.	Septio	Analisis Tingkat Kebisingan, Beban Kerja dan Kelelahan Kerja Bagian Weaving di PT. Wonorejo Makmur Abadi Sebagai Dasar untuk Perbaikan Proses Produksi					✓	✓	Pekerja bagian <i>Weaving</i> PT. Wonorejo Makmur Abadi
7.	Oktavia, dkk. (2021)	Pengukuran Beban Kerja Fisik dan Tingkat Kelelahan Karyawan PT. XYZ Menggunakan Metode CVL dan IFRC					✓	✓	Karyawan tetap di PT. XYZ
8.	Ningsih	Usulan Perbaikan Sistem Kerja untuk Mengurangi Beban Kerja Fisik dan Tingkat Kelelahan Berdasarkan Pendekatan <i>Macroergonomic Analysis and Design</i> (MEAD)	✓				✓	✓	Pekerja bagian produksi di PT. XYZ