Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1. Ergonomi

Ergonomi berasal dari dua suku kata yang berasal dari Yunani yaitu e*rgos* yang berarti "kerja" dan *nomos* yang berarti "aturan". Sehingga dalam kehidupan sehari-hari ergonomi bisa juga dikatakan aturan yang berkaitan dengan pekerjaan.

Iftikar Z. Sutalaksana (2006) mendefinisikan ergonomi ialah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman, sehat, nyaman, dan efisien. Tidak hanya dalam hubungan dengan alat, ergonomi juga mencakup pengkajian interaksi anatara manusia dengan unsur-unsur sistem kerja yang lain, yaitu bahan dan lingkungan. Bahkan metode dan organisasi.

Tujuan ergonomi adalah untuk meningkatkan performansi kerja manusia dan meningkatkan keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan kepuasan kerja. Proses ergonomi tidak dapat dipisahkan dari keselamatan dan kesehatan kerja lain yang terkait dengan bahaya ditempat kerja.

Manusia dengan segala sifat dan tingkah lakunya merupakan makhluk 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 psikologi, antropologi, faal kerja atau fisiologi, biologi, sosiologi, perencanaan kerja, fisika, dan lain-lain. Masing-masing disiplin tersebut berfungsi sebagai pemberi informasi. Pada gilirannya, para perancang, dalam hal ini para ahli teknik, bertugas untuk meramu masing-masing informasi di

atas, dan menggunakannya sebagai pengetahuan untukmerancang fasilitas kerja sehingga mencapai kegunaan yang optimal (Iftikar Z. Sutalaksana, 2006).

2.1.1. Hasil Kerja Manusia dan Proses pengendaliannya

Setiap hari manusia dituntut untuk melakukan berbagai kegiatannya baik dalam hal pekerjaan ataupun yang lainnya. Tentunya dalam melakukan kegiatan tersebut manusia membutuhkan tenaga. Dalam melakukan kegiatan ini ada hal yang harus diperhatikan oleh manusia, yaitu posisi tubuh saat bekerja. Hal ini harus diperhatikan karena akan mempengaruhi hasil pekerjaannya tersebut.

Tubuh manusia dapat dianggap sebagai suatu mesin, yaitu untuk melaksanakan kegiatannya dibatasi oleh serangkaian hukum alam. Kemampuan manusia untuk melaksanakan berbagai kegiatannya bergantung pada struktur fisik tubuhnya yang terdiri dari struktur tulang, otot-otot rangka, sistem saraf, dan proses metabolisme. Dua ratus enam tulang manusia membentuk rangka yang berfungsi untuk melindungi dan melaksanakan kegiatan-kegiatan fisik. Tulang-tulang tersebut satu sama lain dihubungkan dengan sendi-sendi tulang yang terdiri atas gumpalan-gumpalan serabut otot yang dapat berkontraksi. Serabut otot ini berfungsi mengubah energi kimia menjadi energi mekanik. Kegiatan-kegiatan otot ini dikontrol oleh sistem saraf sedemikian rupa sehingga kegiatan kerja secara keseluruhan dapat berlangsung dengan baik (Iftikar Z. Sutalaksana, 2006).

2.2. Biomekanika Kerja

Menurut Frankel & Nordin (1980) dikutip oleh Chaffin (1999) mendefinisikan biomekanika sebagai penggunaan kaidah fisika dan konsep teknik dalam menjelaskan pergerakan tubuh manusia dalam aktivitas kesehariannya. Definisi ini sekurangnya menjelaskan bahwa ilmu yang mempelajari interaksi fisik antara pekerja dengan mesin, material, dan peralatan dengan tujuan meminimumkan keluhan pada sistem kerangka otot agar produktifitas kerja dapat meningkat.

Pengetahuan tentang biomekanika sangat diperlukan untuk mengetahui mekanisme terjadinya kecelakaan kerja, yang pada akhirnya dapat dilakukan pendekatan yang efektif dan ilmiah untuk membantu manusia bekerja dengan aman. Biomekanika yang lebih banyak membahas kajian kapasitas fisik manusia serta performansinya dalam sistem kerjanya disebut Biomekanika Kerja (*Occuptional Biomechanics*).

Dalam pemanfaatannya Biomekanika Kerja memanfaatkan beberapa metode (Chaffin, 1999) :

1. Metode Kinesiologi

   Membahas mengenai area kerja manusia serta gaya (*force*) yang menyebabkan pergerakkan (*kinematic*), Melalui klasifikasi gerakan segmen tubuh dan identifikasi otot yang digunakan dalam bergerak, metode ini menyediakan model biomekanika secara kuantitatif.
2. Metode Model Biomekanika (*Biomechanical Modeling Methods)*

   Model biomekanika ini dikembangkan untuk memperkirakan gaya serta momen yang digunakan tubuh saat pergerakkan, model ini juga memperkirakan postur tubuh saat seseorang melakukan aktivitas yang beresiko menyebabkan cedera *musculoskeletal*, dalam pengembangannya model biomekanika dapat dibedakan menurut tipe analisis gerakannya yaitu statis dan dinamis, sedangkan analisis gaya pada model tersebut dapat melalui pendekatan dua dimensi atau tiga dimensi.
3. Metode *Anthropometri*

   Metode ini digunakan dalam perancangan sistem kerja manusia yang memerlukan pengukuran dimensi sehingga diperoleh rancangan yang *human centered design*.
4. Metode Evaluasi Kapasitas Kerja Mekanik

   Metode ini digunakan untuk mengevaluasi suatu pekerjaan fisik apakah telah sesuai dengan kapasitas kerja manusia dari populasi normal, sehingga diharapkan manusia akan tetap sehat dalam menjalani aktivitasnya.

5. Metode Bioinstrumentasi

   Pada metode ini digunakan elektromiograf dan teknik analisis yang berbasis komputer sebagai aplikasi biointromentasi dalam biomekanika.

6. Metode Pengukuran dan Prediksi Waktu Kerja

   Sistem klasifikasi pekerjaan dalam metode ini dimanfaatkan untuk menentukan elemen gerakan dalam suatu pekerjaan, *sampling* pekerjaan adalah salah satu metode yang sering digunakan dalam biomekanika kerja, metode ini juga bermanfaat untuk mengetahui ketidakcocokan (*mismatch*) antara rancangan yang diusulkan dengan tingkat produktivitas yang dicapai.

2.2.1. Sistem *Musculoskeletal*

Pengetahuan mengenai struktur dan fungsi sistem *musculoskeletal* diperlukan dalam aplikasi hukum fisika dan konsep rekayasa teknik tubuh pada manusia. Fungsi utama dari sistem *musculoskeletal* adalah mendukung dan melindungi tubuh dan organ-organnya serta untuk melakukan gerak.

Agar seluruh tubuh dapat berfungsi dengan normal, masing-masing substruktur harus berfungsi dengan normal. Enam sub struktur utama antara lain : tendon, ligamen, fascia (pembungkus), kartilago, tulang, dan otot. Tendon, ligamen, fascia, dan otot sering disebut sebagai jaringan lunak.

Sedangkan tulang sendi diperlukan untuk pergerakan antara segmen tubuh. Peran mereka dalam sistem *musculoskeletal* keseluruhan sangatlah penting sehingga tulang sendi sering disebut sebagai unit fungsional sistem *musculoskeletal*.

2.3. Koesioner Nordic

Keluhan otot yang terjadi pada organ tubuh tertentu dapat ditelusuri dengan menggunakan beberapa alat ukur ergonomi mulai dari alat yang sederhana hingga menggunakan peralatan komputer. Pengukuran subjektif merupakan cara pengumpulan data menggunakan catatan harian, wawancara dan kuesioner. Untuk

menilai keluhan muskuloskeletal pada operator bagian produksi dapat digunakan kuesioner Nordic.

Pernahkah anda selama 12 bulan terakhir mengalami masalah (pegal, sakit, tidak nyaman) pada :	Dijawab hanya untuk yang pernah mengalami masalah	
	Pernahkah anda selama 12 bulan terakhir tidak dapat mengerjakan pekerjaan yang normal anda lakukan akibat masalah tersebut?	Pernahkah anda mengalami masalah selama 7 hari terakhir?
Leher		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak
Bahu Kanan		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak
Bahu Kiri		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak
Siku Kanan		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak
Siku Kiri		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak
Punggung Atas		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak
Tulang Belakang		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak
Pergelangan Tangan Kanan		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak
Pergelangan Tangan Kiri		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak
Paha		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak
Lutut		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak
Pergelangan Kaki		
a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak	a. Ya b. Tidak

Gambar 2.1. *Lay out* Standar Kuesioner Nordic

Sedangkan dalam penelitian ini kuesioner standar dilakukan penambahan (modifikasi) seperti pertanyan baru yaitu “Pernahkah anda melakukan alternatif (pijat, dokter, dan terapi) selama 12 bulan terakhir penyembuhan terhadap masalah yang anda rasakan selama ini?”. Hal ini dilakukan untuk mengetahui lebih detail apakah dari setiap keluhan yang terjadi pada anggota tubuh pernah melakukan suatu cara alternatif penyembuhan baik itu pijat, dokter, terapi dan pernah dilakukan dalam jangka 1 bulan terakhir. Adapun perbedaan dari ketiga pilihan yaitu :

a. Pijat dimaksudkan jika responden yang mengalami keluhan pada bagian tubuh tertentu yang diderita berdasar kepada pengobatan alternatif fisik dengan

menggunakan media pemijatan tangan saja atau dalam bahasa sehari-hari orang lebih mengenal dengan kata “urut”.

b. Dokter dimaksudkan jika responden yang mengalami keluhan pada bagian tubuh tertentu yang diderita berdasar kepada pengobatan dengan cara medis seperti pengkosumsian obat-obatan sesuai dengan resep dokter atapun alat-alat medis lainnya.
c. Terapi dimaksudkan jika responden yang mengalami keluhan pada bagian tubuh tertentu yang diderita berdasar kepada penggabungan antara alternatif pijat dengan penggunaan obat-obatan tradisional atau bahkan sarana penyembuhan yang tidak ada pada kalangan medis.

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).

Adapun *lay out* kuesioner yang telah dimodifikasi dapat dilihat pada gambar 2.2. dibawah ini.

Masalah yang terjadi pada organ tubuh													
Apakah dalam 12 bulan terakhir anda mempunyai keluhan sakit pada organ tubuh ?				**Apakah dalam 12 bulan terakhir masalah yang anda alami mengganggu pekerjaan anda secara normal?**		**Apakah dalam 7 hari terakhir anda mempunyai masalah yang sama?**		**Apakah menurut anda penyebab keluhan tersebut berhubungan dengan pekerjaan anda?**		**Penanganan yang dilakukan**			
Leher	☐ Ya	☐ Tidak	**Jika jawaban "Ya" maka lanjutkan pada pertanyaan sebelah kanan**	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Pijat / Urut	☐ Terapi	☐ Dokter	☐ Dibiarkan
Bahu	☐ Ya, sebelah kanan ☐ Ya, sebelah kiri ☐ Ya, keduanya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Pijat / Urut	☐ Terapi	☐ Dokter	☐ Dibiarkan
Siku	☐ Ya, sebelah kanan ☐ Ya, sebelah kiri ☐ Ya, keduanya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Pijat / Urut	☐ Terapi	☐ Dokter	☐ Dibiarkan
Pergelangan tangan	☐ Ya, sebelah kanan ☐ Ya, sebelah kiri ☐ Ya, keduanya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Pijat / Urut	☐ Terapi	☐ Dokter	☐ Dibiarkan
Punggung atas	☐ Ya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Pijat / Urut	☐ Terapi	☐ Dokter	☐ Dibiarkan
Punggung bawah	☐ Ya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Pijat / Urut	☐ Terapi	☐ Dokter	☐ Dibiarkan
Paha (salah satu atau keduanya)	☐ Ya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Pijat / Urut	☐ Terapi	☐ Dokter	☐ Dibiarkan
Lutut (salah satu atau keduanya)	☐ Ya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Pijat / Urut	☐ Terapi	☐ Dokter	☐ Dibiarkan
Pergelangan kaki (salah satu atau keduanya)	☐ Ya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Pijat / Urut	☐ Terapi	☐ Dokter	☐ Dibiarkan

Gambar 2.2. *Lay out* Kuesioner Nordic Modifikasi

2.4. 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). Piranti ini tidak membutuhkan perlengkapan khusus dalam menyediakan pengukuran postur leher, punggung dan tubuh bagian atas seiring fungsi otot dan beban luar yang dialami oleh tubuh. Sistem pengkodean digunakan untuk membangkitkan sebuah deretan tindakan yang mengindikasikan tingkat intervensi yang diperlukan untuk mengurangi resiko cedera akibat beban fisik pada pekerja/karyawan. RULA ini merupakan bantuan khusus dalam memenuhi kebutuhan pengukuran oleh *European Community Directive* (ECD) pada kebutuhan keselamatan dan kesehatan minimum untuk pekerjaan menggunakan perlengkapan layer dan UK *Guidelines on the prevention of work-related upper limb disorders*.

Pengembangan RULA dilakukan melalui evaluasi mengenai postur yang diadopsi 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 fakor beban dari eksternal, yaitu :

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

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

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 (*fatique*) 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:

1. Mengidentifikasi postur kerja untuk diukur.

   Sebuah pengukuran RULA merepresentasikan satu momen dalam siklus kerja dan adalah penting untuk mengobservasi postur yang diadopsi sambil menjalankan studi pendahuluan untuk memilih postur yang akan diukur. Bergantung pada jenis studi, pemilihan mungkin akan jatuh pada postur yang tertahan dalam jangka waktu lama atau postur paling buruk yang teradopsi. Sebagai contoh, jika siklus kerja lama dan postur banyak bervariasi, maka sebaiknya dilakukan pengukuran pada interval regular. Jika pengukuran dilakukan pada satu set selama periode kerja, maka proporsi waktu yang dihabiskan dengan masing-masing postur dapat dievaluasi.
2. Sistem pemberian skor dan perekaman postur kerja.

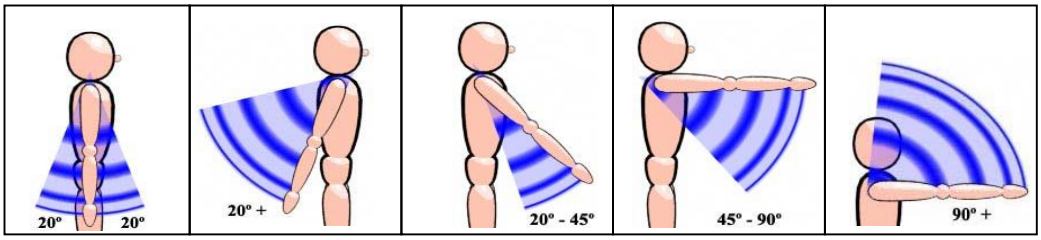
   Putuskan apakah sisi kiri, kanan atau kedua lengan atas yang akan diukur. Nilai postur masing-masing bagian badan mengunakan panduan. Periksa kembali penilaian dan lakukan penyesuaian jika dibutuhkan.
3. Skala level yang menyediakan sebuah pedoman pada tingkat risiko yang ada dan dibutuhkan untuk mendorong penilaian yang lebih detil berkaitan dengan analisis yang didapat.

TAHAP 1 : Pengembangan Metode untuk merekam postur kerja

Dalam mempermudah menghasilkan metode yang cepat untuk digunakan, maka tubuh dibagi atas 2 segmen 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*)



a b c d e

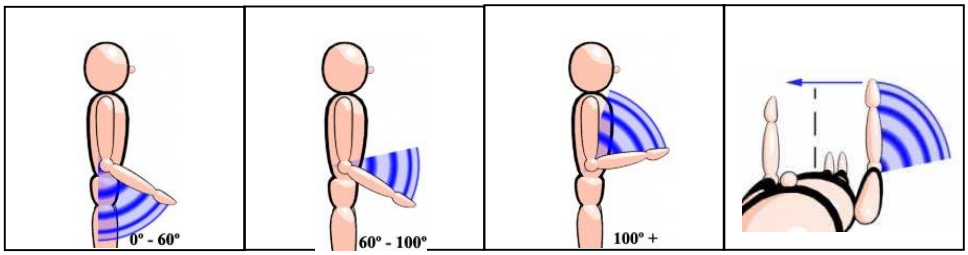
Gambar 2.3. Postur Tubuh Bagian Lengan Atas Bagian Kanan

Pemberian skor untuk postur lengan atas adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1. 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/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*)



a b c d

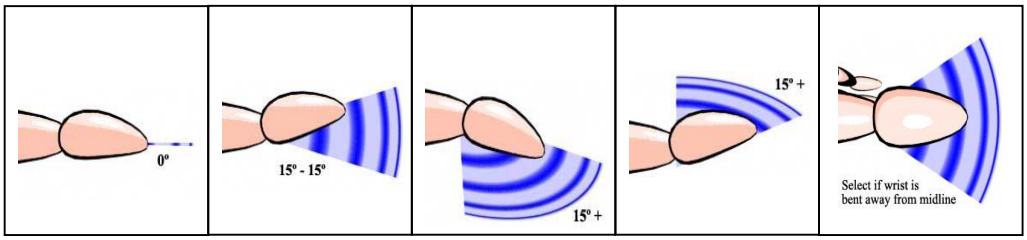
Gambar 2.4. Postur Tubuh Bagian Lengan Atas Bagian Kanan

Penilaian postur lengan bawah adalah sebagai berikut :

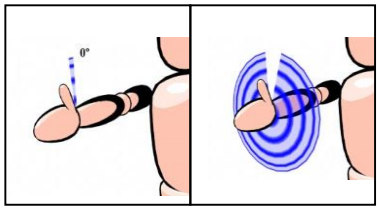
Tabel 2.2. Skor Bagian Lengan Bawah

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

2. Pergelangan Tangan (*wrist*)



a b c d e



a b

Gambar 2.5. Postur Pergelangan Tangan Kanan

Penilaian postur pergelangan tangan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3. 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	

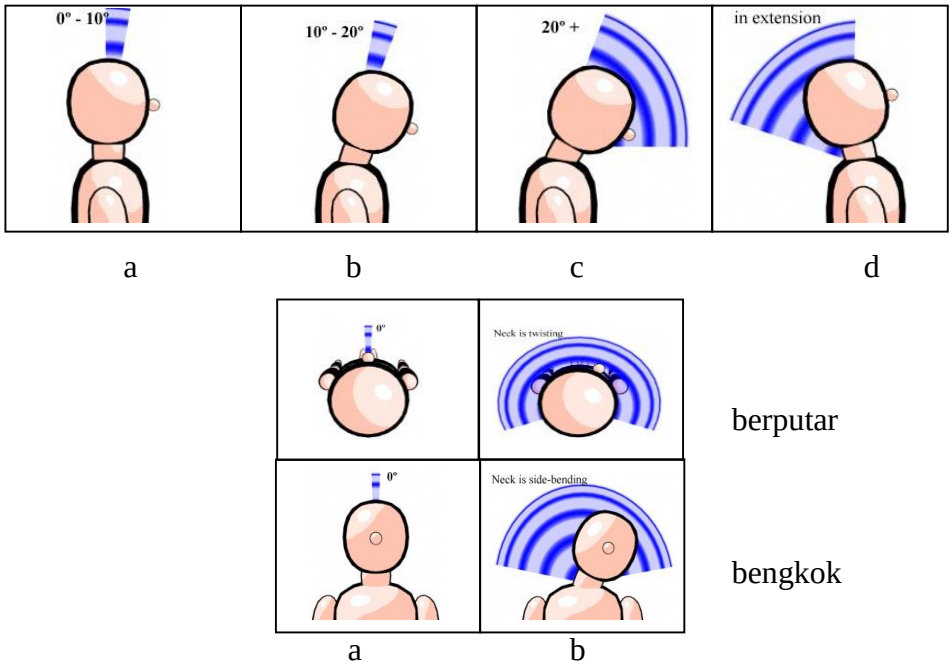
Untuk putaran pergelangan tangan (*wrist twist*) pada posisi postur yang netral diberi skor :

Nilai diberikan 1 jika posisi tengah dari putaran

Nilai diberikan 2 jika posisi pada atau dekat dari putaran

Grup B

1. Leher (*neck*)



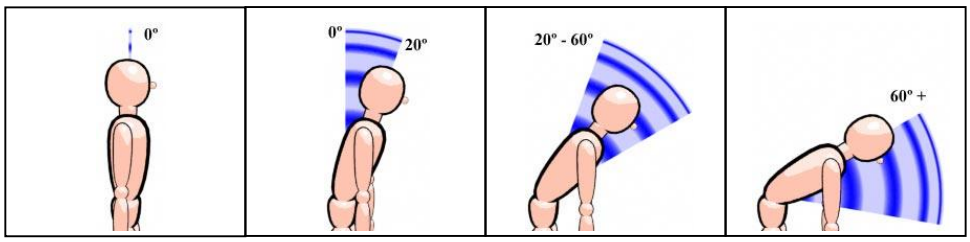
Gambar 2.6. Postur Tubuh Leher

Penilaian postur leher adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4. Skor Bagian Pergelangan Tangan

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*)



a b c d

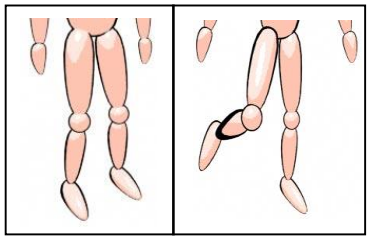
Gambar 2.7. Postur Batang Tubuh

Penilaian postur batang tubuh adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5. 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	

3. Kaki (*legs*)



a b

Gambar 2.8. Postur Kaki

Penilaian postur kaki adalah sebagai berikut :

Tabel 2.6. Skor Bagian Kaki

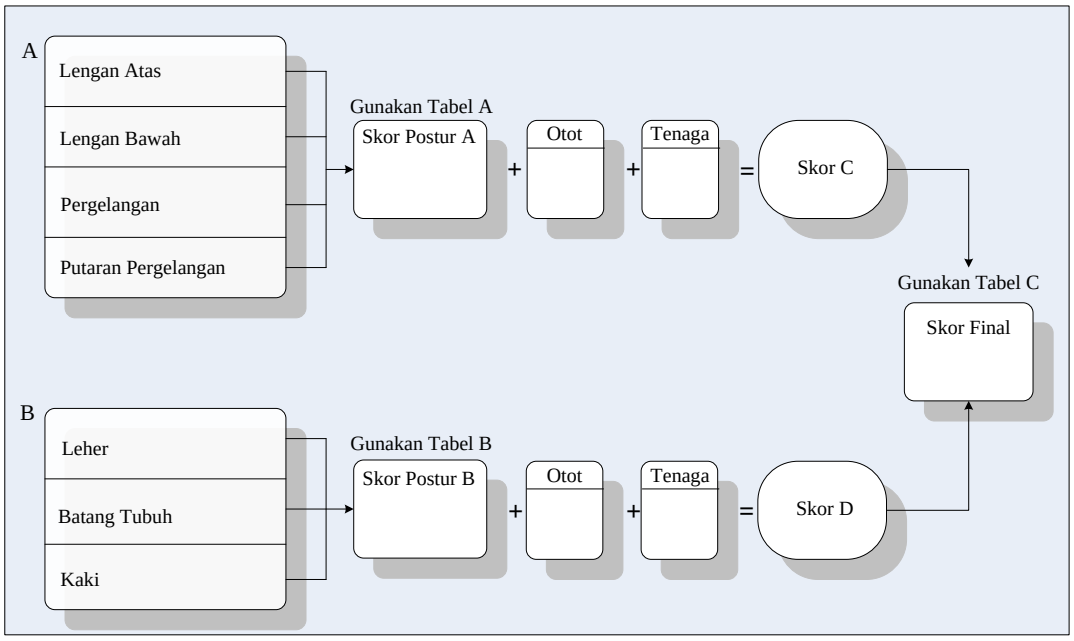
Pergerakan	Skor
Kaki dan telapak kaki disokong dengan baik saat duduk dan beban seimbang	1
Berdiri dengan beban tubuh terdistribusi seimbang pada dua kaki, dengan ruang untuk perubahan posisi	1
Kaki tidak disokong dan beban tidak terdistribusi seimbang	2

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 sikuas 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. 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 di administrasi 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.2.9. 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 *musculoskeletal* 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 ergonomi dan seorang fisioterapis kerja. Masing-masing meranking postur-postur dalam skala 1 sampai 9. Skor 1 didefinisikaan sebagai postur dimana pembebanan *musculoskeletal* adalah terkecil (minimum). Dimana perbedaan skor muncul, pembebanan *musculoskeletal* 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.

Ketidak-konsistenan yang ditemukan kemudian dibahas dan beberapa perbaikan pada skor kemudian dibuat. Dari proses ini, tabel-tabel yang dikembangkan untuk grup A da grup B yang dinamai Tabel A dan Tabel B dan disajikan dibawah. Ketika skor postur untuk masing-masing bagian badan direkam pada kolom kotak A dan B pada gambar 2.13, mereka akan digunakan di tabel 2.7 dan tabel 2.8 seperti yang tercantum di halaman berikutnya dimana tujuannya untuk menemukan skor kombinasi yang disebut sebagai skor A dan skor B. Hal ini bisa dilakukan setelah survei diselesaikan.

Tabel 2.7. 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 2.8. 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 sustem penilaian dikembangkan untuk memasukkan beban tambahan pada sistem *musculoskeletal* 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 dibawah ini (lihat gambar 2.10. dan 2.11) :

Skor A + skor penggunaan otot dan tenaga untuk grup A = skor C

Skor B + skor penggunaan otot dan tenaga untuk grup B = skor D

Berikan Skor 1 jika postur :
1. Sebagian besar statis, yaitu dipertahankan hingga lebih dari 1 menit
2. Diulangi lebih dari 4 kali/menit.

Gambar 2.10. Skor Penggunaan Otot yang Ditambahkan pada Skor Postur A dan B

Skor = 0
Tidak memerlukan kekuatan atau beban/tenaga *intermittent* kurang dari 2 kg

Skor = 1
2-10 kg beban atau tenaga *intermittent*

Skor = 2
1. 2-10 kg beban statis
2. 2-10 kg beban atau tenaga terulang

Skor = 3
1. 10 kg atau lebih beban statis
2. 10 kg atau lebih beban atau tenaga terulang
3. tenaga atau goncangan dengan tubuh bangun dengan cepat

Gambar 2.11. Skor Tenaga Dan Beban yang Ditambahkan pada Skor Postur A dan B

Penaksiran besar pembebanan statis atau tenaga yang dikerahkan yang akan menyebabkan kelelahan (*fatique*) dan kerusakan jaringan bergantung kepada waktu disaat operator (pekerja) terkena paparan faktor resiko. RULA menyediakan sistem *rating* yang sederhana dan konservatif untuk digunakan sebagai panduan untuk

mengindikasi apakah faktor-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. Bjorkesten dan Jonsson (1997) telah menunjukkan bahwa kerja otot statis yang dipertahankan hingga lebih dari satu jam sebaiknya tidak melebihi 5-6% dari *maximal voluntary contaction* (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 tekanan tenaga yang tinggi dikerahkan maka gerakan otot statis sebaiknya kurang dari 10 detik; untuk tenaga yang sedang, kurang dari 1 menit; dan untuk tenaga yang rendah, 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 satu menit.

Penggunaan otot didefinisikan sebagai repetitif jika gerakan diulangi lebih dari empat kali dalam 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 penggegaman, 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 2-10 kg maka skor 1 diberikan. Jika beban 2-10 kg statis atau diulangi maka skor adalah 2, skor juga 2 jika beban *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 gerakan 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 kemudian disimpan pada kotak berpadanan pada lembar penilaian gambar 2.15. Kemudian skor tersebut ditambahkan pada skor postur yang diturunkan dari tabel 2.7 dan tabel 2.8 untuk mengasilkan skor C dan skor D.

TAHAP 3 : Pengembangan skor Final dan Urutan Tindakan

Tahap terakhir dari RULA adalah untuk menggabungkan skor C dan D menjadi skor final tunggal yang besarnya memberikan panduan untuk menentukan prioritas investigasi yang berurutan. Masing-masing kombinasi yang mungkin skor C dan D diberi *rating*, disebut skor final (*grand score*), dari 1-7 berdasar pada resiko atau cedera karena pembebanan *musculosleletal* (lihat gambar 2.12).

Skor C \ Skor D	1	2	3	4	5	6	7+
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

Gambar 2.12. Matriks yang Disebut Tabel C Dimana Skor C dan D Dimasukkan untuk Memperoleh Skor Final

Untuk skor final 1 atau 2, artinya postur kerja dinilai atau diberi skor 2 atau kurang kedua segmen tubuh grup A dan B, dan 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 diluar *range* gerakan yang sesuai seperti didefinisikan dalam *literature* 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 5 dan 6 mengindikasikan postur kerja yang tidak berada dalam range yang sesuai: operator/pekerja harus mengerjakan gerakan repetitif dan/ atau kerja otot statis dan mungkin ada kebutuhan untuk mengerahkan tenaga. Disarankan operasi-operasi ini dinvestigasi segera dan 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 *musculoskeletal* dan resiko cedera pada operator.

Kebutuhan akan tindakan untuk masing-masing skor final dirangkum dalam Tingkatan Tindakan sebagai berikut :

Tingkat Tindakan 1

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

Tingkat Tindakan 2

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

Tingkat Tindakan 3

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

Tingkat tindakan 4

Skor 7 mengindikasikan investigasi dan perubahan diperlukan secepat mungkin.