

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Para peneliti pendahulu telah banyak melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengurangi keluhan muskuloskeletal, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Widodo *et al.* (2009), Halim (2010), Yunida (2013), Wardhana (2013), dan Velaga dan Telaprolu (2013) tentang analisis postur kerja dengan menggunakan metode-metode penilaian postur kerja yang bervariasi.

Widodo *et al.* (2009) melakukan penelitian mengenai analisis postur kerja operator mesin split pada proses pembuatan kulit jenis *Wet Blue* dengan menggunakan tiga metode *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS), *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), dan *Quick Exposure Checklist* (QEC). Pengolahan data yang dilakukan menghasilkan 7 postur kerja berbahaya yang dapat diidentifikasi, yaitu 2 postur kerja berbahaya menurut OWAS, 3 postur kerja berbahaya menurut RULA, dan 2 postur kerja berbahaya menurut QEC. Rekomendasi perbaikan postur kerja dilakukan pada proses yang diidentifikasi adanya kesalahan postur kerja dalam kategori level 4, yaitu level tertinggi dan berbahaya pada sistem muskuloskeletal. Halim (2010), juga melakukan sebuah penelitian tentang analisis postur kerja dengan menggunakan metode OWAS. Hasil analisis menyatakan bahwa 44% dari keseluruhan aktivitas kerja pada departemen *packing* berada pada level 2, hal ini berarti bahwa postur kerja pada departemen *packing* dapat menimbulkan bahaya cedera muskuloskeletal. Tujuan penelitian tersebut untuk memberikan usulan perbaikan postur kerja pada departemen *packing* dengan penambahan meja penopang, konveyor, dan *handtruck*. Usulan terbaik dengan penambahan meja penopang. Setelah menambah penopang analisis menyatakan bahwa 89% dari keseluruhan aktivitas kerja berada pada level 1.

Penelitian yang dilakukan oleh Yunida (2013) dilakukan dengan mengamati aktivitas pengergajian dapat mengakibatkan cedera muskuloskeletal. Analisis yang dilakukan menggunakan analisis biomekanika dengan memodelkan perhitungan gaya pada setiap segmen tubuh. Setelah dihitung gaya yang ditahan dibandingkan dengan standar yang ditetapkan oleh NIOSH. Hasil perhitungan

gaya yang terjadi pada segmen tubuh pria yaitu tangan kanan, tangan kiri, tulang belakang, kaki kanan, dan kaki kiri. Hasil yang diperoleh adalah tidak ada yang melebihi standar NIOSH. Keluhan yang timbul diakibatkan pengalaman responden dan mata gergaji yang sudah tumpul sehingga membutuhkan energi yang lebih besar.

Wardhana (2013) juga melakukan sebuah penelitian tentang postur kerja dan biomekanika, namun berbeda objek, yaitu pada aktivitas memintal daun pandan. Penelitian tersebut dilakukan pada aktivitas memintal yang dilakukan secara manual dengan menggunakan alat bantu yaitu alat pital tampar pandan. Analisis secara biomekanika yang dilakukan adalah dengan melakukan penghitungan gaya dan momen pada segmen tubuh operator yang bekerja untuk dapat mengetahui kemungkinan cedera pada bagian tubuh yang bekerja. Analisis postur kerja dan analisis gaya eksternal untuk menunjang kenyamanan kerja operator. Metode yang digunakan adalah analisis postur kerja dan analisis biomekanika. Analisis postur kerja menggunakan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), digunakan untuk mengetahui postur kerja pekerja saat menggunakan alat tersebut apakah sudah aman dan nyaman atau belum. Analisis biomekanika digunakan untuk mengetahui gaya yang terjadi pada segmen tubuh yang melakukan aktivitas melebihi batas aman atau tidak. Analisis postur kerja awal memiliki skor yang tinggi, diusulkan menggunakan postur kerja baru dengan nilai yang lebih aman. Analisis biomekanika diukur dari segmen kaki yang diukur yaitu gaya vertikal lutut, gaya horizontal lutut, dan gaya dorong lurus terhadap paha, namun nilai yang diperoleh masih dalam batas aman.

Velaga dan Telaprolu (2013) melakukan penelitian tentang analisis postur kerja, penelitian ini dilakukan pada 270 sampel pekerja wanita pada departemen pengemasan secara manual pada sebuah industri farmasi. Kegiatan pengemasan tersebut merupakan kegiatan yang statis namun berulang, gerakan pengulangan yang terus menerus, dan kekuatan terkonsentrasi pada tangan atau pergelangan tangan yang tidak memiliki pemulihan yang cukup pada saat pergerakan. Analisis postur kerja dilakukan dengan menggunakan metode RULA. Skor keluhan muskuloskeletal yang muncul di eksplorasi, kemudian didapatkan korelasi antara skor postur tubuh dengan RULA terhadap gejala muskuloskeletal. Terdapat korelasi positif yang signifikan antara skor postur RULA dengan prevalensi gejala muskuloskeletal. Lebih jauh lagi dilakukan analisis menggunakan ANOVA, perbedaan signifikan antara responden dengan

gejala muskuloskeletal ringan, sedang dan berat ditemukan. Hasil analisis menunjukkan postur kerja yang buruk dari para pekerja pengemasan dan perlu segera diganti.

Sanjaya *et al.* (2013) melakukan perbaikan fasilitas kerja membuat dengan pendekatan ergonomi dengan tujuan mengurangi muskuloskeletal *disorders*. Penelitian ini dilakukan pada sebuah UKM sentra batik tulis yang berpotensi memiliki keluhan muskuloskeletal. Untuk memperbaiki masalah yang terjadi, dilakukan perbaikan fasilitas kerja yang disesuaikan dengan antropometri pekerja. Untuk mengukur keluhan otot yang dialami para pekerja digunakan kuesioner *Nordic Body Map*, sedangkan untuk menilai tingkat risiko dari postur kerja yang digunakan oleh para operator digunakan *Quick Exposure Check (QEC)*. Dari pengolahan data yang dilakukan didapatkan ukuran kursi ergonomis untuk para pekerja UKM sentra batik. Setelah direalisasikan kemudian diukur kembali keluhan muskuloskeletal dengan kuesioner *Nordic Body Map* serta diukur kembali pula nilai postur kerja setelah perbaikan dan dihasilkan skornya menurun.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan di sebuah industri pengerajin batu alam *Java Art Stone* dengan tujuan melakukan perbaikan postur kerja, sehingga dapat menurunkan keluhan muskuloskeletal dan waktu proses pemahatan pada pekerja *Java Art Stone*. Postur kerja akan diukur dengan menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)* sebagai alat ukur untuk menilai risiko postur kerja. Keluhan muskuloskeletal diukur dengan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map*, sedangkan untuk mengukur lama waktu proses pemahatan akan dilakukan dengan pengukuran waktu proses pemahatan 5 buah ornamen motif balinan dengan ukuran 30X30X5 cm.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa Latin, yaitu *Ergon* (kerja) dan *Nomos* (hukum alam), jadi ergonomi dapat diartikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain/perancangan untuk mendapatkan suasana kerja yang sesuai dengan manusianya (Nurmianto, 2003). Sutralaksana

et al. (2006) menyebutkan ergonomi adalah 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 hubungannya dengan alat, ergonomi juga mencakup pengkajian interaksi antara manusia dengan unsur-unsur sistem kerja lain, yaitu bahan dan lingkungan, bahkan juga metode dan organisasi.

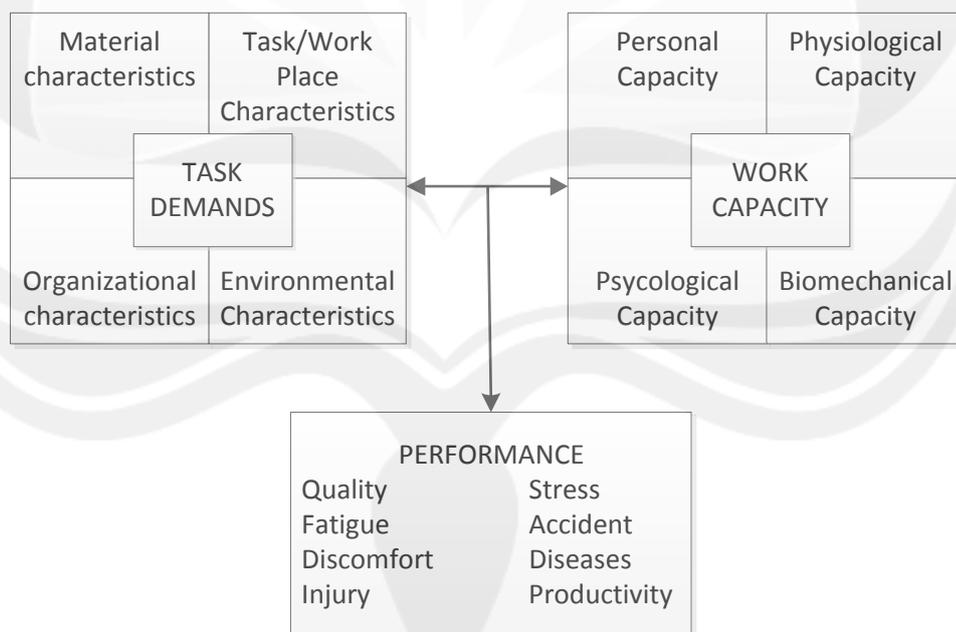
Ergonomi disebut juga sebagai "Human Factors". Pembahasan tentang ergonomi membutuhkan studi tentang sistem manusia, di mana manusia, fasilitas kerja, dan lingkungan saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya. Penerapan ergonomi umumnya meliputi aktivitas rancang bangun (*design*) maupun rancang ulang (*re-design*). Hal ini dapat mencakup perangkat keras seperti perkakas kerja (*tools*), bangku kerja (*benches*), platform, kursi, pegangan alat kerja (*workholders*), sistem pengendali (*controls*), alat peraga (*displays*), jalan/lorong (*access ways*), pintu (*doors*), jendela (*windows*), dan lain-lain. Ergonomi dapat berperan pula sebagai desain pekerjaan pada suatu organisasi, desain perangkat lunak, meningkatkan faktor keselamatan dan kesehatan kerja, serta desain dan evaluasi produk (Nurmianto, 2003).

Fokus ergonomi adalah pada biomekanik, kinesiologi, fisiologi kerja, dan antropometri. Biomekanik adalah mekanisme sistem biologi, khususnya pada tubuh manusia. Pendekatan biomekanik pada desain tempat kerja yang utama mempertimbangkan kemampuan pekerja, tuntutan tugas, dan peralatan yang terintegrasi. Kinesiologi merupakan ilmu yang mempelajari pergerakan manusia dalam fungsi anatomi. Prinsip kinesiologi harus digunakan pada desain tempat kerja untuk mencegah pergerakan yang tidak sesuai. Fisiologi kerja menggambarkan reaksi fisiologi pekerja terhadap tuntutan pekerjaannya dan memeliharanya pada batasan yang aman. Antropometri berfokus pada dimensi tempat kerja, peralatan, dan material. Data antropometri terdiri dari dimensi tubuh, jangkauan pergerakan lengan/tangan dan kaki, dan kemampuan kekuatan otot (Pulat, 1992).

Secara umum tujuan dari penerapan ilmu ergonomi menurut Tarwaka (2004), sebagai berikut:

- a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja
- b. 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
- c. 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.

Sudut pandang ergonomi dalam melihat antara tuntutan tugas dengan kapasitas kerja harus selalu dalam garis keseimbangan sehingga dicapai performa kerja yang tinggi. Tuntutan tugas pekerjaan tidak boleh terlalu rendah (*underload*) dan juga tidak boleh terlalu berlebihan (*overload*) karena keduanya akan menyebabkan stress (Tarwaka, 2004). Konsep keseimbangan antara kapasitas kerja dengan tuntutan tugas dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Konsep Keseimbangan Ergonomi

(sumber: Manuaba, 2000)

Keterangan:

a. Kapasitas Kerja

Kapasitas kerja seseorang sangat ditentukan oleh:

- i. *Personal capacity* (karakteristik pribadi), meliputi faktor usia, jenis kelamin, antropometri, pendidikan, pengalaman, status sosial, agama dan kepercayaan, status kesehatan, kesegaran tubuh, dan sebagainya.
- ii. *Physiological Capacity* (kemampuan fisiologis), meliputi kemampuan dan daya tahan kardiovaskuler, syaraf otot, panca indera, dan sebagainya.
- iii. *Psychological Capacity* (kemampuan psikologis) berhubungan dengan kemampuan mental, waktu reaksi, kemampuan adaptasi, stabilitas emosi, dan sebagainya.
- iv. *Biomechanical Capacity* (kemampuan biomekanik) berkaitan dengan kemampuan dan daya tahan sendi dan persendian, tendon, dan jalinan tulang.

b. Tuntutan Tugas

Tuntutan tugas pekerjaan atau aktivitas tergantung pada:

- i. *Task dan Material Characteristics* (karakteristik tugas dan material) ditentukan oleh karakteristik peralatan dan mesin, tipe kecepatan, irama dan sebagainya.
- ii. *Organization Characteristics* (karakteristik organisasi) berhubungan dengan jam kerja dan jam istirahat, kerja malam dan bergilir, cuti dan libur, manajemen dan sebagainya.
- iii. *Environmental Characteristics* (karakteristik lingkungan) berkaitan dengan manusia teman setugas, suhu dan kelembaban, bising dan getaran, penerangan, sosio-budaya, tabu, norma, adat dan kebiasaan, bahan-bahan pencemar, dan sebagainya.

c. Performa

Performa atau tampilan seseorang sangat tergantung kepada rasio dari besarnya tuntutan tugas dengan besarnya kemampuan yang bersangkutan.

Dengan demikian:

- i. 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.

- ii. Sebaliknya, bila tuntutan tugas lebih rendah daripada kemampuan seseorang atau kapasitas kerjanya, maka akan terjadi penampilan akhir berupa understress, kebosanan, kejemuhan, kelesuan, sakit, dan tidak produktif.
- iii. 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.

2.2.1. Manual Material Handling

U.S Department of Labor mendefinisikan *Manual Material Handling* (MMH) sebagai kegiatan meraih, memegang, menggenggam, memutar, atau pekerjaan lainnya yang menggunakan tangan, selain itu *National Institute of Occupational Safety and Health* mendefinisikannya sebagai suatu aktivitas dengan menggunakan pergerakan tangan pekerja untuk mengangkat, mengisi, mengosongkan, meletakkan atau membawa (NIOSH, 2007). OSHA (1997) menyebutkan bahwa MMH meliputi semua pekerjaan memindahkan material menggunakan tangan dengan cara mengangkat, menurunkan, membawa, mendorong, menarik, menggeser, ataupun menyusun material. Dalam OH & S (2003) dikatakan bahwa MMH tidak hanya berarti mengangkat atau membawa sesuatu saja, namun MMH meliputi aktivitas mendorong, menggapai, memegang, dan tindakan ringan yang berulang.

2.2.2. Anatomi Sistem Muskuloskeletal

Dalam menganalisis postur tubuh diperlukan pengetahuan mengenai karakteristik otot dan kerangka, berikut adalah pemaparannya.

a. Sistem Rangka

Sistem rangka berfungsi untuk menggambarkan dasar bentuk tubuh, penentuan tinggi seseorang, perlindungan organ tubuh yang lunak, sebagai tempat melekatnya otot, mengganti sel-sel yang telah rusak, memberikan sistem sambungan untuk gerak pengendali, dan menyerap reaksi dari gaya serta beban kejut (Nurmianto, 2004). Sistem rangka terdiri dari rangka atau tulang-tulang ekstremitas atas, tulang-tulang ekstremitas bawah, dan lengkung kaki. Tulang-tulang ekstremitas atas terdiri dari: skapula dan klavikula yang membentuk gelang bahu, humerus, radius dan ulnar yang membentuk lengan bawah, 8 tulang karpal, 5 tulang metakarpal, serta 14

falanges. Tulang-tulang ekstremitas bawah terdiri dari tulang pinggul yang membentuk sebagian dari panggul (pelvis), femur, patella, tibia dan fibula yang membentuk tungkai bawah, 7 tulang tarsalia, 5 tulang metatarsal, serta 14 falanges. Lengkung kaki terdiri dari: lengkung medial yang sangat elastis, lengkung lateral yang kuat dan terbebas geraknya, serta terdapat sejumlah lengkung transversal (Watson, 1997).

b. Sistem Otot

Watson (1997) menyatakan bahwa sistem otot (muskular) terdiri dari sejumlah besar otot yang bertanggung jawab atas gerakan tubuh. Otot terbentuk atas fiber yang berukuran panjang dari 10 hingga 400 mm dan berdiameter 0,01 hingga 0,1 mm. Pengujian mikroskopis menunjukkan bahwa fiber terdiri dari myofibril yang tersusun atas sel-sel filament dari molekul myosin yang saling tumpang tindih dengan filament dari molekul aktin. Serabut otot bervariasi antara satu otot dengan yang lainnya. Beberapa diantaranya mempunyai gerakan yang lebih cepat dari yang lainnya dan hal ini terjadi pada otot yang dipakai untuk mempertahankan kontraksi badan, seperti otot pembentuk postur tubuh (Nurmianto, 2004). Otot utama tubuh terdiri atas: otot kepala, otot leher, otot tubuh, otot anggota gerak atas, dan otot anggota gerak bawah (Watson, 1997).

c. Jaringan Penghubung

Jaringan-jaringan penghubung yang terpenting pada sistem kerangka otot adalah ligamen, tendon, dan fasciae. Jaringan ini terdiri dari kolagen dan serabut elastis dalam beberapa proporsi. Tendon berfungsi sebagai penghubung antara otot dan tulang terdiri dari sekelompok serabut kolagen yang letaknya parallel dengan panjang tendon. Ligamen berfungsi sebagai penghubung antara tulang dengan tulang untuk stabilitas sambungan. Ligamen tersusun atas serabut yang letaknya tidak parallel. Oleh karena itu, tendon dan ligamen bersifat inelastis dan berfungsi pula untuk menahan deformasi. Adanya tegangan yang konstan akan dapat memperpanjang ligamen dan menjadikannya kurang efektif dalam menstabilkan sambungan. Sedangkan jaringan fasciase berfungsi sebagai pengumpul dan pemisah otot, yang terdiri dari sebagian besar serabut elastis dan mudah sekali terdeformasi (Nurmianto, 2004).

2.2.3. Muskuloskeletal Disorders

Muskuloskeletal disorders (MSDs) atau keluhan muskuloskeletal adalah serangkaian sakit pada otot, tendon, dan saraf. Aktivitas dengan tingkat pengulangan tinggi dapat menyebabkan kelelahan pada otot, merusak jaringan hingga kesakitan dan ketidaknyamanan. Ini bisa terjadi walaupun tingkat gaya yang dikeluarkan ringan dan postur kerja memuaskan (OHSCO, 2007). Berikut ini adalah jenis MSDs yang dapat diakibatkan oleh postur yang janggal atau tidak alami, yaitu:

- a. *Low Back Pain*, yaitu rasa sakit akut dan kronis dari tulang belakang pada daerah lumbosacral, pantat, dan kaki bagian atas yang biasanya terjadi karena penipisan intervertebral disk atau berkurangnya cairan pada disk. Biasanya terjadi pada pekerja yang suka mengangkat (Bridger, 2003)
- b. *Carpal Tunnel Syndrome*, yaitu tendon pada *carpal tunnel* membengkak karena penggunaan yang cepat dan berulang pada jari dan tangan. Menyebabkan nyeri, rasa terbakar, dan kemampuan menggenggam menurun. Biasanya terjadi pada *typist* (Humantech, 1989, 1995)
- c. *Buristis*, yaitu rongga yang berisi cairan pelumas sendi membengkak dan inflamasi sehingga menyebabkan nyeri dan keterbatasan gerak (Bridger, 2003)
- d. *Epicondylitis*, yaitu inflamasi pada otot dan jaringan penghubung yang berada di sekitar siku karena adanya rotasi dan putaran yang terlalu sering. Biasanya sering terjadi pada petenis (Bridger, 2003)
- e. *Sprain* dan *strains* terjadi saat ligamen atau otot terlalu tertekan karena adanya postur yang memberi beban terhadap tubuh (Bridger, 2003)
- f. *Ganglion Cyst*, yaitu benjolan di bawah kulit yang disebabkan karena akumulasi cairan pada lapisan tendon. Ini biasanya ditemukan pada tangan dan pergelangan tangan (Humantech, 1989, 1995)
- g. *Tendinitis*, yaitu inflamasi pada tendon biasanya terjadi pada tangan dan pergelangan tangan karena pekerjaan menggunakan postur yang tidak biasa secara terus menerus (Bridger, 2003)
- h. *Tenosynovitis*, terjadi karena adanya inflamasi tendon dan pelapisnya dengan pembengkakan pada pergelangan tangan aktivitas yang berlebihan pada tendon yang disebabkan oleh beban dan pergerakan yang berulang (Pulat, 1997)

- i. *Trigger Finger*, yaitu keadaan kaku dan gemetar pada jari karena gerakan berulang dan penggunaan yang berlebihan dari jari, ibu jari atau pergelangan tangan yang terus menerus (Bridger, 2003)

2.2.4. Anthropometri

Menurut Nurmianto (1996), anthropometri berasal dari kata "*antrho*" yang berarti manusia dan "*metri*" yang berarti ukuran. Anthropometri adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik ukuran tubuh manusia, bentuk dan kekuatan serta penerapan data-data anthropometri untuk penanganan masalah desain. Menurut Wignjosoebroto (1995), Secara luas anthropometri digunakan sebagai bahan pertimbangan ergonomis berkaitan dengan interaksi manusia. Data anthropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas dalam hal:

- a. Perancangan areal kerja (*work station*, interior mobil, dll.)
- b. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas/*tools*, dan sebagainya.
- c. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer, dll.
- d. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Sehingga disimpulkan bahwa data anthropometri akan menentukan bentuk, ukuran, dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang dan operator yang akan menggunakannya.

Beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran tubuh manusia menurut Wignjosoebroto (1995) adalah

- a. Umur. Dimensi tubuh manusia akan bertumbuh dan bertambah besar seiring dengan bertambahnya waktu. Roche dan Davila (1972) menyimpulkan bahwa laki-laki akan tumbuh dan berkembang naik sampai dengan usia 21,2 tahun, sedangkan wanita sampai dengan 17,3 tahun, meskipun masih ada sekitar 10% yang masih terus bertambah tinggi dan besar hingga usia 23,5 tahun untuk laki-laki dan 21,1 tahun untuk wanita. Setelah itu pertumbuhan akan berhenti dan cenderung mengalami penurunan pada usia sekitar 40 tahun.
- b. Jenis kelamin/*sex*. Dimensi ukuran tubuh laki-laki umumnya akan lebih besar dibandingkan dengan wanita, kecuali untuk beberapa bagian tubuh yaitu seperti pinggul, dan sebagainya.

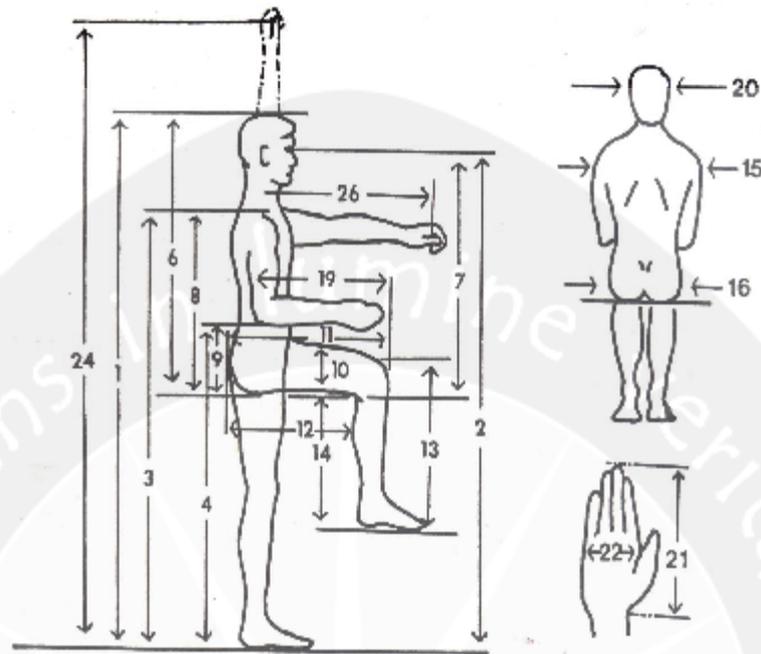
- c. Suku/bangsa/*ethnic*. Bangsa dan kelompok etnik memiliki karakter fisik yang berbeda satu dengan yang lainnya.
- d. Posisi tubuh/*posture*. Posisi tubuh akan berpengaruh pada ukuran tubuh, sehingga pada saat melakukan pengukuran harus dalam posisi tubuh yang standar. Terdapat 2 macam pengukuran berkaitan dengan posisi tubuh, yaitu:
 - i. Pengukuran dimensi struktur tubuh (*structural body dimension*)
Pengukuran tubuh jenis ini juga dikenal dengan nama *static anthropometry*, karena tubuh diukur dalam berbagai posisi standar dan tidak bergerak (tetap tegak sempurna). Posisi tubuh yang diukur antara lain berat badan, tinggi tubuh dalam posisi berdiri, maupun duduk, ukuran kepala, tinggi atau panjang lutut pada saat berdiri/duduk, panjang lengan dan sebagainya.
 - ii. Pengukuran dimensi fungsional tubuh (*fungsional body dimension*)
Pengukuran tubuh jenis ini juga dikenal dengan nama *dynamic anthropometry*, karena pengukuran dilakukan pada tubuh saat melakukan gerakan-gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus diselesaikan. Cara pengukuran jenis ini dilakukan pada saat tubuh melakukan gerakan-gerakan kerja dalam posisi dinamis.

Selain faktor-faktor di atas masih ada beberapa faktor yang mempengaruhi variasi ukuran tubuh manusia, yaitu:

- a. Cacat tubuh, data antropometri ini akan dibutuhkan untuk perancangan produk bagi orang-orang cacat, contohnya kursi roda, kaki/tangan palsu, dan lain sebagainya.
- b. Tebal atau tipisnya pakaian yang dikenakan, faktor iklim yang berbeda akan memberikan variasi yang berbeda dalam bentuk rancangan dan spesifikasi pakaian, sehingga dimensi tubuh orang pun akan berbeda dari suatu tempat ke tempat yang lain.
- c. Kehamilan/*pregnancy*, kondisi kehamilan akan mempengaruhi ukuran tubuh, sehingga memerlukan perhatian khusus.

Sekalipun segmentasi dari populasi yang ingin dituju dari rancangan suatu produk selalu berhasil diidentifikasi sebaik-baiknya berdasarkan faktor-faktor seperti yang telah diuraikan, namun tetap akan dijumpai variasi. Permasalahan variasi ini dapat diatasi dengan merancang produk yang “mampu suai” atau *adjustable* dalam rentang dimensi ukuran pemakainya.

Gambar 2.2 akan memperjelas bagian tubuh mana yang dapat diukur untuk melakukan perancangan fasilitas kerja.



Gambar 2.2. Data Anthropometri untuk Perancangan Produk/Fasilitas Kerja
(Sumber: Wignjosoebroto, 1995)

Keterangan:

1. Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai sampai dengan ujung kepala)
2. Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak
3. Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak
4. Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus)
5. Tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam gambar tidak ditunjukkan)
6. Tinggi tubuh dalam posisi duduk (diukur dari alas tempat duduk/pantat sampai dengan kepala).
7. Tinggi mata dalam posisi duduk
8. Tinggi bahu dalam posisi duduk
9. Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus)
10. Tebal atau lebar paha
11. Panjang paha yang diukur dari pantat sampai dengan ujung lutut

12. Panjang paha yang diukur dari pantat sampai dengan bagian belakang dari lutut/betis
13. Tinggi lutut yang bisa diukur baik dalam posisi berdiri maupun duduk
14. Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang diukur dari lantai sampai dengan paha
15. Lebar dari bahu (bisa diukur dalam posisi berdiri ataupun duduk)
16. Lebar pinggul/pantat
17. Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan pada gambar)
18. Lebar perut
19. Panjang siku yang diukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus
20. Lebar kepala
21. Panjang tangan diukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari
22. Lebar telapak tangan
23. Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar-lebar kesamping kiri-kanan (tidak ditunjukkan dalam gambar)
24. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur dari lantai sampai dengan telapak tangan yang terjangkau lurus ke atas (vertikal)
25. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak, diukur seperti halnya no. 24 tetapi dalam posisi duduk (tidak ditunjukkan dalam gambar)
26. Jarak jangkauan tangan yang terjulur ke depan diukur dari bahu sampai ujung jari tangan

2.2.5. Evaluasi Postur Kerja

Ada beberapa metode yang sering digunakan dalam menganalisis postur kerja, yaitu *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), dan *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS). Dari ketiga metode tersebut dipilih metode RULA untuk menganalisis postur kerja para pekerja *Java Art Stone*. RULA dipilih karena dianggap paling tepat dalam penilaian postur kerja yang kegiatan kerjanya difokuskan pada tubuh bagian atas.

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah suatu metode yang dikembangkan dalam bidang ergonomi yang menginvestigasi dan menilai postur kerja yang dilakukan oleh tubuh bagian atas. Metode penilaian postur kerja ini

tidak memerlukan alat-alat khusus dalam melakukan pengukuran postur leher, punggung, dan tubuh bagian atas (McAtamney, 1993).

Teknologi ergonomi ini mengevaluasi postur, kekuatan, dan aktivitas otot yang menimbulkan cedera akibat aktivitas berulang (*repetitive strain injuries*). RULA memberikan hasil evaluasi yang berupa skor resiko antara satu sampai tujuh. Skor tertinggi menandakan level yang mengakibatkan resiko yang besar atau berbahaya untuk dilakukan dalam bekerja. Sedangkan skor terendah juga tidak berarti menjamin pekerjaan yang diteliti bebas dari *ergonomic Hazards* (Lueder, 1996).

RULA dikembangkan untuk memenuhi tujuan sebagai berikut :

- a. Memberikan suatu metode pemeriksaan populasi pekerja secara cepat, terutama pemeriksaan paparan terhadap resiko gangguan bagian tubuh atas yang disebabkan karena bekerja.
- b. Menentukan penilaian gerakan-gerakan otot yang dikaitkan dengan postur kerja, mengeluarkan tenaga, dan melakukan kerja statis dan repetitive yang mengakibatkan kelelahan otot.
- c. Memberikan hasil yang dapat digunakan pada pemeriksaan atau pengukuran ergonomi yang mencakup faktor-faktor fisik, epidemiologis, mental, lingkungan dan faktor organisasional dan khususnya mencegah terjadinya gangguan pada tubuh bagian atas akibat kerja

RULA membagi bagian tubuh menjadi dua bagian untuk menghasilkan suatu metode yang cepat digunakan, yaitu grup A dan B. Grup A meliputi lengan atas dan lengan bawah serta pergelangan tangan. Sementara grup B meliputi leher, badan dan kaki. Hal ini memastikan bahwa seluruh postur tubuh dicatat sehingga postur kaki, badan dan leher yang terbatas yang mungkin mempengaruhi postur tubuh bagian atas dapat masuk dalam pemeriksaan.

Kisaran gerakan untuk setiap bagian tubuh dibagi menjadi bagian-bagian menurut kriteria yang berasal dari interpretasi literatur yang relevan. Bagian-bagian ini diberi angka sehingga angka 1 berada pada kisaran gerakan atau postur bekerja dimana resiko faktor merupakan terkecil atau minimal. Sementara angka-angka yang lebih tinggi diberikan pada bagian-bagian kisaran gerakan dengan postur yang lebih ekstrim yang menunjukkan adanya faktor resiko yang meningkat yang menghasilkan beban pada struktur bagian tubuh. Pemeriksaan atau pengukuran dimulai dengan mengamati operator selama beberapa siklus

kerja untuk menentukan tugas dan postur pengukuran. Pemilihan mungkin dilakukan pada postur dengan siklus kerja terlama dimana beban terbesar terjadi.

Skor penggunaan otot dan skor tenaga pada kelompok tubuh bagian A dan B diukur dan dicatat dalam kotak-kotak yang tersedia kemudian ditambahkan dengan skor yang berasal dari tabel A dan B, yaitu sbb :

Skor A+ skor penggunaan otot + skor tenaga (beban) untuk kelompok A = Skor C

Skor B + skor penggunaan otot + skor tenaga (beban) untuk kelompok B = Skor C

Setelah diperoleh grand skor, yang bernilai 1 hingga 7 menunjukkan level tindakan (*action level*) sebagai berikut :

Action level 1

Suatu skor 1 atau 2 menunjukkan bahwa postur ini bisa diterima jika tidak dipertahankan atau tidak berulang dalam periode yang lama.

Action level 2

Skor 3 atau 4 yang menunjukkan bahwa diperlukan pemeriksaan lanjutan dan juga diperlukan perubahan-perubahan.

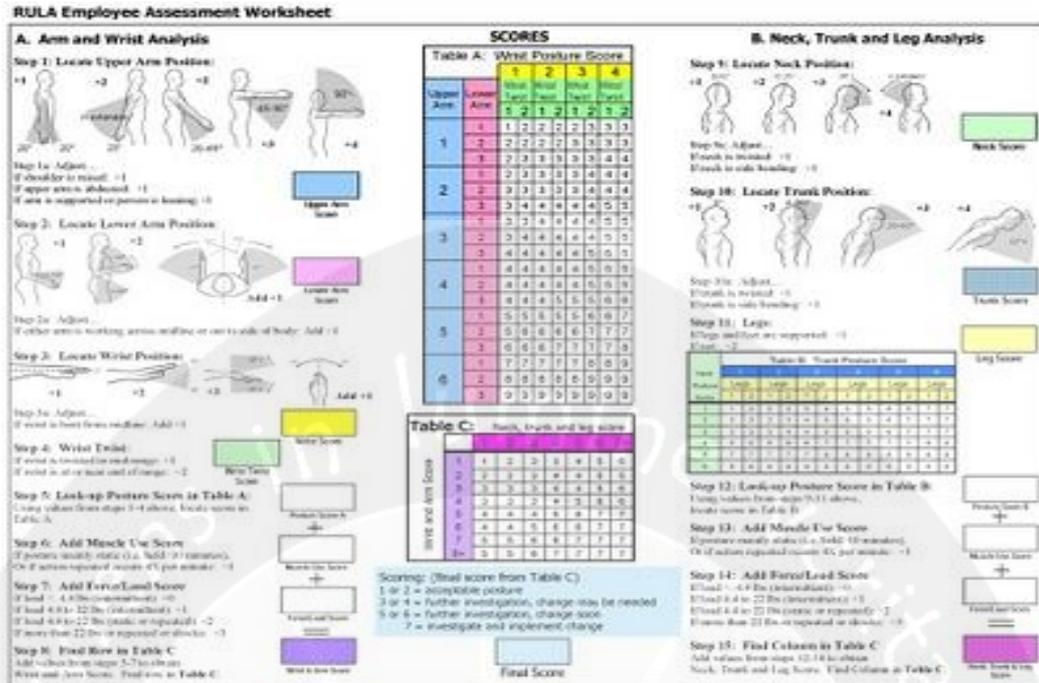
Action level 3

Skor 5 atau 6 menunjukkan bahwa pemeriksaan dan perubahan perlu segera dilakukan

Action level 4

Skor 7 menunjukkan bahwa kondisi ini berbahaya maka pemeriksaan dan perubahan diperlukan dengan sangat segera (saat itu juga).

Contoh lembar analisis postur kerja dengan metode RULA dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Lembar Analisis RULA
 (Sumber: McAtamney dan Corlett, 1993)

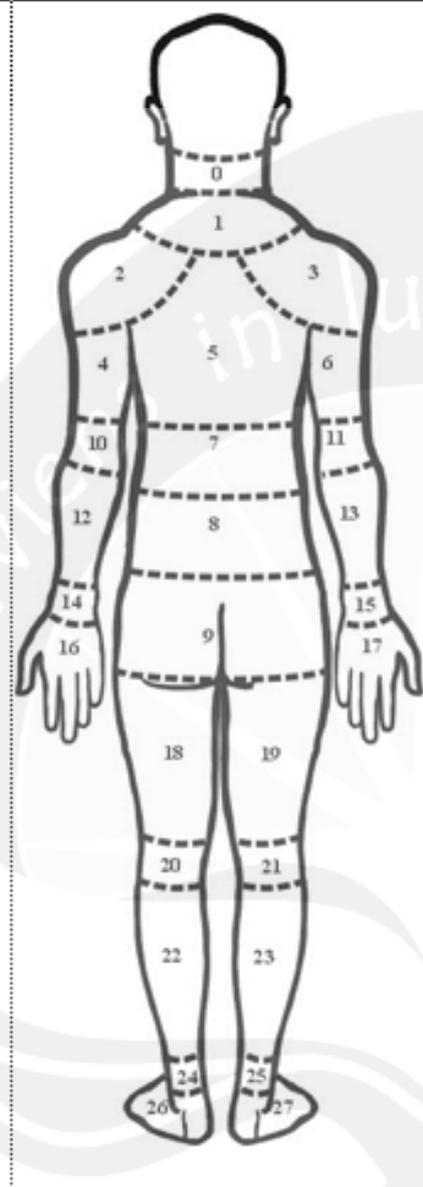
2.2.6. Kuesioner Nordic Body Map

Kuesioner *Nordic Body Map* merupakan kuesioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan atau kesakitan pada tubuh. Kuesioner ini dikembangkan oleh Kuorinka dkk (1987) dan Dickinson dkk (1992). Kuesioner NBM menggunakan gambar tubuh manusia yang sudah dibagi menjadi 9 bagian utama, yaitu:

- a. Leher
- b. Bahu
- c. Punggung bagian atas
- d. Siku
- e. Tumit dan kaki
- f. Punggung bagian bawah
- g. Tangan dan pergelangan tangan
- h. Pantat dan pinggang
- i. Lutut

Responden akan mengisi kuesioner untuk memberikan tanda apakah ada gangguan pada bagian-bagian tubuh tersebut atau tidak. Gambar bagian-bagian

tubuh yang sudah dibagi dan diklasifikasikan pada kuesioner *Nordic Body Map* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



NO	JENIS KELUHAN
0	Sakit / kaku di leher bagian atas
1	Sakit / kaku di leher bagian bawah
2	Sakit di bahu kiri
3	Sakit di bahu kanan
4	Sakit di lengan atas kiri
5	Sakit di punggung
6	Sakit di lengan atas kanan
7	Sakit di pinggang
8	Sakit di bokong
9	Sakit di pantat
10	Sakit di siku kiri
11	Sakit di siku kanan
12	Sakit di lengan bawah kiri
13	Sakit di lengan bawah kanan
14	Sakit di pergelangan tangan kiri
15	Sakit di pergelangan tangan kanan
16	Sakit di tangan kiri
17	Sakit di tangan kanan
18	Sakit di paha kiri
19	Sakit di paha kanan
20	Sakit di lutut kiri
21	Sakit di lutut kanan
22	Sakit di betis kiri
23	Sakit di betis kanan
24	Sakit di pergelangan kaki kiri
25	Sakit di pergelangan kaki kanan
26	Sakit di kaki kiri
27	Sakit di kaki kanan

Gambar 2.4. *Nordic Body Map*

(Sumber: Dickinson dkk, 1992)

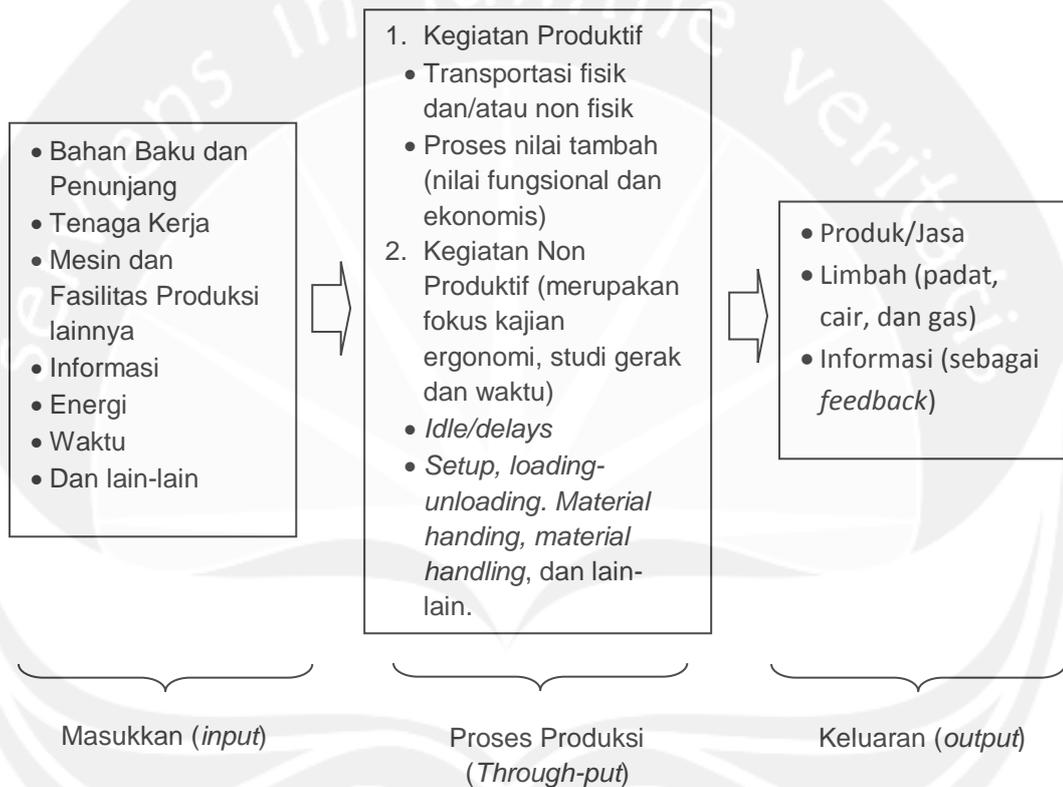
2.2.7. Produktivitas

a. Definisi

Kemajuan teknologi banyak mengakibatkan bergesernya tenaga kerja manusia karena telah digantikan oleh mesin atau peralatan produksi lainnya. Pada negara-negara berkembang produktivitas diartikan sebagai segala usaha yang dilakukan dengan menggunakan sumber daya manusia yang ada. Produktivitas

pada dasarnya akan berkaitan erat pengertiannya dengan sistem produksi, yaitu sistem di mana faktor seperti tenaga kerja (*direct* atau *indirect labor*) dan modal/kapital berupa mesin, peralatan kerja, bahan baku, bangunan pabrik, dan lain sebagainya (Wignjosoebroto, 1995).

Proses produksi dapat dinyatakan sebagai serangkaian aktivitas yang diperlukan untuk memproses sejumlah masukan atau input menjadi keluaran atau output yang memiliki nilai tambah (*value added*). Menurut Wignjosoebroto (1995) proses produksi dapat digambarkan dalam bagan input-output seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Bagan Input-Output dalam Sebuah Proses Produksi

(Sumber: Wignjosoebroto, 1995)

Produktivitas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara output dibagi dengan inputnya. Dengan diketahuinya indeks produktivitas, maka akan diketahui pula seberapa efisien sumber-sumber input yang telah berhasil dihemat. Upaya peningkatan produktivitas secara terus menerus dan menyeluruh merupakan suatu hal yang penting, tidak hanya bagi individu pekerja namun juga bagi perusahaan atau industri itu sendiri.

b. Produktivitas Kerja Manusia dan Cara Pengukurannya

Produktivitas akan selalu dikaitkan dengan efektivitas dan efisiensi kerja. Produktivitas merupakan rasio antara output dibagi dengan inputnya, hal ini juga dapat digunakan untuk mengukur produktivitas manusia yang biasa dilihat dari usaha yang dilakukan oleh manusia tersebut. Jika demikian rasio tersebut umumnya berbentuk keluaran yang dihasilkan oleh aktivitas kerja dibagi dengan jam kerja (*man hours*) yang dikontribusikan sebagai sumber masukan dengan rupiah atau unit produksi lainnya sebagai dimensi tolok ukurnya (Wignjosoebroto, 1995). Beberapa masukan pada Gambar 2.3. pada dasarnya dapat diukur. Untuk beberapa jenis masukan atau keluaran tertentu kadang-kadang agak sulit jika ingin diukur besarnya karena sifatnya abstrak. Dalam hal ini ukuran nilai masukan atau keluaran dapat dikonversi ke dalam bentuk nilai mata uang. Terdapat pula masukan lainnya yang tidak bisa atau sulit untuk dinilai dan diukur besarnya, akan tetapi cukup penting dalam penentuan tingkat produktivitas kerja. Faktor ini dikenal sebagai masukan bayangan (*invisible input*) yang meliputi:

- i. Tingkat pengetahuan (*degree of knowledge*)
- ii. Kemampuan Teknis (*technical skill*)
- iii. Metodologi kerja dan pengaturan organisasi (*managerial skill*)
- iv. Motivasi kerja.

Berdasarkan hal-hal tersebut, produktivitas dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input (measureable)} + \text{Input (invisible)}} \quad (2.1.)$$

2.2.8. Faktor Lingkungan Fisik

Menurut Wignjosoebroto (1995) dan Satalaksana dkk (2006), beberapa faktor lingkungan fisik yang dapat mempengaruhi aktivitas kerja manusia adalah

a. Temperatur

Tubuh manusia dapat menyesuaikan diri dengan temperatur luar jika perubahan temperatur luar tidak melebihi 20% untuk kondisi panas dan 35% untuk kondisi dingin. Dalam keadaan normal tubuh manusia memiliki temperatur yang berbeda-beda, seperti pada bagian mulut sekitar 37°C, bagian dada sekitar 35°C, dan bagian kaki sekitar 28°C. Tubuh manusia bisa menyesuaikan diri karena kemampuannya untuk melakukan proses konveksi, radiasi, dan penguapan jika terjadi kekuarangan atau kelebihan panas yang membebani.

Berikut ini adalah pengaruh yang ditimbulkan dari tingkat temperatur yang diberikan kepada manusia.

$\pm 49^{\circ}\text{C}$: Manusia dapat bertahan pada temperatur ini selama 1 jam, tetapi jauh di atas kemampuan fisik dan mental.

$\pm 30^{\circ}\text{C}$: Aktivitas mental dan daya tanggap mulai menurun dan cenderung untuk melakukan kesalahan dalam pekerjaan dan akan timbul kelelahan fisik.

$\pm 24^{\circ}\text{C}$: Kondisi optimum.

$\pm 10^{\circ}\text{C}$: kelakuan fisik yang ekstrem mulai muncul.

Produktivitas manusia akan mencapai tingkat yang paling tinggi pada temperatur sekitar 24°C - 27°C .

b. Kelembaban (*humidity*)

Kelembaban adalah banyaknya kandungan air yang terkandung dalam udara yang dinyatakan dalam %. Kelembaban dipengaruhi oleh temperatur udara. Suatu keadaan di mana udara yang sangat panas dan kelembaban tinggi akan menimbulkan pengurangan panas dari tubuh secara besar-besaran, karena ada penguapan. Pengaruh lainnya adalah semakin cepatnya denyut jantung karena peredaran darah semakin aktif untuk memenuhi kebutuhan oksigen.

c. Siklus Udara (*ventilation*)

Udara di sekitar kita mengandung 21% oksigen, 0,03% karbondioksida, dan 0,9% gas lainnya. Oksigen merupakan gas yang paling dibutuhkan makhluk hidup untuk bermetabolisme. Oksigen dapat dikatakan kotor jika kandungan zat lain selain oksigen meningkat. Hal ini bisa kita rasakan ketika pernapasan kita mulai terasa sesak, jika hal ini dibiarkan, maka akan mempengaruhi kesehatan dan akan mempercepat proses kelelahan. Hal tersebut dapat ditangani dengan memberi ventilasi yang cukup pada tempat kerja dan menambahkan tanaman untuk memenuhi kebutuhan oksigen.

d. Pencahayaan (*lighting*)

Pencahayaan dibutuhkan untuk melihat benda-benda disekitar dengan jelas, jika pencahayaan kurang, kita akan kesulitan dalam melihat benda-benda di sekitar kita dengan jelas dan pada akhirnya mata kita juga akan kelelahan karena harus melakukan usaha lebih untuk melihat dengan lebih jelas. Lelahnya mata dapat juga mengakibatkan kelelahan mental bagi para pekerja dan akibat terburuknya adalah kerusakan mata.

Kemampuan mata untuk dapat melihat objek dengan jelas ditentukan oleh ukuran objek, derajat kontras antara objek dan sekelilingnya, luminensi, dan lamanya melihat. Yang dimaksud dengan kontras adalah perbedaan derajat terang relatif antara objek dengan sekelilingnya, sedangkan luminensi berarti arus cahaya yang dipantulkan oleh objek.

e. Kebisingan

Kebisingan adalah bunyi-bunyian yang tidak dikehendaki oleh telinga kita, karena dalam jangka pendek dapat mengurangi ketenangan kerja, mengganggu konsentrasi, dan menyulitkan komunikasi. 3 aspek yang menentukan kualitas suatu bunyi terhadap tingkat gangguan pada manusia adalah lama, intensitas, dan frekuensinya. Intensitas diukur dengan satuan desibel (dB). Hal ini menunjukkan besarnya arus per satuan luas. Skala intensitas yang biasa terjadi di suatu tempat kerja akibat alat atau keadaan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabael 2.1. Intensitas Kebisingan dan Contoh Keberadaanya

(Sumber: Satalaksana, 2006)

	Desibel	Batas Dengar Tertinggi
Menulikan	101-120	Halilintar Meriam Mesin Uap
Sangat Kuat	81-100	Jalan Hiruk-pikuk Pabrik sangat gaduh Peluit polisi
Kuat	61-80	Kantor gaduh Jalan pada umumnya Radio Perusahaan
Sedang	41-60	Rumah gaduh Kantor umumnya Percakapan kuat Radio perlahan
Tenang	21-40	Rumah tenang Kantor Perorangan Auditorium Percakapan

Tabel 2.1. Lanjutan

	Desibel	Batas Dengar Tertinggi
Sangat Tenang	0-20	Suara daun-daun Berdesis Batas dengar terendah

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

f. Getaran Mekanis

Getaran mekanis adalah getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis, yang sebagian dari getaran ini sampai ke tubuh kita dan menimbulkan akibat-akibat yang tidak diinginkan oleh tubuh kita. Besarnya getaran ditentukan oleh intensitas (meter/detik) dan frekuensi getarnya (getar/detik). Getaran mekanis sangat mengganggu karena ketidakteraturannya, sedangkan organ-organ tubuh manusia mempunyai frekuensi yang alami. Getaran mekanis yang terjadi pada tubuh manusia dapat mengganggu dalam hal mempengaruhi konsentrasi saat bekerja, mempercepat datangnya kelelahan, menyebabkan beberapa gangguan pada saraf mata, peredaran darah, otot-otot, tulang-tulang, dan lain-lain. Efek jangka panjangnya adalah terkena *white finger*.

g. Bau-bauan

Bau-bauan dapat dianggap sebagai salah satu pencemaran, terlebih jika bau-bauan tersebut dapat mengganggu konsentrasi dalam bekerja. Efek jangka panjang, bau-bauan akan merusak kepekaan dalam penciuman. Suhu dan kelembaban merupakan faktor yang dapat mempengaruhi kepekaan penciuman. Oleh karena itu penggunaan *air conditioning* dapat digunakan sebagai salah satu cara menghilangkan bau-bauan yang mengganggu di sekitar lingkungan kerja.

h. Warna

Warna yang dimaksud dalam faktor lingkungan adalah warna tembok ruangan dan objek-objek dominan di dalam ruangan. Selain mempengaruhi kemampuan mata dalam melihat, warna juga dapat mempengaruhi manusia dalam hal psikologis. Pengaturan warna ruangan harus disesuaikan dengan aktivitas kerjanya. Beberapa contoh sifat warna adalah merah memberikan kesan

merangsang, kuning memberikan kesan luas atau lega, hijau dan biru memberikan kesan segar, sejuk, dan aman, warna gelap memberikan kesan sempit, dan warna terang memberikan kesan leluasa.

