Bab 2
Tinjaun Pustaka

2.1. Konsep Dasar Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dua kata yaitu "ergon" berarti kerja dan "nomos" berarti aturan atau hukum. Secara ringkas ergonomi adalah suatu aturan atau norma dalam sistem kerja. Indonesia memakai istilah ergonomi, tetapi di beberapa negara seperti di Skandinavia menggunakan istilah "Bioteknologi" sedangkan di negara Amerika menggunakan istilah *"Human Engineering"* atau *"Human Factors Engineering".* Namun demikian, kesemuanya membahas hal yang sama yaitu tentang optimalisasi fungsi manusia terhadap aktivitas yang dilakukan. Dari pengalaman menunjukkan bahwa setiap aktivitas atau pekerjaan yang dilakukan, apabila tidak dilakukan secara ergonomis akan mengakibatkan ketidaknyamanan, biaya tinggi, kecelakaan dan penyakit akibat kerja meningkat, performansi menurun yang berakibat kepada penurunan efisiensi dan daya kerja.

Untuk lebih memahami pengertian ergonomi, perlu ditampilkan definisi-definisi ergonomi dari beberapa ahli ergonomi terdahulu. Secara umum definisi-definisi ergonomi yang ada membicarakan masalah-masalah hubungan antara manusia pekerja dengan tugas-tugas dan pekerjaannya serta desain dari objek yang digunakannya. Pada dasarnya kita boleh mengambil definisi ergonomi dari mana saja, namun demikian perlu kita sesuaikan dengan apa yang sedang kita kerjakan. Di bawah ini ditampilkan beberapa definisi ergonomi yang berhubungan dengan tugas, pekerjaan dan desain.

1. Ergonomi adalah penerapan informasi ilmiah tentang manusia (dan metode ilmiah untuk memperoleh informasi tersebut) untuk masalah desain (Pheasant,1988 dalam Sudiajeng 2004).

2. Ergonomi adalah studi tentang kemampuan manusia dan karakteristik yang mempengaruhi desain peralatan, sistem dan pekerjaan (Corlett & Clark,1995 dalam Sudiajeng 2004).
3. Ergonomi adalah kemampuan untuk menerapkan informasi mengenai karakter manusia, kapasitas, dan batasan untuk desain manusia tugas, sistem mesin, ruang hidup dan lingkungan sehingga bahwa orang dapat hidup, bekerja dan bermain aman, nyaman dan efisien (Annis & McConville,1996 dalam Sudiajeng 2004).
4. Desain ergonomis adalah aplikasi dari faktor manusia, informasi untuk desain alat, mesin, sistem, tugas, pekerjaan dan lingkungan untuk produktif, aman, nyaman dan efektif manusia berfungsi (Manuaba,1998 dalam Sudiajeng 2004).

Apabila kita hanya mencermati definisi-definisi tersebut secara sepintas, maka ruang lingkup ergonomi terasa sempit, karena hanya membicarakan antara manusia dengan tugas dan pekerjaannya. Namun demikian, apabila kita lebih dalam mencermatinya, maka ruang lingkup ergonomi akan sangat luas dan mencakup segala aspek, tempat dan waktu. Dengan demikian, ergonomi dapat diterapkan pada aspek apa saja, di mana saja dan kapan saja. Sebagai ilustrasi, bahwa sehari semalam kita mempunyai 24 jam dengan distribusi secara umum adalah 8 jam di tempat kerja, 2 jam di perjalanan, 2 jam di tempat rekreasi, olah raga dan lingkungan sosial serta selebihnya (12 jam) di rumah. Sehingga penerapan ergonomi tidak boleh hanya berfokus pada 8 jam di tempat kerja dan melupakan 16 jam lainya. Untuk mencapai kualitas hidup yang lebih baik, maka siklus ke-24 jam tersebut harus menjadi perhatian dalam kajian ergonomi.

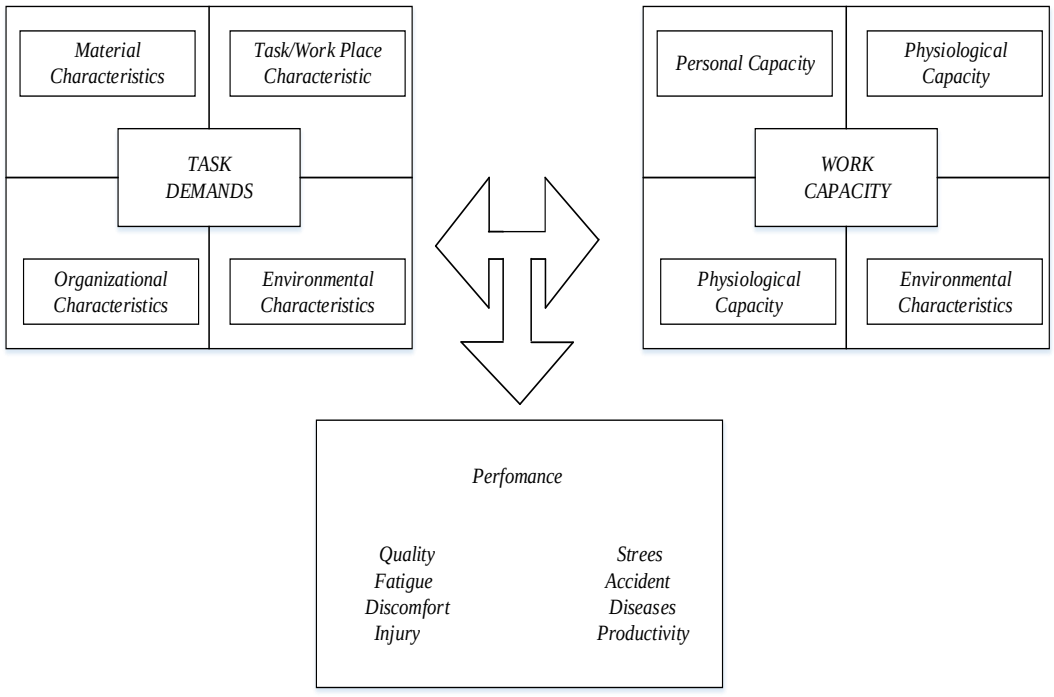
Secara umum tujuan dari penerapan ergonomi adalah sebagai berikut:

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 produktif.
3. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

2.2. Konsep Keseimbangan Dalam Ergonomi

Ergonomi merupakan suatu ilmu, seni dan teknologi yang berupaya untuk menyerasikan alat, cara dan lingkungan kerja terhadap kemampuan, kebolehan dan segala keterbatasan manusia, sehingga manusia dapat berkarya secara optimal tanpa pengaruh buruk dari pekerjaannya. Konsep keseimbangan antara kapasitas kerja dengan tuntutan tugas tersebut dapat diilustrasikan seperti pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Konsep Dasar dalam Ergonomi (Sumber: Manuaba, 2000 dalam Sudiajeng 2004)

1. **Kemampuan Kerja.** Kemampuan seseorang sangat ditentukan oleh:
   a. *Personal Capacity* (Karakteristik Pribadi) meliputi faktor usia, jenis kelamin, antropometri, pendidikan, pengalaman, status sosial, agama dan kepercayaan, status kesehatan, kesegaran tubuh, dan sebagainya.
   b. *Physiological capacity* (Kemampuan fisiologis) meliputi kemampuan dan daya tahan cardio-vaskuler, syaraf otot, panca indera, dan sebagainya.
   c. *Psycological capacity* (Kemampuan psikologis) berhubungan dengan kemampuan mental, waktu reaksi, kemampuan adaptasi, stabilitas emosi, dan sebagainya.
   d. *Biomechanical capacity* (kemampuan Bio-mekanik) berkaitan dengan kemampuan dan daya tahan sendi dan persendian, tendon dan jalinan tulang.

2. **Tuntutan tugas.** tuntutan tugas pekerjaan/aktivitas tergantung pada:
   a. *Task and material characteristics* (karakteristik tugas dan material) ditentukan oleh karakteristik peralatan dan mesin, tipe, kecepatan dan irama kerja dan sebagainya.
   b. *Organization characteristics* berhubungan dengan jam kerja dan jam istirahat, kerja malam dan bergilir, cuti dan libur, manajemen, dan sebagainya.
   c. *Environmental characteristics* berkaitan dengan manusia teman setugas, suhu dan kelembaban, bising dan getaran, penerangan, sosio-budaya, tabu, norma, adat dan kebiasaan, bahan-bahan pencemar, dan sebagainya.

3. **Performansi.** Permormansi atau tampilan seseorang sangat tergantung kepada rasio dari besarnya tuntutan tugas dengan besarnya kemampuan yang bersangkutan. Dengan demikian, apabila:
   a. Bila rasio tuntutan tugas lebih besar daripada kemampuan seseorang atau kapasitas kerjanya, maka akan terjadi penampilan akhir berupa: ketidaknyamanan, "*Overstress*", kelelahan, kecelakaan, cedera, rasa sakit, penyakit, dan tidak produktif.

b. Sebaliknya, bila tuntutan tugas lebih rendah daripada kemampuan seseorang atau kapasitas kerjanya, maka akan terjadi penampilan akhir berupa: *"understress",* kebosanan, kejemuan, kelesuan, sakit dan tidak produktif.
c. Agar penampilan menjadi optimal maka perlu adanya keseimbangan dinamis antara tuntutan tugas dengan kemampuan yang dimiliki sehingga tercapai kondisi dan lingkungan yang sehat, aman, nyaman dan produktif.

2.3. Kapasitas Kerja

Untuk mencapai tujuan ergonomi seperti yang telah dikemukan, maka perlu keserasian antara pekerja dan pekerjaannya, sehingga manusia pekerja dapat bekerja sesuai dengan kemampuan, kebolehan dan keterbatasannya. Secara umum kemampuan, kebolehan dan keterbatasan manusia ditentukan oleh berbagai faktor yaitu: umur, jenis kelamin, ras, antropometri, status kesehatan, gizi, kesegaran jasmani, pendidikan, keterampilan, budaya, tingkah laku, kebiasaan, dan kemampuan beradaptasi (Manuaba, 1998: Buku Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktifitas oleh Tarwaka, Solichul HA. Bakri, Lilik Sudiajeng).

1. **Umur.** Umur seseorang berbanding langsung dengan kapasitas fisik sampai batas tertentu dan mencapai puncaknya pada umur 25 th. Pada umur 50 - 60 th kekuatan otot menurun sebesar 25%, kemampuan sensoris-motoris menurun sebanyak 60%. Selanjutnya kemampuan kerja fisik seseorang yang berumur > 60 tahun tinggal mencapai 50% dari umur orang yang berumur 25 th. Bertambahnya umur akan diikuti penurunan; VO2 max, tajam penglihatan, pendengaran, kecepatan membedakan sesuatu, membuat keputusan dan kemampuan mengingat jangka pendek. Dengan demikian pengaruh umur harus selalu dijadikan pertimbangan dalam memberikan pekerjaan pada seseorang (Astrand & Rodahl,1977; Gradjean,1993; Genaidy,1996 dan Konz, 1996 dalam Sudiajeng 2004).

2. **Jenis Kelamin.** Secara umum wanita hanya mempunyai kekuatan fisik 2/3 dari kemampuan fisik atau kekuatan otot laki-laki, tetapi dalam hal tertentu wanita lebih teliti dari laki-laki. Menurut (Konz,1996: untuk kerja fisik wanita mempunyai VO2 max 1530% lebih rendah dari laki-laki. Kondisi tersebut menyebabkan persentase lemak tubuh wanita lebih tinggi dan kadar Hb darah lebih rendah daripada laki-laki. Menurut (Waters & Bhattacharya,1996 dalam Sudiajeng 2004) menjelaskan bahwa wanita mempunyai maksimum tenaga aerobik sebesar 2,4 L/menit, sedangkan pada laki-laki sedikit lebih tinggi yaitu 3,0 L/menit.

   Di samping itu, menurut (Priatna,1990 dalam Sudiajeng 2004) bahwa seorang wanita lebih tahan terhadap suhu dingin daripada suhu panas. Hal tersebut disebabkan karena tubuh seorang wanita mempunyai jaringan dengan daya konduksi yang lebih tinggi terhadap panas bila dibandingkan dengan laki-laki. Akibatnya pekerja wanita akan memberikan lebih banyak reaksi perifer bila bekerja pada cuaca panas. Dari uraian tersebut jelas bahwa, untuk mendapatkan daya kerja yang tinggi, maka harus diusahakan pembagian tugas antara pria/wanita sesuai dengan kemampuan, kebolehan dan keterbatasan masing-masing.

3. **Kemampuan Kerja Fisik.** Kemampuan kerja fisik adalah suatu kemampuan fungsional seseorang untuk mampu melakukan pekerjaan tertentu yang memerlukan aktivitas otot pada periode waktu tertentu. Lamanya waktu aktivitas dapat bervariasi antara beberapa detik (untuk pekerjaan yang memerlukan kekuatan) sampai beberapa jam (untuk pekerjaan yang memerlukan ketahanan). Menurut Hairy,1989 dan Genaidy,1996 dalam Sudiajeng 2004) bahwa komponen kemampuan kerja fisik dan kesegaran jasmani seseorang ditentukan oleh kekuatan otot, ketahanan otot dan ketahanan kardiovaskuler.

a. **Kekuatan otot.** Kekuatan otot adalah tenaga maksimum yang digunakan oleh suatu group otot di bawah kondisi yang ditetapkan. Kekuatan otot biasanya ditentukan setelah beberapa putaran kerja. Terdapat 2 macam kekuatan otot yaitu kekuatan otot statis dan dinamis. Kekuatan otot statis tidak termasuk beberapa gerakan selama pengerahan tenaga fisik. Kekuatan otot statis juga dikenal sebagai kontraksi volunter maksimum atau kekuatan isometik yaitu tenaga maksimum yang digunakan untuk suatu group otot setelah percobaan tunggal *(single trial).*

   Sedangkan kekuatan otot dinamis memerlukan pengerahan selama proses gerakan. Kekuatan otot dinamis adalah beban maksimum yang dapat ditangani oleh seseorang tepat waktu atau beberapa kali tanpa istirahat di antara repetisi (contoh: 10 repetisi) untuk pekerjaan yang diinginkan (Genaidy,1996 dalam Sudiajeng 2004). Menurut (Suharno,1993 dan Nala,2001 dalam Sudiajeng 2004) bahwa kekuatan otot merupakan kemampuan otot-otot skeletal atau otot rangka untuk melakukan kontraksi atau tegangan maksimal dalam menerima beban, menahan atau memindahkan beban sewaktu melakukan aktivitas atau pekerjaan. Pada umumya komponen kekuatan otot ini dapat diukur dengan menggunakan alat seperti dinamometer. Dengan demikian jelas bahwa kekuatan otot sangat menentukan penampilan seseorang dalam setiap aktivitas pekerjaan yang dilakukan.

b. **Ketahanan otot.** Ketahanan otot adalah kemampuan spesifik grup otot untuk terus dapat melakukan pekerjaan sampai seseorang tidak mampu lagi untuk mempertahankan pekerjaannya. Ketahanan otot dapat diukur dalam waktu bertahan (maksimum lamanya waktu selama seseorang mampu mempertahankan suatu beban kerja secara terus menerus). Daya tahan otot pada prinsipnya dapat dilatih dan dikembangkan sejak usia dini sampai usia 20 tahun. Daya tahan otot mencapai kemampuan maksimum pada usia 25-30 tahun (Konz,1996 dalam Sudiajeng 2004).

c. **Ketahanan kardiovaskuler.** Ketahanan kardiovaskuler adalah suatu pengukuran kemampuan sistem kardiovaskuler dengan melakukan pekerjaan secara terus menerus sampai terjadi kelelahan. Ketahanan kardiovaskuler dapat ditentukan dengan beban maksimum dan sub-maksimum. Untuk beban maksimum, ketahanan kardiovaskuler diketahui sebagai konsumsi O2 Max (VO2 max) atau tenaga aerobik maksimum. VO2 max adalah jumlah maksimum oksigen yang seseorang dapatkan selama kerja fisik sambil menghirup udara (Astrand & Rodahl,1977 dalam Sudiajeng 2004).

   Menurut (Nala,2001 dalam Sudiajeng 2004) bahwa ketahanan kardiovaskuler adalah suatu kemampuan tubuh untuk bekerja dalam waktu lama tanpa kelelahan setelah menyelesaikan pekerjaan tersebut. Ketahanan kardiovaskuler umumnya diartikan sebagai ketahanan terhadap kelelahan dan kemampuan pemulihan setelah mengalami kelelahan. Ketahanan kardiovaskuler yang tinggi dapat mempertahankan performansi atau penampilan dalam jangka waktu yang relatif lama secara terus menerus.

2.4. Keluhan Muskuloskeletal

Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya diistilahkan dengan keluhan musculoskeletal disorders (MSDs) atau cedera pada sistem muskuloskeletal (Grandjean,1993; Lemasters,1996 dalam Sudiajeng 2004). Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

1. Keluhan sementara *(reversible),* yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan.

2. Keluhan menetap *(persistent)*, yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

Studi tentang MSDs pada berbagai jenis industri telah banyak dilakukan dan hasil studi menunjukkan bahwa bagian otot yang sering dikeluhkan adalah otot rangka (skeletal) yang meliputi otot leher, bahu, lengan, tangan, jari, punggung, pinggang dan otot-otot bagian bawah. Di antara keluhan otot skeletal tersebut, yang banyak dialami oleh pekerja adalah otot bagian pinggang LBP *(Low Back Pain).* Laporan dari *the Bureau of Labour Statistics* (LBS) Departemen Tenaga Kerja Amerika serikat yang dipublikasikan pada tahun 1982 menunjukkan bahwa hampir 20 % dari semua kasus sakit akibat kerja dan 25 % biaya kompensasi yang dikeluarkan sehubungan dengan adanya keluhan/sakit pinggang. Besarnya biaya kompensasi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan secara pasti belum diketahui.

Namun demikian, hasil estimasi yang dipublikasikan oleh NIOSH menunjukkan bahwa biaya kompensasi untuk keluhan otot skeletal sudah mencapai 13 milyar US dolar setiap tahun. Biaya tersebut merupakan yang terbesar bila dibandingkan dengan biaya kompensasi untuk keluhan/sakit akibat kerja lainnya. (NIOSH, 1996). Sementara itu *National Safety Council* melaporkan bahwa sakit akibat kerja yang frekuensi kejadiannya paling tinggi adalah sakit punggung, yaitu 22 % dari 1.700.000 kasus (Waters, et al, 1996 dalam Sudiajeng 2004).

Keluhan otot skeletal pada umumnya terjadi karena konstraksi otot yang berlebihan akibat pemberian beban kerja yang terlalu berat dengan durasi pembebanan yang panjang. Sebaliknya, keluhan otot kemungkinan tidak terjadi apabila kontraksi otot hanya berkisar antara 15-20% dari kekuatan otot maksimum. Namun apabila kontraksi otot melebihi 20 %, maka peredaran darah ke otot berkurang menurut tingkat kontraksi yang dipengaruhi oleh besarnya tenaga yang diperlukan. Suplai oksigen ke otot menurun, proses metabolisme karbohidrat terhambat dan sebagai akibatnya terjadi penimbunan asam laktat yang

menyebabkan timbulnya rasa nyeri otot (Suma'mur, 1982; Grandjean, 1993 dalam Sudiajeng 2004).

2.5. Faktor Penyebab Terjadinya Keluhan Muskuloskeletal

Faktor penyebab terjadinya keluhan muskulosketel menurut (Peter Vi, 2000 dalam Sudiajeng 2004) menjelaskan bahwa, terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keluhan otot skeletal antara lain:

1. **Peregangan Otot yang Berlebihan**

   Peregangan otot yang berlebihan *(over exertion)* pada umumnya sering dikeluhkan oleh pekerja di mana aktivitas kerjanya menuntut pengerahan tenaga yang besar seperti aktivitas mengangkat, mendorong, menarik dan menahan beban yang berat. Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi karena pengerahan tenaga yang diperlukan melampaui kekuatan optimum otot. Apabila hal serupa sering dilakukan, maka dapat mempertinggi resiko terjadinya keluhan otot, bahkan dapat menyebabkan terjadinya cedera otot skeletal.

2. **Aktivitas Berulang**

   Aktivitas berulang adalah pekerjaan yang dilakukan secara terus menerus seperti pekerjaan mencangkul, membelah kayu besar, angkat-angkut dan sebagainya. Keluhan otot terjadi karena otot menerima tekanan akibat beban kerja secara terus menerus tanpa memperoleh kesempatan untuk relaksasi.

3. **Sikap Kerja Tidak Alamiah**

   Sikap kerja tidak alamiah adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi bagian-bagian tubuh bergerak menjauhi posisi alamiah, misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat,dan sebagainya. Semakin jauh posisi bagian tubuh dari pusat gravitasi tubuh, maka semakin tinggi pula resiko terjadinya keluhan otot skeletal. Sikap kerja tidak alamiah ini pada umumnya karena karakteristik tuntutan tugas, alat kerja dan stasiun kerja tidak sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan pekerja (Grandjean,

1993; Anis & McCnville, 1996; Waters & Anderson, 1996 & Manuaba, 2000 dalam Sudiajeng 2004).

Di Indonesia, sikap kerja tidak alamiah ini lebih banyak disebabkan oleh adanya ketidak sesuaian antara dimensi alat dan stasiun kerja dengan ukuran tubuh pekerja. Sebagai negara berkembang, sampai saat ini Indonesia masih tergantung pada perkembangan teknologi negara-negara maju, khususnya dalam pengadaan peralatan industri. Mengingat bahwa dimensi peralatan tersebut didesain tidak berdasarkan ukuran tubuh orang Indonesia, maka pada saat pekerja Indonesia harus mengoperasikan peralatan tersebut, terjadilah sikap kerja tidak alamiah.

Sebagai contoh, pengoperasian mesin-mesin produksi di suatu pabrik yang diimpor dari Amerika dan Eropa akan menjadi masalah bagi sebagian besar pekerja kita. Hal tersebut disebabkan karena negara pengekspor di dalam mendesain mesin-mesin tersebut hanya didasarkan pada antropometri dari populasi pekerja negara yang bersangkutan, yang pada kenyataannya ukuran tubuhnya lebih besar dari pekerja kita. Sudah dapat dipastikan, bahwa kondisi tersebut akan menyebabkan sikap paksa pada waktu pekerja mengoperasikan mesin. Apabila hal ini terjadi dalam kurun waktu yang lama, maka akan terjadi akumulasi keluhan yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya cedera otot.

4. Faktor Penyebab Sekunder

a. Tekanan

Terjadinya tekanan langsung pada jaringan otot yang lunak. Sebagai contoh, pada saat tangan harus memegang alat, maka jaringan otot tangan yang lunak akan menerima tekanan langsung dari pegangan alat, dan apabila hal ini sering terjadi, dapat menyebabkan rasa nyeri otot yang menetap.

b. Getaran

Getaran dengan frekuensi tinggi akan menyebabkan kontraksi otot bertambah. Kontraksi statis ini menyebabkan peredaran darah tidak lancar, penimbunan asam laktat meningkat dan akhirnya timbul rasa nyeri otot (Suma'mur,1982 dalam Sudiajeng 2004).

c. Mikroklimat

Paparan suhu dingin yang berlebihan dapat menurunkan kelincahan, kepekaan dan kekuatan pekerja sehingga gerakan pekerja menjadi lamban, sulit bergerak yang disertai dengan menurunnya kekuatan otot (Astrand & Rodhl, 1977; Pulat, 1992; Wilson & Corlett, 1992 dalam Sudiajeng 2004). Demikian juga dengan paparan udara yang panas. Beda suhu lingkungan dengan suhu tubuh yang terlampau besar menyebabkan sebagian energi yang ada dalam tubuh akan termanfaatkan oleh tubuh untuk beradaptasi dengan lingkungan tersebut. Apabila hal ini tidak diimbangi dengan pasokan energi yang cukup, maka akan terjadi kekurangan suplai energi ke otot. Sebagai akibatnya, peredaran darah kurang lancar, suplai oksigen ke otot menurun, proses metabolisme karbohidrat terhambat dan terjadi penimbunan asam laktat yang dapat menimbulkan rasa nyeri otot (Suma'mur, 1982; Grandjean, 1993 dalam Sudiajeng 2004).

5. Penyebab Kombinasi

Resiko terjadinya keluhan otot skeletal akan semakin meningkat apabila dalam melakukan tugasnya, pekerja dihadapkan pada beberapa faktor resiko dalam waktu yang bersamaan, misalnya pekerja harus melakukan aktivitas angkat angkut di bawah tekanan panas matahari seperti yang dilakukan oleh para pekerja bangunan. Di samping kelima faktor penyebab terjadinya keluhan otot tersebut di atas, beberapa ahli menjelaskan bahwa faktor individu seperti umur, jenis kelamin, kebiasaan merokok, aktivitas fisik, kekuatan fisik dan ukuran tubuh juga dapat menjadi penyebab terjadinya keluhan otot skelatal.

a. Umur

Menurut (Chaffin,1979 dan Guo *et al*, 1995 dalam Sudiajeng 2004) menyatakan bahwa pada umumnya keluhan otot skeletal mulai dirasakan pada usia kerja, yaitu 25-65 tahun. Keluhan pertama biasanya dirasakan pada umur 35 tahun dan tingkat keluhan akan terus meningkat sejalan dengan bertambahnya umur. Hal ini terjadi karena pada umur setengah baya, kekuatan dan ketahanan otot mulai menurun sehingga resiko terjadinya keluhan otot meningkat. Sebagai contoh, (Betti'e, *et al*, 1989 dalam Sudiajeng 2004) telah melakukan studi tentang kekuatan statik otot untuk pria dan wanita dengan usia antara 20 sampai dengan di atas 60 tahun. Penelitian difokuskan untuk otot lengan, punggung dan kaki.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan otot maksimal terjadi pada saat umur antara 20 - 29 tahun, selanjutnya terus terjadi penurunan sejalan dengan bertambahnya umur. Pada saat umur mencapai 60 tahun, rerata kekuatan otot menurun sampai 20 %. Pada saat kekuatan otot mulai menurun maka resiko terjadinya keluhan otot akan meningkat. Riihimaki *et al*. (1989) menjelaskan bahwa umur mempunyai hubungan yang sangat kuat dengan keluhan otot, terutama untuk otot leher dan bahu, bahkan ada beberapa ahli lainnya menyatakan bahwa umur merupakan penyebab utama terjadinya keluhan otot.

b. Jenis Kelamin

Walaupun masih ada perbedaan pendapat dari beberapa ahli tentang pengaruh jenis kelamin terhadap resiko keluhan otot skeletal, namun beberapa hasil penelitian secara signifikan menunjukkan bahwa jenis kelamin sangat mempengaruhi tingkat resiko keluhan otot. Hal ini terjadi karena secara fisiologis, kemampuan otot wanita memang lebih rendah daripada pria. Menurut Astrand & Rodahl, 1977 dalam Sudiajeng 2004) menjelaskan bahwa kekuatan otot wanita hanya sekitar dua pertiga dari kekuatan otot pria, sehingga daya tahan otot pria pun lebih tinggi

dibandingkan dengan wanita. Hasil penelitian Betti'e *at al*. (1989) menunjukkan bahwa rerata kekuatan otot wanita kurang lebih hanya 60 % dari kekuatan otot pria, khususnya untuk otot lengan, punggung dan kaki. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian (Chiang *et al*, 1993; Bernard *et al*,1994; Hales *et al*,1994 dan Johanson,1994 dalam Sudiajeng 2004) yang menyatakan bahwa perbandingan keluhan otot antara pria dan wanita adalah 1:3. Dari uraian tersebut di atas, maka jenis kelamin perlu dipertimbangkan dalam mendesain beban tugas.

c. Kebiasaan Merokok

Sama halnya dengan faktor jenis kelamin, pengaruh kebiasaan merokok terhadap resiko keluhan otot juga masih diperdebatkan dengan para ahli, namun demikian, beberapa penelitian telah membuktikan bahwa meningkatnya keluhan otot sangat erat hubungannya dengan lama dan tingkat kebiasaan merokok. Semakin lama dan semakin tinggi frekuensi merokok, semakin tinggi pula tingkat keluhan otot yang dirasakan. (Boshuizen *et al*,1993 dalam Sudiajeng 2004) menemukan hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dengan keluhan otot pinggang, khususnya untuk pekerjaan yang memerlukan pengerahan otot. Hal ini sebenarnya terkait erat dengan kondisi kesegaran tubuh seseorang.

Kebiasaan merokok akan dapat menurunkan kapasitas paru-paru, sehingga kemampuan untuk mengkonsumsi oksigen menurun dan sebagai akibatnya, tingkat kesegaran tubuh juga menurun. Apabila yang bersangkutan harus melakukan tugas yang menuntut pengerahan tenaga, maka akan mudah lelah karena kandungan oksigen dalam darah rendah, pembakaran karbohidrat terhambat, terjadi tumpukan asam laktat dan akhirnya timbul rasa nyeri otot.

d. Kesegaran Jasmani

Pada umumnya, keluhan otot lebih jarang ditemukan pada seseorang yang dalam aktivitas kesehariannya mempunyai cukup waktu untuk istirahat. Sebaliknya, bagi yang dalam kesehariannya melakukan pekerjaan yang memerlukan pengerahan tenaga yang besar, di sisi lain tidak mempunyai waktu yang cukup untuk istirahat, hampir dapat dipastikan akan terjadi keluhan otot. Tingkat keluhan otot juga sangat dipengaruhi oleh tingkat kesegaran tubuh. Laporan NIOSH yang dikutip dari hasil penelitian (Cady *et al*, 1979 dalam Sudiajeng 2004) menyatakan bahwa untuk tingkat kesegaran tubuh yang rendah, maka resiko terjadinya keluhan adalah 7,1 %, tingkat kesegaran tubuh sedang adalah 3,2 % dan tingkat kesegaran tubuh tinggi adalah 0,8 %. Hal ini juga diperkuat dengan laporan Betti'e *et al*. (1989) yang menyatakan bahwa hasil penelitian terhadap para penerbang menunjukkan bahwa kelompok penerbang dengan tingkat kesegaran tubuh yang tinggi mempunyai resiko yang sangat kecil terhadap resiko cedera otot. Dari uraian di atas dapat digarisbawahi bahwa, tingkat kesegaran tubuh yang rendah akan mempertingi resiko terjadinya keluhan otot. Keluhan otot akan meningkat sejalan dengan bertambahnya aktivitas fisik.

e. Kekuatan Fisik

Sama halnya dengan beberapa faktor lainnya, hubungan antara kekuatan fisik dengan resiko keluhan otot skeletal juga masih diperdebatkan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang signifikan, namun penelitian lainnya menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara kekuatan fisik dengan keluhan otot skeletal. Menurut (Chaffin and Park, 1973 dalam Sudiajeng 2004) yang dilaporkan oleh NIOSH menemukan adanya peningkatan keluhan punggung yang tajam pada pekerja yang melakukan tugas yang menuntut kekuatan melebihi batas kekuatan otot pekerja. Bagi pekerja yang kekuatan ototnya rendah, resiko terjadinya keluhan tiga kali lipat dari yang mempunyai kekuatan tinggi.

Sementara itu, Betti'e *et al*. (1990) menemukan bahwa pekerja yang sudah mempunyai keluhan pinggang mampu melakukan pekerjaan seperti pekerja lainnya yang belum memiliki keluhan pinggang. Terlepas dari perbedaan kedua hasil penelitian tersebut di atas, secara fisiologis ada yang dilahirkan dengan struktur otot yang mempunyai kekuatan fisik lebih kuat dibandingkan dengan yang lainnya. Dalam kondisi kekuatan yang berbeda ini, apabila harus melakukan pekerjaan yang memerlukan pengerahan otot, jelas yang mempunyai kekuatan rendah akan lebih rentan terhadap resiko cedera otot. Namun untuk pekerjaan-pekerjaan yang tidak memerlukan pengerahan tenaga, maka faktor kekuatan fisik kurang relevan terhadap resiko keluhan otot skeletal.

f. Ukuran Tubuh

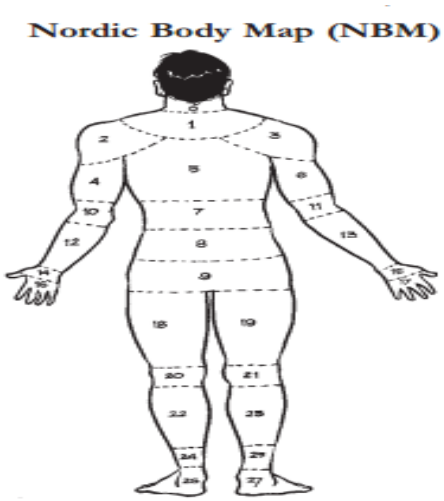
Walaupun pengaruhnya relatif kecil, berat badan, tinggi badan dan massa tubuh merupakan faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keluhan otot skeletal. (Vessy *et al*,1990 dalam Sudiajeng 2004) menyatakan bahwa wanita yang gemuk mempunyai resiko dua kali lipat dibandingkan wanita kurus. Hal ini diperkuat oleh (Werner *et al*,1994 dalam Sudiajeng 2004) yang menyatakan bahwa bagi pasien yang gemuk (obesitas dengan masa tubuh >29) mempunyai resiko 2,5 lebih tinggi dibandingkan dengan yang kurus (masa tubuh <20), khususnya untuk otot kaki. Temuan lain menyatakan bahwa pada tubuh yang tinggi umumnya sering menderita keluhan sakit punggung, tetapi tubuh tinggi tidak mempunyai pengaruh terhadap keluhan pada leher, bahu dan pergelangan tangan.

Apabila dicermati, keluhan otot skeletal yang terkait dengan ukuran tubuh lebih disebabkan oleh kondisi keseimbangan struktur rangka di dalam menerima beban, baik beban berat tubuh maupun beban tambahan lainnya. Sebagai contoh, tubuh yang tinggi pada umumnya mempunyai bentuk tulang yang langsing sehingga secara biomekanik rentan terhadap beban

tekan dan rentan terhadap tekukan, oleh karena itu mempunyai resiko yang lebih tinggi terhadap terjadinya keluhan otot skeletal.

2.6. *Nordic*

Melalui NBM seperti pada Gambar 2.2 dapat diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (agak sakit) sampai sangat sakit (Corlett,1992 dalam Sudiajeng 2004). Dengan melihat dan menganalisis peta tubuh (NBM) seperti pada Gambar 2.2, maka dapat diestimasi jenis dan tingkat keluhan otot skeletal yang dirasakan oleh pekerja. Cara ini sangat sederhana namun kurang teliti karena mengandung subjektivitas yang tinggi. Untuk menekan bias yang mungkin terjadi, maka sebaiknya pengukuran di lakukan sebelum dan sesudah melakukan aktivitas kerja *(pre and post test).*



Gambar 2.2. *Nordic Body Map*

Salah satu kuisoner yang sering digunakan di industri adalah kuisoner NORDIC (Kurorinka dkk,1987 dalam Yassierli 2014), yang kemudian dapat dimodifikasi seperti tabel 2.2. Kuisoner ini secara lengkap menggambarkan bagian-bagian tubuh yang mungkin dikeluhkan oleh pekerja mulai dari leher hingga pergelangan kaki, yang dibagi ke dalam 9 area yaitu leher, bahu, punggung atas, punggung bawah, siku, tangan/pergelangan tangan, paha, lutut dan pergelangan kaki.

Kuesioner ini juga mampu menggambarkan persepsi pekerja apakah keluhan yang dirasakan berhubungan dengan pekerjaan atau tidak. Pada pengisiannya pekerja tidak harus mengisikan nama agar mereka mau mengisi dengan jujur. Namun, pengisiannya sebaiknya dilengkapi dengan pertanyaan umum yang melengkapi usia, jenis kelamin, tinggi tubuh, bobot badan, tangan yang dominan, lama bekerja, lama jam kerja serta unit kerja. Kelengkapan pertanyaan tersebut akan bermanfaat dalam analisis untuk menjawab beberapa pertanyaan tersebut.

Tabel 2.1. Kuesioner Nordic Standar (Andersson,1996)

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

Tabel diatas merupakan tabel kuesioner standar yang digunakan dalam penelitian menggunakan tabel nordic.

Tabel 2.2. Kuesioner Nordic Modifikasi

Masalah yang terjadi pada organ tubuh							
Apakah dalam 12 bulan terakhir anda memiliki 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 memiliki masalah yang sama ?	
Leher	☐ Ya	☐ Tidak	**Jika jawaban " Ya" Maka lanjutkan pada pertanyaan sebelah kanan**	☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak
Bahu	☐ Ya, sebelah kanan ☐ Ya, sebelah kiri ☐ Ya, keduanya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak
Siku	☐ Ya, sebelah kanan ☐ Ya, sebelah kiri ☐ Ya, keduanya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak
Pergelangan tangan	☐ Ya, sebelah kanan ☐ Ya, sebelah kiri ☐ Ya, keduanya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak
Punggung atas	☐ Ya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak
Punggung bawah	☐ Ya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak
Paha (salah satu atau keduanya	☐ Ya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak
Lutut (salah satu atau keduanya	☐ Ya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak
Pergelangan kaki (salah satu atau keduanya	☐ Ya	☐ Tidak		☐ Ya	☐ Tidak	☐ Ya	☐ Tidak

Tabel kuesioner diatas merupakan tabel kuesioner yang diberikan sedikit modifikasi untuk mempermudah pengisian dan pemahaman dari operator yang mengisi.

2.7. RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*)

RULA dikembangkan oleh Dr.Lynn Mc Attamney dan Dr. Nigel Corlett yang merupakan ergonom dari universitas di Nottingham (*University's Nottingham Institute of Occupational Ergonomics*). Pertama kali dijelaskan dalam bentuk jurnal aplikasi ergonomic pada tahun 1993. RULA diperuntukkan dan dipakai pada bidang ergonomi dengan bidang cakupan yang luas. Teknologi ergonomi mengevaluasi postur atau sikap, kekuatan dan aktivitas otot yang menimbulkan cedera akibat aktivitas berulang (*repetitive starain injuries*). 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, 1993 dalam Firdaus,2011).

Ergonomi diterapkan untuk mengevaluasi hasil pendekatan yang berupa skor resiko antara satu sampai tujuh, skor tertinggi menandakan level yang mengakibatkan resiko yang besar atau berbahaya untuk dilakukan dalam bekerja. Hal ini bukan berarti bahwa skor terendah akan menjamin pekerjaan yang diteliti bebas dari *ergonomic hazard*. Oleh sebab itu metode RULA dikembangkan untuk mendeteksi postur kerja yang beresiko dan dilakukan perbaikan sesegera mungkin. Metode ini menggunakan diagram *body postures* dan empat tabel penilaian yang disediakan untuk mengevaluasi postur kerja yang berbahaya dalam siklus pekerjaan tersebut. Melalui metode ini akan didapatkan nilai batasan maksimum dan berbagai postur pekerja, nilai batasan tersebut berkisar antara nilai 1 – 7. Nilai atau skor akhir tersebut sebagai berikut ini:

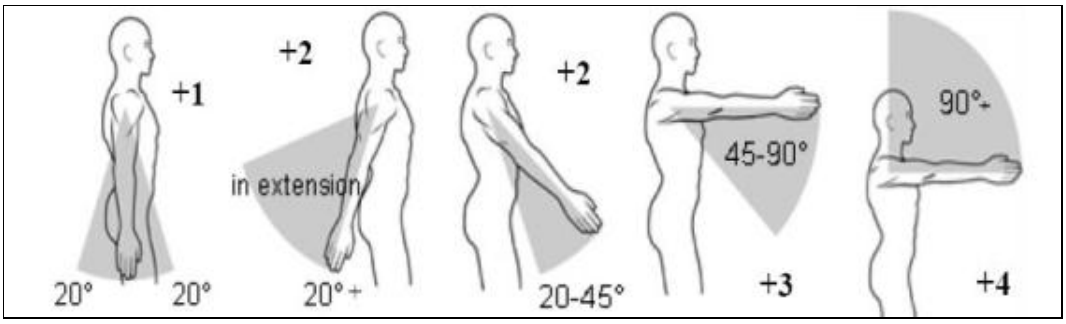
a. 1 atau 2 = Postur diterima.
b. 3 atau 4 = Penyelidikan lebih lanjut, mungkin diperlukan perubahan.
c. 5 atau 6 = Penyelidikan lebih lanjut, segera dilakukan perubahan.
d. Skor 7 = Penyelidikan dan menerapkan perubahan.

2.7.1. Penilaian Postur Tubuh Grup A

Postur tubuh grup A terdiri atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*), pergelangan tangan (*wrist*) dan putaran pergelangan tangan (*wrist twist*).

a. Lengan atas *(upper arm)*

Penilaian terhadap lengan atas adalah penilaian yang dilakukan terhadap sudut yang dibentuk lengan atas pada saat melakukan aktivitas kerja. Sudut yang dbentuk oleh lengan atas diukur menurut posisi batang tubuh. Adapun postur lengan atas dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Postur Tubuh Bagian Lengan Atas

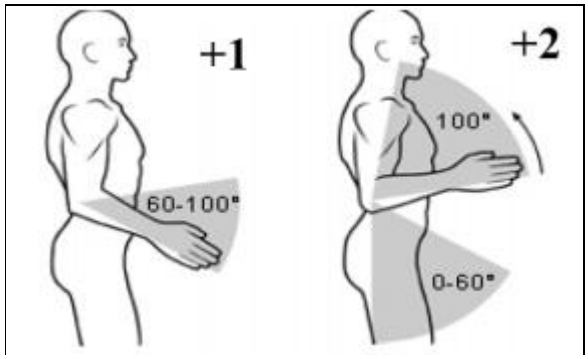
Skor bagian lengan atas dapat dilihat pada tabel 2.3. dibawah ini.

Tabel 2.3. 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	

b. Lengan bawah *(lower arm)*

Penilaian terhadap lengan bawah adalah penilaian yang dilakukan terhadap sudut yang dibentuk lengan bawah pada saat melakukan aktivitas kerja. Sudut yang dibantu oleh lengan bawah diukur menurut posisi batang tubuh. Adapun postur lengan bawah dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Postur Tubuh Bagian Lengan Bawah

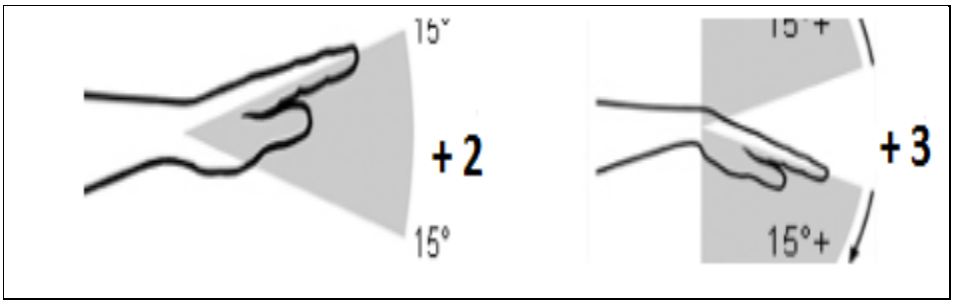
Skor bagian lengan bawah dapat dilihat pada tabel 2.4. dibawah ini.

Tabel 2.4. 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	

c. Pergelangan Tangan

Penilaian terhadap pergelangan tangan adalah penilaian yang dilakukan terhadap sudut yang dibentuk oleh pergelangan tangan pada saat melakukan aktivitas kerja. Sudut yang dibantu oleh pergelangan tangan diukur menurut posisi lengan bawah. Adapun postur lengan bawah dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Postur Tubuh Bagian Pergelangan Tangan

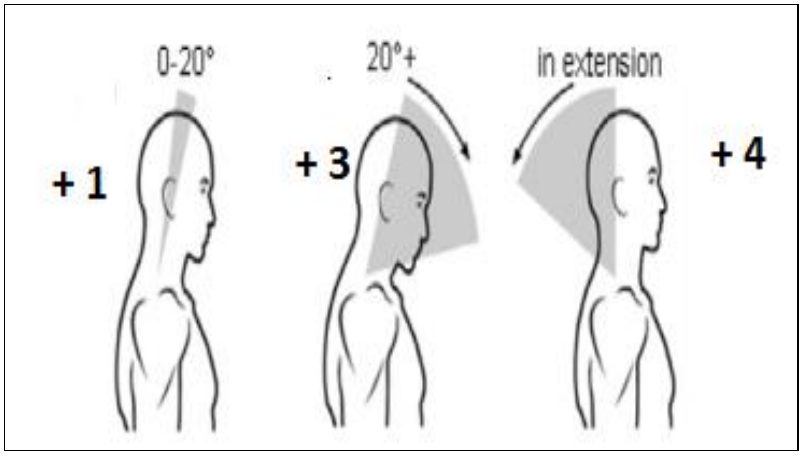
Skor bagian pergelangan tangan dapat dilihat pada tabel 2.5. dibawah ini.

Tabel 2.5. 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	

d. Leher

Penilaian terhadap leher adalah penilaian yang dilakukan terhadap sudut yang dibentuk oleh leher pada saat melakukan aktivitas kerja. Adapun postur leher dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Postur Tubuh Bagian Leher

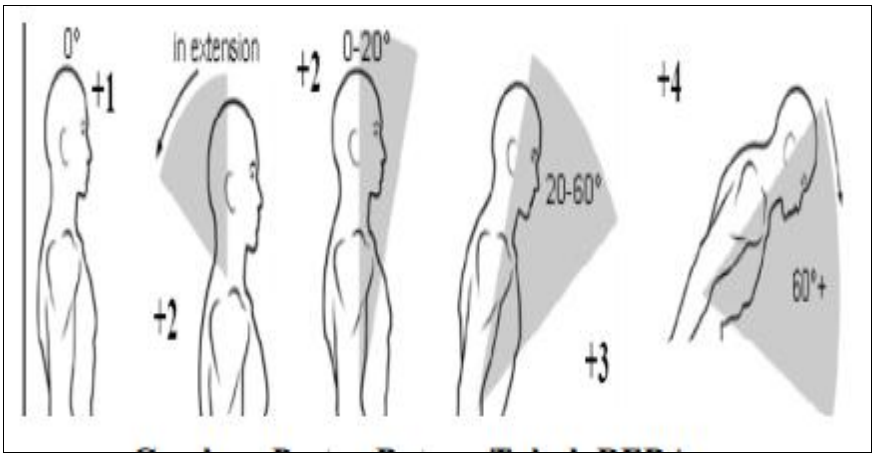
Skor bagian leher dapat dilihat pada tabel 2.6. dibawah ini.

Tabel 2.6. 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	

e. Batang Tubuh

Penilaian terhadap batang tubuh adalah penilaian yang dilakukan terhadap sudut yang dibentuk oleh batang tubuh pada saat melakukan aktivitas kerja. Adapun postur batang tubuh dapat dilihat pada gambar 2.7.



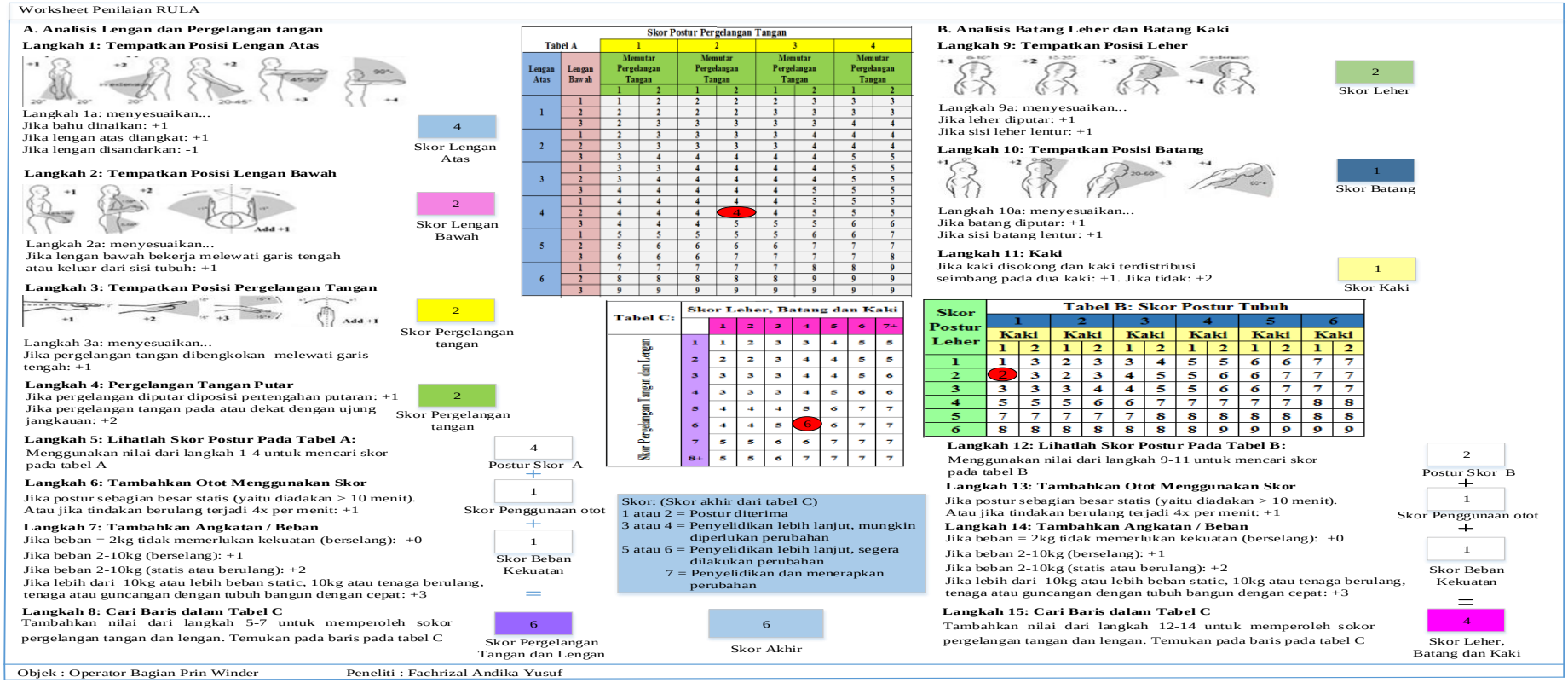
Gambar 2.7. Postur Tubuh Bagian Batang Tubuh

Skor bagian batang tubuh dapat dilihat pada tabel 2.7. dibawah ini.

Tabel 2.7. 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	

Untuk melihat semua skor yang ada maka dapat dilihat melalui tabel *worksheet* rula, tabel ini digunakan untuk menghitung skor dari gerakan otot yang disesuaikan dengan gerakan aslinya, sehingga bisa mendapatkan hasil yang sesuai denga kerja otot tersebut. Tabel *worksheet* RULA tersebut dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. *Worksheet* RULA

Diatas merupakan tabel worksheet rula yang digunakan untuk menghitung skor tubuh bagian atas dan dari pengisian worksheet tersebut bisa didapatkan hasil usulan perbaikan. Perbaikan yang didapat bisa dilihat melalui skor antara skor 1 hingga 7