Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1. Ergonomi

Ergonomi terdiri dari dua suku kata yaitu ***ergos*** dan ***nomos*** yang berasal dari bahasa Yunani. ***Ergos*** yang berarti "kerja" dan ***nomos*** yang berarti "kajian atau hukum". Sehingga ergonomi dapat diartikan dengan singkat kata ialah sebuah kajian atau hukum dalam suatu pekerjaan.

Ergonomi dapat didefinisikan sebagai suatu disiplin yang mengkaji keterbatasan, kelebihan serta karakteristik manusia, dan memanfaatkan informasi tersebut dalam merancang produk, mesin, fasilitas, linkungan, dan bahkan sistem kerja, dengan tujuan utama tercapainya kualitas kerja yang terbaik tanpa mengabaikan aspek kesehatan keselamatan, serta kenyamanan manusia penggunanya. (Hardianto Iridiastadi, 2014).

Ergonomi merupakan kajian interaksi antara manusia dan mesin serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan (Bridger, 2009). Ergonomi merupakan suatu ilmu antar disiplin, yang megkaji interaksi antara manusia dan objek yang mereka gunakan (Pulat,1997)

Ergonomi merupakan aplikasi prinsip-prinsip ilmiah, metode dan data yang diperoleh dari beragam disiplin yang ditujukan dalam pengembangan suatu sistem rekayasa, dimana manusia memiliki peran yang signifikan (Kroemer et al., 2004)

Ergonomi merupakan suatu aktivitas multidisiplin yang diarahkan untuk mengumpulkan informasi tentang kapasitas dan kemampuan manusia, dan memanfaatkannya dalam merancang pekerjaan, produk, tempat kerja dan peralatan kerja (Chengalur et al., 2004).

Ergonomic (or human factors) ir the scientific discipline concered with the understanding of interactions among humans and other elements of system, and the profession that aplies theory, other principles, data and methods to design and order to optimize human well-being and overall system performance (International Ergonomics Association).

Tujuan penerapan ergonomi dapat pula dibuat dalam suatu hierarki (kroemer et al.,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. Tujuan yang lebih tinggi adalah suatu keadaan ketika pekerja dapat menerima kondisi kerja yang ada (*acceptable*), dengan mengingat keterbatasan yang bersifat teknis maupun oraganisatoris. Pada tingkat yang paling tinggi, ergonomi bertujuan untuk menciptakan kondisi kerja yang optimal, yaitu beban dan karakteristik pekerja telah sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan individu pengguna sistem kerja (Hardianto Irisdiastadi., 2014).

Manusia dengan segala sifat dan tingkah lakunya merupakan mahluk yang sangat kompleks. Untuk mempelajari manusia, tidak cukup ditinjau dari satu disiplin ilmu saja. Oleh sebab itulah untuk mengembangkan ergonomi diperlukan dukungan dari berbagai disiplin ilmu, antara lain psikilogi, antropologi, faal kerja atau fisiologi, biologi, sosiologi, perencanaa kerja, fisika dan lain-lain. Masing-masing disiplin tersebut berfusngsi sebagai pemberi informasi. Pada gilirannya, para perancang, dalam hal ini para ahli teknik, bertugas untuk meramu masing masing informasi tersebut, dan menggunakannya sebagai pengetahuan untuk merancang fasilitas kerja sehingga mencapai kegunaan yang optimal (Iftikar Z.Sutalaksana, 2006).

Kemampuan untuk dapat membentuk atau menciptakan tatanan sistem kerja yang baik merupakan kebutuhan utama dalam suatu kegiatan, yaitu mencari satu sistem

kerja yang baik dari yang lainnya, karena dari alternatif cara-cara kerja yang baiklah diadakan pemiliha tersebut dan bukan dari cara-cara yang dibentuk dengan sembarangan. Mendapatkan sistem kerja yang lebih baik dari sistem kerja yang telah ada atau memilih salah satu sistem kerja dari beberapa sistem kerja yang diajukan merupakan salah satu hal yang ingin dicapai dengan mempelajari Perancangan Sistem Kerja. Untuk dapat merancang sistem kerja yang baik, perancangannya harus dapat mengenali dan mengatur faktor-faktor yang membentuk suatu sistem kerja. Faktor-faktor tersebut bila dilihat dalam kelompok besarnya terdiri atas pekerja, mesin, dan peralatan serta lingkungannya (Iftikar Z. Sutalaksana, 2006).

2.1.1. Anthropometri

Anthropometri yaitu bidang yang mengkaji dimensi fisik tubuh manusia, termasuk usia, tinggi berdiri bobot, panjang jangkauan tangan, tinggi duduk dan lain sebagainya. Data anthropometri banyak dimanfaatkan dalam perancangan produk, peralatan, serta tempat kerja (Iftikar Z. Sutalaksana,2006).

Iftikar Z. Sutalaksana,2006, dalam bukunya mengungkapkan, data-data dari hasil pengukuran dalam keadaan statis maupun dinamis, disebut data anthropometri. Data ini digunakan sebagai data untuk perancangan peralatan dan objek-objek lain yang berinteraksi dengan pekerja. Mengingat keadaan dan ciri fisik manusia dipengaruhi oleh banyak faktor sehingga berbeda satu sama lainnya, maka terdapat tiga prinsip dalam pemakaian data tersebut, yaitu: perancangan fasilitas berdasarkan individu ekstrim, perancangan fasilitas yang bisa disesuaikan, dan perancangan individual.

A. Perancangan berdasarkan individu yang ekstrim

   Prinsip ini digunakan apabila kita mengharapkan agar fasilitas yang dirancang tersebut dapat dipakai dengan enak dan nyaman oleh sebagian besar orang yang akan memakainya (Biasanya minimal oleh 95% pemakai).

B. Perancangan fasilitas yang bisa disesuaikan

Prinsip ini digunakan untuk merancang objek agar objek dapat menampung atau bisa dipakaidengan enak dan nyaman oleh semua pengguna potensial. Kursi pengemudi mobil yang bisa diatu maju mundur dan kemiringan sandarannya sera tinggi kursi sekertaris dan tinggi permukaan mejanya yang dapat dinaik turunkan, merupakan contoh-contoh dari pemakaian prinsip ini dalam praktik.

C. Perancangan individual

Prinsip ini hanya digunakan apabila objek yang bersangkutan khusus dirancang bagi satu individu tertentu. Berarti ukuran bagian-bagian objek dibuat tepat untuk tubuh "pemesanannya". Memang, biasanya ini adalah untuk pemakai khusus seperti orang yang berukuran tubuh ekstrim: amat gemuk, sangat tinggi, dan sebagainya. Begitu pula produk-produk bagi penderita cacat tubuh.

Data anthropometri sangat berguna dalam perancangang produk, tidak ayalnya untuk perancangan mesin dan menentukan ukuran material yang berpengaruh terhadap kondisi fisik manusia. Karena material adalah segala sesuatu yang mempunyai massa dan menempati ruangan, begitupun juga dengan mesin.

Bisuk Siahaan, 2000, mengungkapkan bahwa pada tahun 1948 diterima mesin perkakas dari jepang sebanyak 1.637 buah diantaranya ada yang diteruskan ke Negeri Belanda dan sisanya untuk Indonesia, 43% untuk keperluan pemerintah dan 57% untuk perusahaan swasta. Pemerintah memperoleh jatah sebanyak 674 mesin dibagikan kepada jawatan pelabuhan, Angkatan Darat dan Angkatan Laut. Pembagian mesin untuk swasta diatur sebagai berikut:

Industri permesinan : 200 mesin
Perusahaan lain-lain : 517 mesin
Perusahaan perkebunan : 167 mesin
Deli Spoorweg Mij : 9 Mesin
Jumlah : 893 mesin.

Bila suatu alat dapat dirancang memiliki beberapa kegunaan dalam pemakaiannya, diharapkan alat tersebut akan mengakibatkan peningkatan efisiensi dalam bekerja. Dengan pemakaian alat yang mempunyai lebih dari satu kegunaan, diharapkan proses mengambil alat yang lain dalam suatu pekerjaan dapan ditiadakan karena pekerjaan tersebut dapat pula dikerjakan oleh alat yang sedang dipakai. Iftikar .Z. Sutalaksana, 2006. Selain itu Iftikar juga menjelaskan dalam bukunya tentang manusia-mesin, yaitu kombinasi antara satu atau beberapa manusia dengan satu atau beberapa "Mesin" dan salah satu mesin dengan lainnya saling berinteraksi untuk menghasilkan keluaran-keluaran berdasarkan masukan-masukanyang diperoleh. "Mesin" dalam hal ini mempunyai arti yang luas, yaitu mencakup semua objek fisik seperti peralatan perlengkapan, fasilitas, dan benda-benda yang bisa digunakan oleh manusia dalam melaksanakan kegiatannya.

Tabel 2.1. Perbandingan Kemampuan Antara Manusia dan Mesin Konvensional

No	Masalah	Manusia	Mesin
1	Kecepatan	Lambat	Sangat cepat
2	Tenaga	Kira-kira 2 daya kuda (DK) untuk 10deti, 0,5DK untuk beberapa detik, dan 0,2DK untuk pekerjaan terus menerus sehari.	Dapat diatur dengan baik: bisa besar dan tetap.
3	Keseragaman	Tidak dapat diandalkan, perlu dimonitor dengan mesin.	Cocok untuk pekerjaan-pekerjaan rutin, berulang dan perlu ketepatan**
4	Kegiatan kompleks	Satu saluran	Banya ksaluran
5	Ingatan	Bisa mengingat berbagai hal, dengan pendekatan dariberbagai sudut baik untuk menentukan dasar-dasar pikiran maupun strategi.	Baik untuk memproduksi sesuatu yang sudah ditentukan dan bisa menyimpan ingatan dalam jangka pendek.
6	Berpikir	Induktif baik	Deduktif baik
7	Hitung-menghitung	Lambat dan sangat mungkin melakukan kesalahan, tetapi cukup memiliki kemampuan untuk mengoreksi.	Cepat dan tepat, tapi tidak memiliki kemampuan untuk koreksi**
8	Kemampuan mengindera	-Menerima rangsangan dari	-Dapat menjadi indra tambahan seperti

		berbagai energi dan kemudian mengolahnya bersama-sama untuk kemudian memberikan reaksi. -Dipengaruhi oleh kondisi lingkungan(suhu, kelembabab, getaran, dll) yang melampaui batas.	kemampuan menangkap gelombang. -Dapat dibuat tidak peka terhadap rangsangan-rangsangan luar
9	Reaksi terhadap beban yang berlebihan.	Degradasi	Kerusakan tiba-tiba
10	Kepintaran	Dapat menyesuaikan sesuatu yang tak terduga atau tak dapat diduga. Dapat meramal, mengintepolasi dan ekstrapolasi serta membuat keputusan.	Tidak ada, hanya bisa memutuskan iya atau tidak**
11	Kecakapan manipulasi	Sangat besar	Khusus

Data *anthropometri* akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang memakai produk tersebut, dalam hal ini perancangan peralatan kerja ini harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dan populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangan tersebut.

Rancangan suatu peralatan kerja harus sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengoperasikannya. Untuk kepentingan tersebut, maka perlu diperhatikan prinsip-prinsip yang perlu diambil dalam mengaplikasikan data *anthropometri* tersebut, yaitu:

a. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim Disini rancangan produk dibuat supaya memenuhi dua sasaran produk, yaitu:
   - Bisa sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau terlalu kecil bila dibandingkan dengan rata-ratanya.

- ♦ Tetap bisa digunakan untuk ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).

Kedua Kedua hal diatas dapat diaplikasikan dengan cara:

a) Rancangan peralatan kerja untuk dimensi maksimum didasarkan pada nilai persentil terbesar, seperti 90,95,99.
b) Rancangan peralatan kerja untuk dimensi minimum didasarkan pada nilai persentil terkecil,seperti 1,5 dan 10.

Pada umumnya perancangan peralatan dan fasilitas kerja akan menetapkan nilai persentil 95 untuk dimensi maksimum dan persentil 5 untuk dimensi minimum.

b. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu. Disni rancangan bisa diubah-ubah ukurannya sehingga cukup fleksibel untuk dioperasikan oleh setiap orang, contoh yang umum dijumpai adalah kursi mobil yang bisa digeser maju mundur dan sudut sandaran yang bisa diubah-ubah.

c. Prinsip perancangan dengan ukuran rata-rata
   prinsip perancangan ini berkaitan dengan langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pengolahan data *anthropometri* untuk perancangan peralatan kerja.

2.1.2. Biomekanika Kerja

Biomekanika kerja yaitu suatu bidang yang memfokuskan pada proses mekanika (gaya, momen, kecepatan, percepatan serta tekanan) yang terjadi pada tubuh manusia, terkait dengan aktifitas fisik yang dilakukan pekerja. Contoh penerapan biomekanika ialah dalam penentuan bobot beban maksimal yang boleh diangkut oleh seseorang, dengan meminimalkan risiko cedera pada tulang belakang, atau dalam memahami bagaimana proses terpeleset atau terjatuh dapat terjadi (Hardianto., 2014).

.

Fisiologi kerja, yaitu bidang ergonomi yang mengkaji respon fungsi-fungsi tubuh (misalnya sistem kardiovaskular), yang terjadi saat bekerja. Aplikasinya dapat berupa penentuan besar beban kerja (energi yang dikeluarkan) bila dibandingkan dengan kemampuan metabolik pekerja (misalnya kapasitas aerobik maksimal), serta penentuan jadwal kerja istirahat optimal yang meminimalkan stress dan kelelahan (Hardianto., 2014).

Hardianto Iridiastadi, 2014 dalam bukunya mengungkapkan salah satu prinsip dasar ergonomi dalam perancangan adalah *human centered design.* Maksudnya adalah suatu rancangan hendaknya memperhatikan faktor manusia sebagai pengguna yang mempunyai berbagai keterbatasan secara individu. Selain itu, manusia sebagai pengguan juga memiliki fariasai antar individu. Aspek dimensi fisik merupakan salah satu hal mendasar yang harus dipertimbangkan dalam perancangan untuk mendapatkan produk yang ergonomis. Bagaimana kita dapat berjalan dengan baik jika menggunakan sepatu yang terlalu besar atau terlalu kecil? Bagaimana suatu palu atau gunting dapat dipakai dengan aman untuk bekerja jika pegangannya tidak pas dengan genggaman penggunanya? Dengan memperhatikan aspek karakteristik pengguna maka kenyamanan, kepuasan, keselamatan kerja, dan tingkat produktifitas dapat diperbaiki. Disinilah peran utama keilmuan ergonomi.

Manusia memiliki dimensi fisik yang beraneka ragam. Coba perhatikan keragaman manusia disuatu kelas. Satu sampel kelas mahasiswa di ITB bandungdengan jumlah 120 orang, misalnya, mempunyai tinggi badan yang berkisa antara 148-178cm denga bobot badan antara 42-103Kg, ketika berdiri, tinggi jangkawan tangan ke atas mereka berkisar antara 180-231cm. Variasai fisik seperti ini juga terlihat ditempat kerja. Dalam lingkup populasi yang besar, variasi ini akan semakin terlihat karena adanya perbedaan usia, ras dan etnis, misalnya populasi disuatu propinsin atau bahkan populasi suatu negara. Hardianto Iridiastadi, 2014.

Francis D.K. Ching, 2011, dalam bukunya menyatakan, ada perbedaan antara dimensi struktur tubuh kita dan persyaratan dimensi yang dihasilkan dari cara kita menggapai sesuatu di rak, duduk di meja, menuruni serangkaian anak tangga, atau berinteraksi dengan orang lain. Sebagian besar orang akan mengalami kisaran fisik dan kemampuan yang berbeda-beda ketika mereka tumbuh dan bertambah tua serta adanya perubahan berat, tinggi dan kebugaran fisik. Perubahan dari waktu ke waktu ini memengaruhi kesesuaian lingkungan interior dengan pengguna atau kemampuan lingkungan itu mengakomodasi penggunanya.

Menurut Hardianto Iridiastadi, 2014: Survei keluhan otot rangka ditujukan untuk mendapatkan umpan balik langsung dari pekerja tentang keluhan-keluhan yang dirasakan berkaitan dengan pekerjaan yang dilakukan. Biasanya, umpan balik tersebut berisi keluhan yang dirasakan dalam setahun terakhir. Survei dapat dilakukan dengan wawancara atau kuisioner dengan menanyakan secara umum bentuk dan tingkat keluhan yang diraskan atau spesifik untuk setiap anggota tubuh, mulai dari leher hingga kaki. Survei seperti ini merupakan salah satu langkah utama dalam evaluasi ergonomi sistem kerja dan harus menjadi program tahunan dalam monitoring aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada perusahaan, dengan penekanan pada aspek kesehatan kerja. Hasil survei dapat digunakan sebagai dasar untuk hal-hal berikut:

1. Indikasi awal untuk menentukan pekerjaan yang tidak erginomis. Jika beberapa pekerja di area yang sama menyampaikan keluhan yang juga sama, misalnya nyeri pada punggung ketika bekerja, maka hal ini menunjukan indikasi awal bahwa indikasi tersebut tidak ergonomis. Artinya, keluhan tersebut mungkin berkaitan dengan faktor pekerjaan bukan faktor diluar pekerjaan.
2. Memilih unit kerja yang menjadi prioritas studi ergonomi. Unit kerja yang memiliki yang memiliki keluhan paaling banyak berdasarkan hasil survei keluhan otot rangka harus lebih dipriorotas untuk mendapatkan intervensi ergonomi dari unit kerja yang memiliki keluhan lebih sedikit.

3. Mengetahui secara umum tingkat permaslahan ergonomi di suatu perusahaan. Semakin banyak keluhan yang ditunjukan oleh hasil survei keluhan otot rangka menunjukan bahwa permasalahn ergonomi juga semakin besar.
4. Indikator keberhasilan ergonomi. Survei keluhan sebaiknya dilakukan setiap tahun. Hasil survei dapat digunakan sebagai tolak ukur keberhasilan ergonomi dalam melakukan kualitas kerja disuatu perusahaan. Diharapkan setiap tahun terjadi penurunan tingkat keluhan otot rangka, yang menandakan semakin ergonomisnya sistem kerja yang ada.
5. Langkah antisipasi dalam meminisasi resiko kelainan pada otot rangka (MSDs). Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa MSDs dimulai dari adanya keluhan nyeri dari pekerja. Keluhan seperti ini harus ditindaklanjuti dengan melakukan perbaikan cara dan alat kerja sesuai prinsip ergonomi. Jika dibiarkan, maka keluhan tersebut akan semakin parah dan dapat mengakibatkan kelainan dalam morfologi dan fungsional pada sistem otot rangka.

1. Koesioner NORDIC

Salah satu kuisioner yang sering digunakan diindustri adalah kuisioner NORDIC (Kurorinka dkk.1987), yang kemudian dapat dimodifikasi seperti pada yang mungkin dikeluhkan oleh pekerja mulai dari leher hingga pergelangan kaki, yang dibagi atas sembilan area, yaitu leher, bahu, punggung atas, punggung bawah, siku, tangan/pergelangan tangan, paha, lutut dan telapak kaki/pergelangan kaki. Kuesioner ini juga mampu menggambarkan persepsi pekerja apakah keluhan yang dirasak dengan pekerjaan atau tidak. Pada pengisiannya, sebaiknya pekerja tidak diminta untuk menulisakan nama agar mereka maumengisi dengan jujur. Namun, pengisiannya dilengkapi dengan pertanyaan umum yang melingkupi usia, jenis kelamin, tinggi tubuh, bobot badan, tangan yang dominan (Kanan atau kiri), lama menangani pekerjaan saat ini (tahun dan bulan), lama jam kerja seminggu, serta nama unit kerja. Kelengkapan pertanyaan tersebut akan bermanfaat dalam menganalisis untuk menjawab beberapa pertanyaan berikut:

1. apakah terdapat usia tertentu yang mengalami keluhan yang lebih tinggi? Pada bagian tubuh yang mana. Dapatkah dikaitkan dengan unit pekerjaannya?.
2. Apakah terdapat tingkat keluhan yang signifikan antara responden laki-laki dengan perempuan? Pada bagian anggota tubuh yang mana? Dapatkah dikaitkan dengan unit kerjanya?.
3. Apakah terdapat faktor tinggi tubuh, bobot badan, dan tangan yang dominan yang mengakibatkan perbedaan yang signifikan dalam tingkat keluhan? Pada anggota tubuh yang mana? Dapatkah dikaitkan dengan unit kerjanya?.
4. Apakah terdapat perbedaan tingkat keluhan yang signifikan antara pekerja yang lama dan baru? Pada bagian anggota tubuh yang mana? Dapatkah dikaitkan dengan unit kerjanya?.
5. Apakah faktor lama jam kerja mengkibatkan tingkat keluhan? Pada bagiananggota tubuh yang mana? Dapatkah dikaitkan dengan unit kerjanya?
6. Unit kerja mana yang memiliki tingkat keluhan yang paling tingggi? Keluhan tersebut pada bagian angota tubuh yang mana?

Perhitungan sebagai pertimbangan terhadap keluhan yang dirasakan ialah, jumlah orang yang mengalami keluhan dibagi dengan jumlah seluruh operatora dikali jumlah hari penelitian dan dikali 100%. Makan persentesae akan diperoleh sebagai bahan pertimbangan untuk perbaikan. Sebagai contoh dalam 5 operator terdapat 2 operator yang mengalami sakit pada leher, dan penelitian dilakukan dalam satu hari maka: (2/(5x1))x100% hasilnya ialah 40% operator mengalami keluhan pada leher.

Iftikar Z. Sutalaksana,2006, menulis dalam bukunya tentang proses terjadinya kelelahan. Ada banyak definisi kelelahan, tetapi secara garis besar dapat dikatakan bahwa kelelahan merupakan suatu pola yang timbul pada suatu keadaan, yang secara umum terjadi pada setiap individu yang sudah tidak sanggup lagi melakukan aktivitasnya. Pada dasarnya pola ini ditimbulkan oleh dua hal, yaitu kelelahan fisiologis (fisik atau kimia) dan kelelahan psikologis (mental atau fungsional). Disisi lain dapat bersifat objektif (Dapat dilihat pada akibat-akibatnya

dalam berbagai kinerjanya) dan dapat bersifat subjektif (akibat perubahan dalam kesadaran dan perasaan).

2. RULA (*Rapid Upper Limb Assesment*)

RULA (*Rapid Upper Limb Assesment*) adalah sebuah metode survei yang dikembangkan untuk kegunaan investigasi ergonomi pada tempat kerja dimana penyakit otot-rangka pada tubuh bagian atas yang terkait kerja teridentifikasi (McAtamney dan Corlett, 1993). RULA ini merupakan bantuan khusus dalam memenuhi kebutuhan pengukuran oleh *European Community Directive* (ECD) pada kebutuhan keselamatan dan kesehatan minimum untuk pekerjaan menggunakan perlengkapan layar *display* dan UK *Guidelines on the prevention of work-related upper limb disorders*.

RULA yang dikembangkan oleh McAtamney dan Corlett (1993) ini telah diuji kevalidan dan keandalannya. Sebagian pengembangan RULA ini sendiri mengambil tempat di industri pembuatan garmen, dimana pengukuran dilakukan pada pekerja yang mengerjakan pekerjaan menggunting sambil berdiri pada sebuah kotak pengguntingan, permesinan menggunakan salah satu mesin jahit dan pengepakan.

RULA juga dikembangkan melalui evaluasi mengenai postur yang diadopsi oleh pekerja, tenaga yang dibutuhkan serta gerak otot baik oleh operator display terminal maupun operator yang bekerja dalam berbagai tugas manufaktur dimana resiko yang terkait dengan kelainan otot-rangka pada tubuh bagian atas yang mungkin ada.

Metode ini menggunakan diagram-diagram dari postur tubuh dan tabel-tabel penilaian untuk menyediakan evaluasi paparan faktor-faktor resiko. Faktor-faktor resiko yang dijelaskan merupakan faktor beban dari eksternal, yaitu:
Jumlah gerakan.

- Pekerjaan dengan otot statis.
- Tenaga.
- Postur kerja yang ditentukan oleh perlengkapan.
- Waktu kerja tanpa istirahat.

McAtamney dan Corlett, 1993, Dalam usaha untuk 4 penilaian faktor beban eksternal (jumlah gerakan, kerja otot statis, tenaga atau kekuatan, dan postur), RULA dikembangkan untuk

1. Memberikan sebuah metode penyaringan suatu populasi kerja dengan cepat, yang berhubungan dengan kerja yang beresiko yang menyebabkan gangguan pada anggota badan bagian atas.
2. Mengidentifikasi usaha otot yang berhubungan dengan postur kerja, penggunaan tenaga dan kerja berulang-ulang, yang dapat menimbulkan kelelahan (*fatigue*) otot.
3. Memberikan hasil yang dapat digabungkan dengan sebuah metode penilaian ergonomi, fisik, mental, lingkungan dan faktor organisasi.

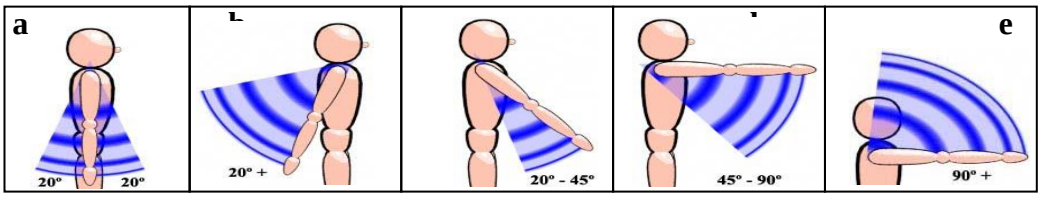
Pengembangan RULA terdiri atas tiga tahapan, yaitu

▪ **Tahap 1: Pengembangan Metode untuk Merekam Postur Kerja**

Dalam mempermudah menghasilkan metode yang cepat untuk digunakan, maka tubuh dibagi atas 2 segmen grup, yaitu grup A dan grup B. Grup A terdiri dari atas lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*) dan pergelangan tangan (*wrist*). Sedangkan grup B terdiri dari leher (*neck*), punggung (*trunk*) dan kaki (*legs*).

- **Grup A**

1. Lengan Atas (*upper arm*)



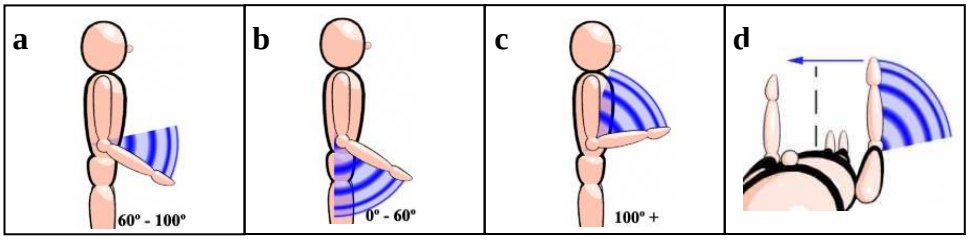
Gambar 2.1 Postur Tubuh Bagian Lengan Atas Bagian Kanan

Pemberian skor untuk postur lengan atas adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2. Skor Bagian Lengan Atas

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
20^0 (ke depan maupun ke belakang dari tubuh)	1	+1 jika bahu naik +1 jika lengan berputar atau bengkok -1 jika operator dapat bersandar atau berat lengan dapat disokong
$>20^0$ (ke belakang) atau $20\text{-}45^0$ (ke depan)	2	
$45^0\text{-}90^0$ (ke depan)	3	
$>90^0$ (ke depan)	4	

2. Lengan Bawah (*lower arm*)



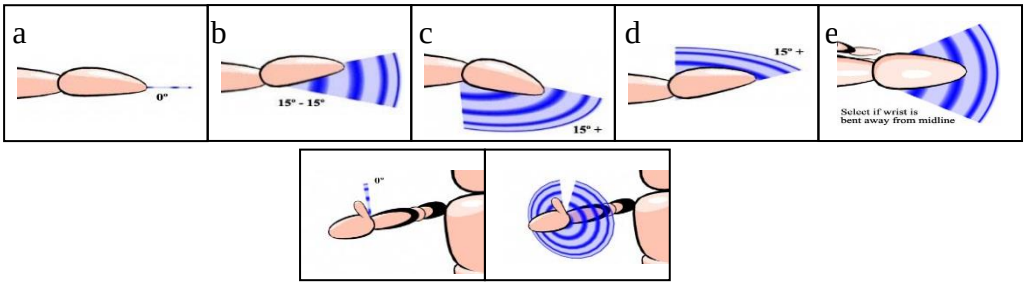
Gambar 2.2. Postur Tubuh Bagian Lengan Bawah Bagian Kanan

Penilaian postur lengan bawah adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3. Skor Bagian Lengan Bawah

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
$60^0\text{-}100^0$ (ke depan)	1	+1 jika lengan bawah bekerja melewati garis tengah atau keluar dari sisi tubuh
$<60^0$ atau $>100^0$ (ke depan)	2	

1. Pergelangan Tangan (*wrist*)



Gambar 2.3. Postur Pergelangan Tangan Kanan

Penilaian postur pergelangan tangan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4. Skor Bagian Pergelangan Tangan

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Netral	1	+1 jika pergelangan tangan menjauhi sisi tengah (bengkok ke kanan atau ke kiri)
0^0-15^0 (ke atas dan ke bawah)	2	
>15^0 (ke atas dan ke bawah)	3	

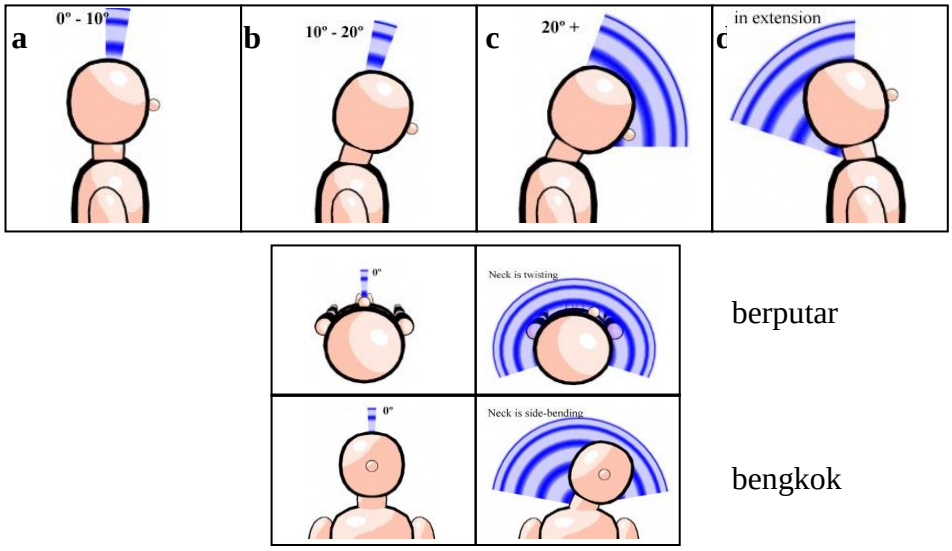
Untuk putaran pergelangan tangan (*wrist twist*) pada posisi postur yang netral diberi skor :

1 = posisi tengah dari putaran.

2 = posisi pada atau dekat dari putaran.

- **Grup B**

1. Leher (*neck*)



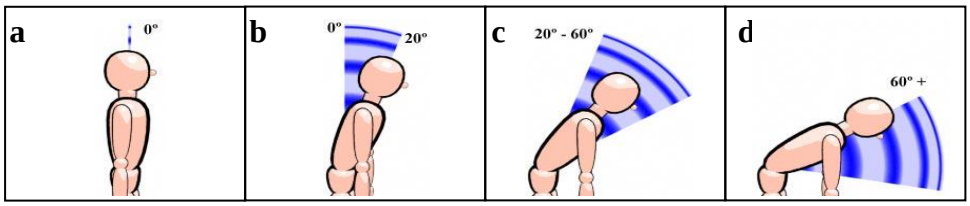
Gambar 2.4. Postur Tubuh Leher

Penilaian postur leher adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5. Skor Bagian Leher

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
0^0-10^0 (ke depan)	1	+1 jika leher berputar +1 jika leher bengkok
10^0-20^0 (ke depan)	2	
>20^0 (ke depan)	3	
Ekstensi (ke belakang)	4	

2. Batang Tubuh (*trunk*)



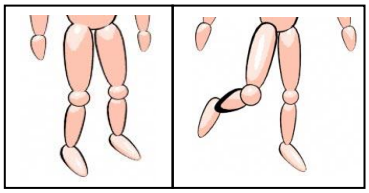
Gambar 2.5. Postur Batang Tubuh

Penilaian postur batang tubuh adalah sebagai berikut:

Tabel 2.6. Skor Bagian Batang Tubuh

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Duduk dengan sudut antara paha dan batang tubuh 90^0 atau lebih	1	+1 jika batang tubuh berputar + jika batang tubuh bengkok/bungkuk
0^0-20^0 (ke depan)	2	
20^0-60^0 (ke depan)	3	
>60^0(ke depan)	4	

2. Kaki (*legs*)



Gambar 2.6. Postur Kaki

Penilaian postur kaki adalah sebagai berikut:

Tabel 2.7. Skor Bagian Kaki

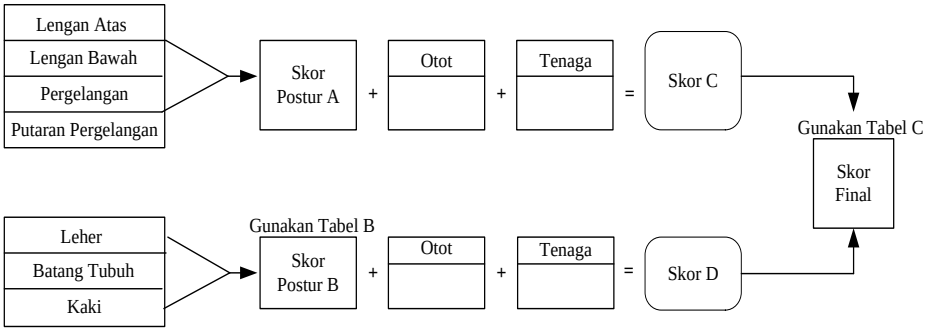
Pergerakan	Skor
Kaki dan telapak kaki disokong dengan baik saat duduk dan beban seimbang	1
Berdiri dengan beban tubuh terdistribusi seimbang pada dua kaki, dengan ruang untuk perubahan posisi	1
Kaki tidak disokong dan beban tidak terdistribusi seimbang	2

- **Menyimpan Skor Postur**

Pengukuran dimulai mengobservasi operator selama beberapa siklus kerja untuk memilih tugas dan postur untuk pengukuran. Pemilihan mungkin dilakukan pada postur yang dipertahankan dengan persentase besar dalam satu siklus kerja atau postur dengan beban terberat. Karena RULA dapat diselesaikan dengan cepat, sebuah pengukuran dapat diterapkan pada masing-masing postur dalam siklus kerja. Ketika menggunakan RULA, hanya sisi kanan atau sisi kiri yang diukur dalam sekali waktu. Setelah mengobservasi operator, mungkin akan jadi tampak nyata bahwa hanya satu lengan yang dibebani.

Bagaimanapun, jika hal tersebut tidak dapat disimpulkan, observer dapat mengukur kedua sisi. Menggunakan panduan gambar untuk masing-masing bagian badan, observer menyimpan skor postur untuk lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan dan putaran pergelangan tangan pada kotak A bagian kiri dari lembar penilaian **(**gambar 2.3.). Hampir sama, menggunakan panduan gambar masing-masing bagian badan terkait, skor postur untuk leher batang tubuh dan kaki dikalkulasi dan disimpan pada kotak B pada lembar penilaian.

Tingkat kedetilan yang dibutuhkan dalam RULA dipilih untuk menyediakan informasi yang cukup agar rekomendasi awal dapat dibuat, tapi juga supaya cukup singkat untuk dapat diadministrasi secara cepat piranti penyaringan awal *(initial screening*). Keseimbangan dari tingkat kedetilan dibahas dan dikembangkan beberapa lama dengan asistensi dari empat orang ahli ergonomi dan seorang fisioterapis kerja.



Gambar 2.7. Lembar Penilaian RULA

Untuk menyediakan piranti awal (*initial screening*) yang cepat teradministrasi, beberapa detil dikeluarkan dari metode RULA dan dapat dipertimbangkan pada pengembangan lebih jauh. Yang paling dapat diperhatikan pengukuran postur jari dan ibu jari mungkin diperlukan pada beberapa investigasi dimana paparan faktor resiko sangat tinggi untuk digit ini. RULA tidak memasukkan detil seperti tersebut, meskipun tenaga yang dikeluarkan oleh jari dan ibu jari terekam sebagai bagian dari prosedur pengukuran.

- **Tahap 2: Pengembangan Sistem Pengelompokan Skor Bagian Tubuh**

Sebuah skor tunggal diperlukan dari masing-masing grup (grup A dan grup B) yang akan memrepresentasikan tingkat pembebanan postur dari sistem muskuloskeletal yang diakibatkan kombinasi postur-postur bagian tubuh. Langkah pertama dalam membangun sistem seperti itu adalah untuk meranking masing-masing kombinasi postur dari pembebanan terkecil hingga terbesar berdasarkan kriteria fungsi biomekanis dan fungsi otot. Proses ini dilakukan oleh dua ahli muskuloskeletal dan seorang fisioterapis kerja. Masing-masing merangking postur-postur dalam skala 1 sampai 9. Skor 1 didefinisikan sebagai postur dimana pembebanan muskuloskeletal adalah minimum atau terkecil. Dimana perbedaan skor muncul, beban pada sistem muskuloskeletal tersebut kemudian dibahas dan sebuah skor disepakati. Ini menghasilkan tabel yang berisi skor postur bagian tubuh yang terkonsolidasi dan disebut skor postur A dan skor postur B.

Langkah selanjutnya adalah mengobservasi rekaman video. Kemudian postur-postur yang terekam dalam *video-tape* dilihat ulang dengan memperhatikan skornya, yakni supaya tingkat pembebanan muskuloskeletal dapat dibandingkan untuk masing-masing postur untuk mengungkap penilaian yang tidak konsisten. Ketidak-konsistenan yang ditemukan kemudian dibahas dan beberapa perbaikan pada skor kemudian dibuat. Dari proses ini, tabel-rabel dikembangkan untuk grup A dan grup B yang dinamai tabel A dan tabel B dan disajikan di bawah. Ketika skor postur untuk masing-masing bagian badan direkam pada kolom kotak A dan B pada gambar 2.10., mereka akan digunakan di tabel 2.7. dan 2.8. untuk

menemukan skor kombinasi yang disebut sebagai skor A dan skor B. Hal ini biasa dilakukan setelah survei diselesaikan.

Tabel 2.8. Tabel A Dimana Skor Postur Individual untuk Bagian Tubuh dalam Grup A Dimasukkan untuk Memperoleh Skor Postur A

Lengan Atas	**Lengan Bawah**	**Skor Postur Pergelangan**							
		1		**2**		**3**		**4**	
		Pp		**Pp**		**Pp**		**pp**	
		1	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	1	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Keterangan: pp = putaran pergelangan.

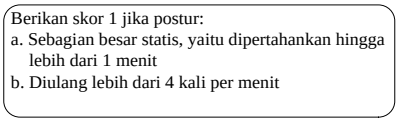
Tabel 2.9. Tabel B Dimana Skor Postur Individual untuk Bagian Tubuh dalam Grup B Dimasukkan untuk Memperoleh Skor Postur B

Skor Postur Leher	**Skor Postur Batang Tubuh**											
	1		**2**		**3**		**4**		**5**		**6**	
	kaki		**Kaki**		**kaki**		**Kaki**		**kaki**		**kaki**	
	1	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

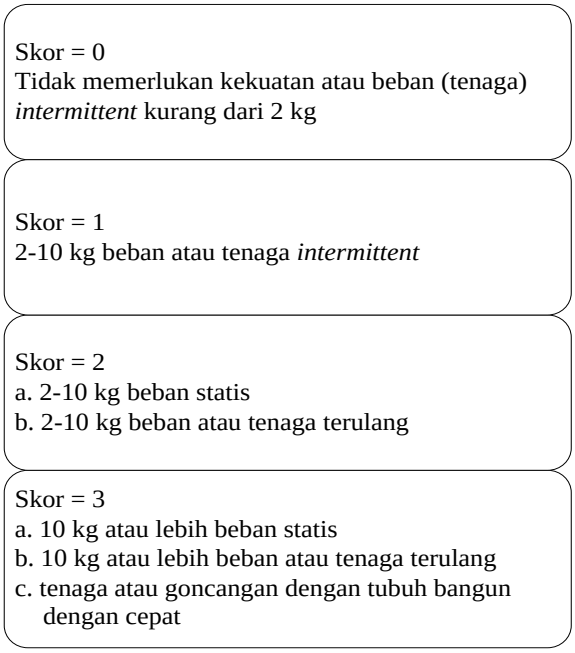
Skor Penggunaan Otot dan Tenaga

Sebuah sistem penilaian dikembangkan untuk memasukkan beban tambahan pada sistem muskuloskeletal yang diakibatkan oleh kerja otot statis, gerakan repetitif dan kebutuhan untuk mengerahkan tenaga atau memelihara sebuah beban

eksternal sambil bekerja. Skor-skor ini dihitung untuk masing-masing grup (A dan B) dan disimpan dalam kotak yang berpadanan pada lembar penilaian. Setelah skor A dan B dihitung dari tabel 1 dan tabel 2, skor penggunaan otot dan tenaga ditambahkan seperti ditunjukkan di bawah ini (lihat gambar 2.11. dan 2.12.):



Gambar 2.8. Skor Penggunaan Otot yang Ditambahkan pada Skor Postur A dan B



Gambar 2.9. Skor Tenaga dan Beban yang Ditambahkan pada Skor Postur A dan B

Penaksiran besar pembebanan statis atau tenaga yang dikerahkan yang akan menyebabkan kelelahan (*fatigue)* dan kerusakan jaringan bergantung kepada waktu di saat operator (pekerja) terkena paparan faktor resiko. RULA menyediakan sistem *rating* yang sederhana dan konservatif untuk digunakan sebagai panduan untuk mengindikasi apakah faktor resiko-faktor resiko memang ada. Ini akan menjadi fungsi dari pengukuran lebih lanjut yang lebih detil untuk membangun perluasan dan pengaruh pada kebaikan dan kerja dari operator.

Pada beberapa tahun sebelum metode ini dikembangkan, studi-studi telah menunjukkan bahwa tingkat pembebanan statis yang sangat rendah terhubung dengan kelelahan otot. Björkstén dan Jonsson (1977) telah menunjukkan bahwa

kerja otot statis yang dipertahankan hingga lebih dari satu jam sebaiknya tidak melebihi 5-6% dari *maximal voluntary contraction* (MVC). Jonsson (1982) lebih jauh menyarankan bahwa pembebanan statis dapat diterima hanya jika pembebanan tersebut lebih rendah dari 2% MVC ketika dipertahankan untuk pekerjaan sehari penuh. Grandjean (1988) mengkuantifikasi pembebanan statis dalam tiga kategori berhubungan dengan tenaga yang dibutuhkan. Jika tenaga yang tinggi dikerahkan maka gerakan otot statis sebaiknya kurang dari 10 detik, untuk tenaga yang sedang sebaiknya kurang dari 1 menit dan untuk tenaga yang rendah sebaiknya kurang dari 4 menit. Hal ini digeneralisir dalam metode RULA sehingga skor postur (A dan B) ditambah 1 jika postur terutama statis, yaitu dipertahankan lebih lama dari 1 menit.

Penggunaan otot didefinisikan sebagai repetitif jika gerakan diulangi lebih dari satu menit. Hal ini diakui sebagai definisi umum konservatif dimana resiko mungkin ada; bagaimanapun, pengukuran lebih lanjut diperlukan. Drury (1987) menyediakan pengukuran secara detil akan tingkat repetisi yang dihitung dengan berdasarkan postur yang teradopsi.

Kontribusi gerakan yang bertenaga atau beban penggenggaman, seperti *hand tool*, bergantung pada berat objek, panjang *holding* dan waktu istirahat juga postur kerja yang teradopsi. Jika beban atau tenaga adalah 2 kg atau kurang dan dipertahankan sebentar-sebentar (*intermittently*) maka skor adalah 0. Bagaimanapun, jika beban sebentar-sebentar adalah 2-10 kg maka skor 1 diberikan. Jika beban 2-10 kg statis atau diulangi maka skor adalah 2, skor juga 2 jika bebab *intermittent* tapi melebihi 10 kg. Terakhir, jika beban atau tenaga melebihi 10 kg dialami secara statis atau berulang, maka skor adalah 3. Jika sebuah beban atau tenaga sebesar apapun dialami dengan tubuh bangun yang cepat atau gerkan bergoyang maka skor juga 3. *Range* ini dikembangkan dari Putz-Anderson (1988) dan Stevenson dan Baidya (1987).

Skor penggunaan otot dan tenaga diukur untuk bagian badan grup A dan B dan disimpan pada kotak berpadanan pada lembar penilaian gambar 2.3. Kemudian skor tersebur ditambahkan pada skor postur yang diturunkan dari tabel 2.7. dan 2.8. untuk menghasilkan skor C dan skor D.

- **Tahap 3: Pengembangan Skor Final dan Urutan Tindakan**

Tahap terakhir dari RULA adalah untuk menggabungkan skor C dan skor D menjadi skor final tunggal yang besarnya memberikan panduan untuk menentukan prioritas investigasi yang berurutan. Masing-masing kombinasi yang mungkin dari skor C dan skor D diberi *rating*, disebur skor final (*grand score*), dari 1-7 berdasar pada resiko atau cedera karena pembebanan muskuloskeletal (lihat gambar 2.9.)

Gambar 2.10. Matriks yang Disebut Tabel C Dimana Skor C dan Skor D Dimasukkan Untuk Memperoleh Skor Final

		SKOR D						
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7+**
SKOR C	**1**	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8	5	5	6	7	7	7	7

Untuk skor final 1 atau 2, artinya postur kerja dinilai atau diberi skor 2 atau kurang untuk kedua segmen badan atau tubuh grup A dan B serta skor untuk penggunaan otot dan tenaga adalah 0. Postur kerja dan gerakan yang memiliki skor final 1 atau 2 dianggap dapat diterima jika tidak dipertahankan atau diulang untuk periode yang lama. Skor final 3 atau 4 akan diberikan pada postur kerja yang berada di luar *range* gerakan yang sesuai seperti didefinisikan dalam literatur dan juga postur kerja yang berada di dalam *range* gerakan yang sesuai tapi gerakan repetitif, pembebanan statis atau pengerahan tenaga diperlukan. Investigasi lebih jauh diperlukan untuk operasi ini dan perubahan mungkin diperlukan. Skor final 5 atau 6 mengindikasikan postur kerja yang tidak berada di dalam *range* yang sesuai, operator atau pekerja harus mengerjakan gerakan repetitif atau kerja otot statis dan mungkin ada kebutuhan untuk mengerahkan

tenaga. Disarankan operasi-operasi ini diinvestigasi segera dan perubahan dibuat dalam waktu singkat sambil pengukuran jangka panjang untuk mengurangi tingkat paparan direncanakan. Skor final 7 diberikan pada setiap postur kerja yang berada atau dekat pada luar daerah gerakan dimana gerakan repetitif atau statis diperlukan. Setiap postur dimana tenaga dan pembebanan mungkin berlebih juga termasuk dalam kategori ini. Investigasi dan modifikasi operasi-operasi ini dibutuhkan secepat mungkin untuk mengurangi pembebanan berlebih pada sistem muskuloskeletal dan resiko cedera pada operator. Kebutuhan akan tindakan untuk masing-masing skor final dirangkum dalam Tingkat Tindakan sebagai berikut:

a. Tingkat Tindakan 1

   Skor 1 atau 2 mengindikasikan postur dapat diterima jika tidak dipertahankan atau diulang dalam periode yang lama.

b. Tingkat Tindakan 2

   Skor 3 atau 4 mengindikasikan bahwa investigasi lebih jauh diperlukan dan perubahan mungkin diperlukan.

c. Tingkat Tindakan 3

   Skor 5 atau 6 mengindikasikan bahwa investigasi dan perubahan diperlukan segera.

d. Tingkat Tindakan 4

   Skor 7 mengindikasikan investigasi dan perubahan diperlukan secepat mungkin.

2.1.3. Lingkungan

Human information processing dan ergonomi kognitif, yaitu bidang ergonomi yang mempelajari bagaimana manusia memproses informasi dari lingkungannya, dimulai dari tahap mengindra adanya stimulus dan mempersepsikannya, sampai dengan mengambil keputusan dan melakukan tindakan yang diperlukan. Bidang ini mempelajari proses persepsi, mengingat, pemberian perhatian, serta pengambilan keputusan. Bidang ini sangat bermanfaat, sebagai contoh, dalam memahami bagaimana seorang operator mengartikan data yang diberikan oleh suatu *display*, dalam menentukan moda yang terbaik (lisan, tulisan, atau berupa

gambar), dalam menyampaikan informasi kritis kepada pengguna, atau dalam emnentukan besarnya beban mental seorang operator (Hardianto., 2014).

Lingkunga kerja, yaitu bidang yang mencoba memahami respon manusia terhadap lingkungan fisik kerja, termasuk kebisingan, temperatur pencahayaan, getaran, dan lain sebagainya. Informasi yang diperoleh dari bidang kajian ini dafat dimanfaatkan dalam menentukan, contohnya, penempatan lampu penerangan, lama waktu istirahat, dampak rotasi kerja, serta efek penggunaan alat pelindung diri.

1. Cahaya

Cahaya merupakan pancaran energi yang dapat dievaluasi secara visual. Sebagai bagian dari spektrum radiasi elektro magnetik, cahaya yang secara visual tampak bagi manusia memiliki panjang gelombang berkisar antara 400-700nm, denga spektru warna melingkupi ungu, biru, hijau, kuning dan merah (Berurut dari panjang gelombang yang paling pendek. Spektrum tersebut dibatasi oleh sinar ultraviolet dan infra merah. Hardianto Iridiastadi, 2014

Tabel 2.11. Tingkat Pencahayaan Lingkungan Kerja (KEPMENKES RI. No. 1405/MENKES/SK/XI/02)

JENIS KEGIATAN	TINGKAT PENCAHAYAAN MINIMAL (*LUX*)	KETERANGAN
Pekerjaan kasar dan tidak terus – menerus	**100**	Ruang penyimpanan & ruang peralatan/instalasi yang memerlukan pekerjaan yang kontinyu
Pekerjaan kasar dan terus – menerus	**200**	Pekerjaan dengan mesin dan perakitan kasar
Pekerjaan rutin	**300**	Ruang administrasi, ruang kontrol, pekerjaan mesin & perakitan/penyusun
Pekerjaan agak halus	**500**	Pembuatan gambar atau bekerja dengan mesin kantor, pekerjaan pemeriksaan atau pekerjaan dengan mesin
Pekerjaan halus	**1000**	Pemilihan warna, pemrosesan teksti, pekerjaan mesin halus & perakitan halus
Pekerjaan amat halus	**1500** Tidak menimbulkan bayangan	Mengukir dengan tangan, pemeriksaan pekerjaan mesin dan perakitan yang sangat halus
Pekerjaan terinci	**3000** Tidak menimbulkan bayangan	Pemeriksaan pekerjaan, perakitan sangat halus

Pencahayaan sangat mempengaruhi kemampuan manusia untuk melihat objek secara jelas, cepat, tanpa menimbulkan kesalahan. Kebutuhan akan pencahayaan yang baik akan makin diperlukan apabila kita mengerjakan suatu pekerjaan yang memerlukan ketelitian penglihatan. Pencahayaan yang terlalu suran mengakibatkan mata pekerja makin cepat lelah karena mata akan berusaha untuk bisa melihat, lelahnya mata akan menyebabkan kelelahan mental; lebih jauh lagi keadaan tersebut bisa menimbulkan rusaknya mata karena bisa menyilaukan. Iftikar Z. Sutalaksana, 2006.

Untuk menghitung pencahayaan maka diperlukan suatu alat yang bernama *lux meter*. Alat ini cara kinerjanya ialah dengan mengarahkan sensor cahaya ke ruangan yang akan diketahui tingkat pencahayaannya. Untuk penelitian maka diperlukan data pencahayaan dengan sampel jangka waktu yang ditentukan, misalnya 10 menit sekali atau 20 menit sekali dalam satu hari pekerjaan. Setelah mendapatkan data pencahayaan maka dari sampel tersebut selanjutnya hitung rata-rata pencahayaan di ruangan yang diteliti, misalnya tercantum dalam tabel 2.

Tabel 2.12. Tabel Data Pencahayaan

Sampling Test : 10 Menit		
No	Jam	*Lux Meter*
1	9:00	140
2	9:10	150
3	9:20	142
4	9:30	144
5	9:40	145
6	9:50	146
7	10:00	143
8	10:10	147
9	10:20	145
10	10:30	145

Selanjutnya membuat tabel sesuai dengan subgrup yang ditentukan

Tabel 2.13. Tabel Data Pencahayan Berdasarkan Subgrup

n / k	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	$\bar{x}$
1	140	150	142	144	145	144,2
2	146	143	147	145	145	145,2
$\sum \bar{x}$						289,4

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{289,4}{2}$$

$$\bar{\bar{X}} = 144,7$$

Setelah diperoleh rata-rata dari pencahayaan tersebut maka dibandingkan dengan pencahayaan normal ruangan. Bila kurang dari pencahayaan normal maka diperlukan tambahan pencahayaan.

Kemampuan kita berfokus dan merasakan detail dibatasi oleh sudut pandang yang cukup sempit. Dalam mensurvey bidang visual kita, mata kita secara terus menereus bergerak, menyerenta memfokus dan memfokuskan kembali untuk menemukan informasi visual. Untuk merasai apa yang kita lihat, otak kita menerjemahkan data visual yang dikumpulkan oleh mata dan digabungkan informasi itu ke pola visual yang dapat kita sadari dan mengerti. Persepsi kita akan bentuk, ukuran, warna dan tekstur visual terhadap benda-benda dipengaruhi oleh lingkungan optik yang kita gunakan melihat semua faktor itu dan hubungan yang dapat kita kenali antara semua faktor itu dan hubungan yang dapat kita kenali antara semua faktor itu dan semua setinga visualnya. Jika bidang visual kita tidak terbeda-bedakan, kita akan melihat kemampuan. Akan tetapi, karena ada perubahan yang dapat dirasakan atas nilai rona, warna, dan tekstur yang terjadi, kita dapat mengenali objek atau figur tertentu berbeda dari latar belakangnya Francis D.K. Ching, 2011.

2. Kebisingan

Iftikar Z. Sutalaksana berpendapat bahwa kemajuan teknologi ternyata banyak menimbulkan masalah diantaranya pencemaran. Salah satu bentuk yang sekarang menyibukkan para ahli untuk mengatasinya adalah kebisingan, yaitu bunyi-bunyian yang tidak dikehendaki telinga kita, terutama karena dalam jangka pendek dapatmengurangiketenangan kerja, mengganggu konsentrasi, dan

menyulitkan komunikasi. Dalam jangka panjang dapat merusak pendengaran. Ada tiga aspek yang menentukan kualitas suatu bunyi yang bisa menentukan tingkat gangguan terhadap manusia, yaitu lama, intensitas, dan frekuensinya.

Iftikar Z. Sutalaksana dalam bukunya menyatakan intensitas biasanya diukur dengan satuan desibel (dB), yang menunjukkan besarnya arus energi per satuan luas. Berikut ini skala intensitas yang biasa terjadi di suatu tempat atau akibat suatu alat/keadaan:

Tabel 2.14. Intensitas Kebisingan dan contoh-contoh keberadaannya.

Kondisi pendengaran	Desibe	Batas Dengar tertinggi
	120	
		Halilintar
Menulikan	110	Meriam
		Mesin Uap
	100	
		Jalan hiruk-pikuk
Sangat Kuat	90	Pabrik sangat gaduh
		Peluit polisi
	80	Kantor gaduh
		Jalan pada umumnya
Kuat	70	Radio
		Perusahaan
	60	Rumah gaduh
		Kantor umumnya
Sedang	50	Percakapan kuat
		Radio perlahan
	40	Rumah tenang
		Kantor perorangan
Tenang	30	Auditorium
		Percakapan
	20	
		Suara daun-daun
Sangat tenang	10	Berdesis
		Batas dengar terrendah
	0	

Frekuensi menunjukkan jumlah gelombang suara yang sampai ke telinga kita setiap detik, dinyatakan dalam jumlah getaran per detik atau hertz (Hz). Lamanya telinga kita menerima kebisingan akan mempengaruhi tingkat pendengaran kita.

Sama seperti penghitungan terhadap pencahayaan, maka untuk menghitung pencahayaan maka diperlukan suatu alat yang bernama *sound level*. Cara kerja

dari alat ini ialah dengan mengarahkan sensor suara ke ruangan yang akan diketahui tingkat kebisingannya. Untuk penelitian maka diperlukan data kebisingan dengan sampel jangka waktu yang ditentukan, misalnya 10 menit sekali atau 20 menit sekali dalam satu hari pekerjaan. Setelah mendapatkan data kebisingan maka dari sampel tersebut selanjutnya hitung rata-rata kebisingan di ruangan yang diteliti, misalnya tercantum dalam tabel 2.14.

Tabel 2.15. Tabel Data Kebisingan

Sampling Test : 10 Menit		
No	Jam	*Sound Level*
1	9:00	80
2	9:10	81
3	9:20	82
4	9:30	83
5	9:40	80
6	9:50	81
7	10:00	82
8	10:10	83
9	10:20	84
10	10:30	80

Selanjutnya membuat tabel sesuai dengan subgrup yang ditentukan

Tabel 2.16. Tabel Data Pencahayan Berdasarkan Subgrup

n / k	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	$\bar{x}$
1	80	81	82	83	80	81,2
2	81	82	83	84	85	83
$\sum \bar{x}$						164,2

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{164,2}{2}$$

$$\bar{\bar{X}} = 82,1$$

Setelah diperoleh rata-rata dari kebisingan tersebut maka dibandingkan dengan kebisingan normal ruangan.