

Prinsip-Prinsip Perancangan Berbasis Dimensi Tubuh (Antropometri) Dan Perancangan Stasiun Kerja 1)

Oleh :

Sritomo W. Soebroto 2)

Laboratorium Ergonomi & Perancangan Sistem Kerja

Jurusan Teknik Industri FTI-ITS

<msritomo@rad.net.id>

*When you can measure what you are speaking about and express it in numbers,
you know something about it; but when you cannot express it in numbers,
your knowledge is of a meager and unsatisfactory kind*
(Lord Kelvin)

1. Pendahuluan.

Kata antropometri berasal dari bahasa Yunani (Greek), yaitu *anthropos* yang berarti manusia (man, human) dan *metrein* (to measure) yang berarti ukuran. Studi tentang ukuran (tubuh) manusia akan memberikan penjelasan kalau manusia itu pada dasarnya memiliki berbeda satu dengan yang lain. Manusia akan bervariasi dalam berbagai macam dimensi ukuran seperti kebutuhan, motivasi, inteligensia, imajinasi, usia, latar belakang pendidikan, jenis kelamin, kekuatan, bentuk dan ukuran tubuh, dan sebagainya. Dengan memiliki data antropometri yang tepat, maka seorang perancang produk ataupun fasilitas kerja akan mampu menyesuaikan bentuk dan geometris ukuran dari produk rancangannya dengan bentuk maupun ukuran segmen-segmen bagian tubuh yang nantinya akan mengoperasikan produk tersebut. Dengan demikian juga dapat dipastikan kalau sebagian besar (mayoritas) populasi dari konsumen produk tersebut nantinya akan dapat menggunakan/mengoperasikan produk secara efektif, efisien dan nyaman; dan hanya sebagian kecil saja yang diperkecualikan atau tidak terakomodasikan.

Bagaimana kita bisa membuktikan bahwa manusia itu pada dasarnya berbeda dan bagaimana pula sebuah aktivitas dapat diselesaikan dengan melihat realitas perbedaan karakteristik yang ada tersebut? Untuk menyelesaikan masalah ini, ada dua langkah yang bisa ditempuh. Pertama, dilakukan proses seleksi untuk memilih orang dari populasi yang ada yang dianggap memenuhi persyaratan dan kemampuan untuk menyelesaikan beban tugas (*fit the person to the job*). Kedua, dilakukan modifikasi terhadap tugas maupun fasilitas kerja yang akan dioperasikan agar sesuai dengan ukuran-ukuran dan batas kemampuan yang bisa dilakukan oleh mayoritas pekerja yang ada (*fit the job to the person*). Bagaimana modifikasi tugas dan pekerjaan tersebut dapat dilakukan? Seberapa besar batas ukuran (berat, geometris, dsb) yang harus ditetapkan agar mayoritas (upper percentile) dapat melaksanakan beban tugas yang dirancang? Ini semua akan bisa dirancang kalau kita memiliki informasi data yang lengkap, tepat dan relevan terkait dengan ukuran-ukuran (kelebihan dan/atau keterbatasan) manusia. Seorang perancang produk, fasilitas kerja, maupun sistem kerja akan selalu berharap agar hasil rancangannya nanti bisa dioperasikan oleh mayoritas orang dari populasi, dan cenderung mengabaikan eksklusivitas individu atau minoritas populasi yang ada. Strategi perancangan juga ditetapkan untuk kemanfaatan operasional bagi setiap orang dan tidak berorientasi pada kepentingan individu 1-2 orang yang seharusnya memang merupakan perkecualian.

-
- 1) *Paper disampaikan sebagai pengantar diskusi dalam Lokakarya IV “Methods Engineering: Adaptasi ISO/TC159 (Ergonomics) dalam Standar Nasional Indonesia (SNI)” pada tanggal 17-19 Oktober 2000 di Laboratorium Perancangan Sistem Kerja & Ergonomi – Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Bandung (ITB) - Bandung.*
 - 2) *Dosen (Lektor Kepala) dan Kepala Laboratorium Ergonomi & Perancangan Sistem Kerja – Jurusan Teknik Industri – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) - Surabaya.*

2. Nilai & Ukuran Populasi.

Berbagai upaya untuk mengetahui dimensi ukuran dan karakteristik fisik tubuh manusia telah banyak diperoleh untuk berbagai macam kepentingan dan kebutuhan terutama dalam proses perancangan produk maupun fasilitas kerja. Dari studi yang dilakukan oleh Gordon, et.al. (1989) dan Kroemer (1994) yang mencoba mengukur dimensi fisik (tinggi) dari manusia dewasa warga Amerika Serikat (95-th percentile) diperoleh data untuk tinggi rata-rata 186.65 cm dengan standard deviasi 6.68 cm (laki-laki) dan 173.73 cm dengan standard deviasi 6.36 cm (wanita). Sedangkan untuk berat badan, dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Marras dan Kim (1993) diperoleh data berat badan sebesar 182.3 lbs (laki-laki) dan 139.2 lbs (wanita). Data antropometri ini jelas akan berbeda untuk satu bangsa (ras/etnis) dibandingkan dengan bangsa lain. Secara umum dapat disimpulkan kalau tinggi (maupun berat) badan dari manusia Amerika atau Eropa akan lebih tinggi atau berat dibandingkan dengan manusia Asia seperti Jepang, China ataupun Indonesia. Dengan demikian rancangan produk, fasilitas kerja ataupun stasiun kerja yang menerapkan data antropometri yang diambil dari populasi manusia Amerika akan tidak sesuai pada saat harus dioperasikan oleh manusia Asia (Indonesia). Untuk itu jelas memerlukan penyesuaian-penyesuaian agar lebih layak untuk dioperasikan dengan ukuran tubuh manusia pemakainya.

Penentuan dimensi ukuran dan karakteristik fisik tubuh manusia yang akan diaplikasikan dalam proses perancangan bukanlah satu hal yang mudah. Data antropometri yang ada dan telah diperoleh melalui sebuah penelitian khusus seringkali tidak bisa memberikan sebuah gambaran umum dan homogen dari populasi yang ingin ditampilkan. Dimensi ukuran tubuh manusia akan dibedakan melalui berbagai faktor yang ada, seperti data antropometri untuk laki-laki (male population) akan dibedakan dengan wanita (female population). Umumnya laki-laki akan memiliki ukuran-ukuran fisik tubuh yang lebih besar (tinggi, panjang, berat, dan sebagainya) dibandingkan dengan wanita. Untuk bagian-bagian tertentu saja dari anggota tubuh (sebagai contoh pinggul atau lingkaran dada), wanita akan lebih besar dibandingkan dengan laki-laki. Disisi lain faktor umur (usia) juga akan menentukan perbedaan ukuran tubuh manusia. Manusia dewasa (adult) jelas akan memiliki dimensi ukuran yang berbeda dibandingkan dengan anak-anak yang baru tumbuh dan berkembang kondisi fisiknya. Dari hasil penelitian ergonomis yang pernah dilakukan, manusia bisa terus tumbuh berkembang lebih tinggi sampai batas usia sekitar 21 tahun (laki-laki) dan sedikit mendekati usia 18 tahun (wanita). Kekuatan fisik manusia akan berkurang dan melemah pada usia diatas 50 tahun; sedangkan puncak performans yang mampu ditampilkan adalah berkisar pada usia sekitar 23 – 27 tahun.

Selain jenis kelamin dan tingkatan umur, antropometri data juga akan dibedakan menurut asal-usul ras (bangsa) dan/atau kesukuannya (etnis). Oleh karena itu, apa yang telah dihasilkan oleh penelitiannya Gordon, Kroemer ataupun Marras dan Kim diatas tidaklah sepenuhnya tepat untuk menggambarkan antropometri manusia Amerika Serikat yang pada dasarnya sangat heterogen itu (dilihat dari asal-usul ras maupun etnis) yang berasal dari berbagai macam suku-bangsa yang ada di dunia (Eropa, Asia, dan sebagainya). Mengacu pada kondisi perbedaan ras dan etnik tersebut, maka jelas bukan satu hal yang mudah untuk menetapkan standar data antropometri bagi manusia Indonesia yang dilihat dari jenis etnisnya begitu banyak variasinya. Jelas untuk ini diperlukan sebuah penelitian yang cermat dan melibatkan jumlah sampel besar untuk merepresentasikan populasi penduduk yang sangat heterogen sekali.

Mengenai kekuatan (strength) untuk melakukan kerja manual, maka manusia sangat mengandalkan kemampuan otot (muscle) yang dimilikinya. Besar kecilnya kekuatan kerja otot ini sangat bervariasi. Tidak saja dibedakan oleh jenis kelamin maupun tingkat usia, akan tetapi juga akan dipengaruhi oleh anggota tubuh (lengan tangan atau tungkai kaki) yang dipakai untuk melakukan gerakan kerja; arah gerakan kerja seperti mendorong, mengangkat atau menarik; dan bagian anggota tubuh (lengan tangan maupun kaki) yang biasa dipakai dan disukai untuk melakukan aktivitas seperti tangan kiri ataupun tangan kanan. Konz (1995) dalam penelitiannya yang terkait dengan kekuatan otot dalam melakukan kerja manual ini menyimpulkan antara lain (a) kekuatan otot kaki sekitar tiga kali lebih besar dibandingkan dengan kekuatan otot tangan/lengan, (b) arah gerakan sangat penting untuk diperhatikan, dimana kekuatan lengan pada posisi sudut yang tidak optimal hanya berkekuatan 50-80% bila dibandingkan kekuatan dalam posisi sudut optimalnya, (c) pemakaian lengan/tangan yang tidak biasa digunakan untuk bekerja (non-preferred

arm) memiliki kekuatan rata-rata 60-150% --- tergantung sudut dan arah gerakan kerja --- dari kekuatan lengan/tangan yang biasa dan lebih disenangi (preferred arm) untuk dipakai dalam melakukan kegiatan kerja, dan (d) tidak ada perbedaan yang terlalu signifikan antara kekuatan otot kaki kiri maupun kanan pada saat digunakan untuk bekerja.

Selanjutnya mengenai luas permukaan tubuh (body surface area) dapat diukur menurut formula DuBois yang merupakan fungsi dari tinggi dan berat badan, yaitu : $DBSA = 0.007184 (HT)^{0.725} (WT)^{0.425}$ dimana $DBSA =$ DuBois surface area (m^2), $HT =$ tinggi badan (cm), dan $WT =$ berat badan (kg). Formula DuBois (diukur berdasarkan 5 subyek) ini kemudian dikoreksi oleh penelitiannya Mitchel, et.al. (1971) yang melakukan perbaikan dalam metode pengukuran dan memperluas subyek pengukuran menjadi 16 subyek dan menghasilkan formulasi baru : $SA = 0.208 + 0.945 DBSA$, dimana $SA =$ surface area (m^2). Total dari luas tubuh ini selanjutnya dapat dibagi-bagi lagi dalam beberapa segmen anggota tubuh (Van Graan, 1969) dimana porsi untuk luasan dua lengan dan tangan = 18.1%, dua kaki = 35,9%, badan = 37,5%, bagian kepala dan leher = 8.5%.

Dalam kaitannya dengan perancangan produk, fasilitas kerja maupun stasiun kerja (work station); maka data antropometri yang paling tepat untuk diimplementasikan adalah data yang diukur secara langsung terhadap populasi manusia yang nantinya akan mengoperasikan hasil rancangan tersebut. Karakteristik jenis pekerjaan jelas akan memberikan perbedaan-perbedaan dalam data antropometri yang harus diakomodasikan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja. Beberapa tipikal pekerjaan tertentu yang individu pekerjanya direkrut melalui proses seleksi yang ketat --- dilihat dari aspek usia, tinggi dan berat badan minimum/maksimum, maupun kondisi kesehatan serta kemampuan fisiknya --- seperti halnya dijumpai dalam personil militer; maka data antropometri yang diperoleh dari kelompok populasi ini jelas tidak akan bisa representatif diaplikasikan untuk perancangan fasilitas maupun stasiun kerja di industri. Pekerja di industri (civil works) berasal dari populasi yang berbeda jika dibandingkan dengan personil militer. Proses rekrutmennya tentu tidak terlalu didasarkan pada "keseagaman" bentuk, ukuran maupun ketahanan fisik, tetapi lebih banyak didasarkan pada ukuran maupun persyaratan lain yang lebih dekat dengan pendidikan, ketrampilan maupun pengalaman terhadap jenis pekerjaan yang akan dilaksanakan.

3. Perhitungan Statistik.

Seperti telah diuraikan didepan, studi tentang antropometri akan banyak terkait dengan teknik pengukuran dan data ukuran tentang dimensi tubuh manusia (tinggi badan, panjang lengan/kaki, lebar bahu, dsb) serta karakteristik fisik lain dari tubuh manusia seperti berat, massa, volume, pusat gravitasi, kekuatan otot, dan sebagainya. Pengukuran antropometri merupakan satu hal yang penting dan merupakan elemen kritis dalam proses perancangan produk, fasilitas kerja maupun area stasiun kerja. Berdasarkan data antropometri (biasanya diperoleh melalui pengukuran sampel populasi yang representatif) yang ada, akan memberi kemungkinan bagi seorang perancang untuk mengakomodasikan potensial populasi yang dikehendaki untuk menggunakan/mengoperasikan hasil rancangannya kelak. Berbagai macam data antropometri telah banyak dikumpulkan dan dipublikasikan untuk populasi orang yang dibedakan menurut jenis kelamin, usia, ras/etnis dan sebagainya. Data antropometri biasanya diklasifikasikan menurut besaran percentile 5th, 10th, 50th, 90th, dan 95th. Dalam pemakaian data antropometri, satu hal yang penting dan harus selalu diingat adalah segmen populasi (group of people) yang mana yang ingin untuk direkomendasikan dalam penetapan dimensi ukuran dari produk rancangan. Sebagai contoh, bilamana seorang perancang stasiun kerja ingin merancang fasilitas produksi yang akan dioperasikan dalam sebuah lintasan perakitan; maka data antropometri yang seyogyanya diterapkan adalah data untuk pekerja laki-laki dengan usia sekitar 18 – 30 tahun (dewasa).

Untuk penentuan dimensi ukuran yang akan menggunakan data antropometri, maka harga rata-rata (mean) dari ukuran bagian anggota tubuh (tinggi badan, panjang lengan, dsb-nya) merupakan data terpenting yang harus diketahui dan diukur. Meskipun banyak karakteristik antropometri yang tidak bisa semuanya digambarkan secara persis memenuhi persyaratan distribusi normal, akan tetapi dengan pendekatan distribusi normal ini dengan mudah akan bisa ditetapkan bahwa harga rata – rata dari sebuah obyek

pengukuran akan ekuivalen dengan ukuran 50th percentile. Dengan demikian variabilitas dari ukuran fisik manusia yang ada dalam populasi akan bisa dijelaskan melalui perhitungan statistik dengan memakai parameter harga rata-rata, standard deviasi atau koefisien variasi yang ada. Variabilitas absolut dari populasi akan ditentukan melalui perhitungan standard deviasi, sedangkan untuk variabilitas relatif dari populasi akan diberikan melalui koefisien variasi. Sebagai contoh, bilamana dari hasil pengukuran mengenai tinggi pekerja wanita diperoleh harga rata-rata sebesar 162.94 cm dengan standard deviasi (variabilitas absolut) = 6.36 cm; maka dalam hal ini koefisien variasi dapat dihitung = $6.36/162.94 = 0.039$ atau 3.9% (variabilitas relatif). Selanjutnya penetapan nilai persentil (percentile) akan dilakukan sesuai dengan ketentuan yang ada dalam tabel probabilitas distribusi normal (Wignjosoebroto, 1995); dan besarnya juga akan ditentukan melalui harga rata-rata (mean) dan penyimpangan baku (standard deviasi) dari populasi yang diketahui (dihitung). Nilai persentil ini akan menunjukkan seberapa besar prosentase populasi yang memiliki ukuran tubuh (antropometri) diatas atau dibawah sebuah ukuran tertentu. Sebagai contoh, bilamana dari hasil pengukuran tinggi pekerja laki-laki diperoleh harga rata-rata (mean) sebesar 175.58 cm dan standard deviasi 6.68 cm. Apabila kita sendiri (misalkan) memiliki tinggi 170.0 cm, maka hal ini akan menunjukkan kalau tinggi tubuh kita berada pada (-) 5.58 cm dibawah rata-rata tinggi populasi pekerja laki-laki atau kalau dikonversikan dalam standard unit penyimpangan yang ada sebesar $5.58/6.68 = 0.84$ standard unit dibawah tinggi rata-rata. Dari tabel distribusi normal, angka standard unit (z) sebesar 0.84 tersebut ekuivalen dengan 20th percentile. Hal tersebut dapat memberikan kesimpulan kalau sekitar 20 % dari populasi yang ada akan memiliki tinggi tubuh yang lebih pendek, dan sekitar 80 % akan lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran (tinggi) tubuh kita sendiri.

4. Aplikasi Data Antropometri dalam Perancangan.

Data antropometri untuk berbagai ukuran anggota tubuh --- baik yang diukur dalam posisi tetap (*structural body dimension*) ataupun posisi bergerak dinamis sesuai dengan fungsi yang bisa dikerjakan oleh anggota tubuh tersebut (*functional body dimension*) --- dan dikelompokkan berdasarkan nilai persentil dari populasi tertentu akan sangat bermanfaat untuk menentukan ukuran-ukuran yang harus diakomodasikan pada saat perancangan sebuah produk, fasilitas kerja maupun stasiun kerja. Persoalan yang paling mendasar dalam mengaplikasikan data antropometri dalam proses perancangan adalah bagaimana bisa menemukan dimensi ukuran yang paling tepat untuk rancangan yang ingin dibuat agar bisa mengakomodasikan mayoritas dan potensial populasi yang akan menggunakan/mengoperasikan hasil rancangan tersebut. Dalam hal ini ada dua dimensi rancangan yang akan dijadikan dasar menentukan minimum dan/atau maksimum ukuran yang umum ingin ditetapkan, yaitu :

- Dimensi jarak ruangan (*clearance dimensions*), yaitu dimensi yang diperlukan untuk menentukan *minimum* ruang (space) yang diperlukan orang untuk dengan leluasa melaksanakan aktivitas dalam sebuah stasiun kerja baik pada saat mengoperasikan maupun harus melakukan perawatan dari fasilitas kerja (mesin dan peralatan) yang ada. Jarak ruangan (clearance) dalam hal ini dirancang dengan menetapkan dimensi ukuran tubuh yang terbesar (upper percentile) dari populasi pemakai yang diharapkan. Sebagai contoh pada saat kita merancang ukuran lebar jalan keluar-masuk (personal aisle) ke sebuah areal kerja, maka disini dimensi ukuran lebar jalan akan ditentukan berdasarkan data antropometri (lebar badan) dengan persentil terbesar (95th atau 97.5th percentile) dari populasi.
- Dimensi jarak jangkauan (*reach dimension*), yaitu dimensi yang diperlukan untuk menentukan *maksimum* ukuran yang harus ditetapkan agar mayoritas populasi akan mampu menjangkau dan mengoperasikan peralatan kerja (tombol kendali, keyboard, dan sebagainya) secara mudah dan tidak memerlukan usaha (effort) yang terlalu memaksa. Disini jarak jangkauan akan ditetapkan berdasarkan ukuran tubuh terkecil (lower percentile) dari populasi pemakai yang diharapkan dan biasanya memakai ukuran 2.5th atau 5th percentile.

Berdasarkan dua dimensi rancangan tersebut diatas dan untuk mengaplikasikan data antropometri agar bisa menghasilkan rancangan produk, fasilitas maupun stasiun kerja yang sesuai dengan ukuran tubuh dari populasi pemakai terbesarnya (*fitting the task to the man*); maka ada tiga filosofi dasar perancangan yang

bisa dipilih sesuai dengan tuntutan kebutuhannya (Tayyari dan Smith, 1997), yaitu (a) Rancangan untuk ukuran rata-rata (*design for average*), yang banyak dijumpai dalam perancangan produk/fasilitas yang dipakai untuk umum (public facilities) seperti kursi kereta api, bus dan fasilitas umum lainnya yang akan dipakai oleh orang banyak (problem utama jarang sekali dijumpai orang yang memiliki dimensi ukuran rata-rata, sehingga rancangan yang dibuat tidak akan bisa sesuai dengan ukuran mayoritas populasi yang ada); (b) Rancangan untuk ukuran ekstrim (*design for extreme*), yang ditujukan untuk mengakomodasikan mereka yang memiliki ukuran yang terkecil atau yang terbesar (dipilih salah satu) dengan orientasi mayoritas populasi akan bisa terakomodasi oleh rancangan yang dibuat; dan (c) Rancangan untuk ukuran yang bergerak dari satu ekstrim ke ekstrim ukuran yang lain (*design for range*), yang diaplikasikan untuk memberikan fleksibilitas ukuran (karena ukuran mampu diubah-ubah) sehingga mampu digunakan oleh mereka yang memiliki ukuran tubuh terkecil maupun yang terbesar (biasanya akan memakai ukuran dari range percentile 5th dan 95th).

Selanjutnya untuk mengaplikasikan data antropometri dalam proses perancangan ada beberapa langkah dan sistematika prosedur yang harus ditempuh yang dapat dijelaskan sebagai berikut: (a) Tentukan terlebih dahulu mayoritas (potensi) dari populasi yang diharapkan akan memakai/mengoperasikan produk/fasilitas rancangan yang akan dibuat (seperti yang dilakukan dalam langkah penetapan target & segmentasi pasar), (b) Tentukan proporsi dari populasi (percentile) yang harus diikuti, seperti 90th, 95th, 97.5th ataukah 99th percentile?, (c) Tentukan bagian-bagian tubuh dan dimensinya yang akan terkait dengan rancangan yang dibuat, (d) Tentukan prinsip ukuran yang harus diikuti apakah rancangan tersebut untuk ukuran ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel (range), ataukah menggunakan ukuran rata-rata, dan (e) Aplikasikan data antropometri yang sesuai dan tersedia, bilamana diperlukan tambahkan dengan “*allowance*” untuk mengantisipasi ketebalan pakaian yang harus dikenakan, pemakaian sarung tangan (gloves), dan sebagainya.

5. Perancangan Stasiun Kerja.

Stasiun kerja (work station) adalah area, tempat atau lokasi dimana aktivitas produksi akan diselenggarakan untuk merubah bahan baku menjadi sebuah produk yang memiliki nilai tambah. Apple (1977) mendefinisikannya sebagai “*the space occupied by a machine or work bench, necessary auxiliary equipment, and operator; or it may contain a group of smaller or a group of similar machines, and may require more than one operator*”. Stasiun kerja merupakan area 3 (tiga) dimensi yang mengelilingi seorang pekerja (operator) yang batas-batas dimensi ruangnya akan ditentukan oleh titik-titik singgung yang dapat dicapai dengan mudah oleh bagian-bagian tubuh (terutama anggota tubuh untuk melakukan gerakan-gerakan kerja, seperti kaki maupun lengan/tangan) dan lokasi untuk penempatan mesin, perkakas kerja, mekanisme kendali maupun display, dan fasilitas kerja lainnya yang akan dioperasikan oleh pekerja. Stasiun kerja yang dirancang secara benar akan mampu memberikan keselamatan dan kenyamanan kerja bagi operator yang selanjutnya akan berpengaruh secara signifikan didalam menentukan kinerjanya. Dalam hal ini ada hubungan yang erat antara kenyamanan dan produktivitas kerja yang mampu dicapai oleh seorang pekerja; meskipun masih banyak orang yang berasumsi bahwa produktivitas dan kualitas kerja (*quality of work life*) merupakan fungsi linier dari tingkatan upah maupun insentif yang bisa diberikan pada pekerja. Begitu pula banyak orang kurang menyadari kalau ketidak-nyamanan kerja yang dirasakan oleh seorang pekerja ternyata diakibatkan kesalahan-kesalahan didalam perancangan fasilitas kerja yang harus dioperasikan maupun stasiun kerja dimana operator akan menghabiskan sebagian besar waktunya dalam area kerja (work envelope) yang sempit dan terbatas. Ketidak-nyamanan kerja bisa juga disebabkan oleh posisi kerja yang tidak benar (misalkan terlalu lama berdiri) dan mengakibatkan diperlukannya energi tambahan yang akhirnya mempercepat datangnya kelelahan, penurunan kinerja dan produktivitas.

Stasiun kerja haruslah dirancang sedemikian rupa sehingga pekerja akan mampu melaksanakan aktivitasnya secara efektif, leluasa dan nyaman. Spesifikasi rancangan stasiun kerja akan terkait erat dengan karakteristik fisik (data antropometri yang diukur baik melalui metode pengukuran statik maupun dinamik) manusia yang akan berinteraksi dengan sistem kerja yang ada. Untuk mencapai kondisi tersebut, maka ada 2 (dua) faktor penentu yang harus diperhitungkan dalam proses perancangan sebuah stasiun

kerja, yaitu (a) harus selalu diingat bahwa populasi pekerja akan sangat bervariasi dan berbeda-beda baik dalam bentuk maupun ukuran tubuh (antropometri)-nya; dan (b) harus dipahami benar tentang karakteristik dari populasi pemakai produk ataupun fasilitas kerja seperti pendidikan, kultur, skill, attitude, kemampuan fisik maupun mental, dan lain-lain. Kesalahan pokok yang sering dilakukan oleh seorang perancang adalah menempatkan karakteristik dan spesifikasi ukuran yang ada pada dirinya sendiri kedalam rancangan yang akan dibuatnya. Prinsip yang ingin diterapkan disini adalah “*if I can use it, it must be designed well*” . Kesalahan mendasar semacam ini hanya dapat dieliminir dengan cara menerapkan data antropometri yang tepat dan relevan dengan populasi terbesar pemakainya.

Agar dapat menghasilkan rancangan stasiun kerja yang mampu memberikan kondisi kerja yang efektif, efisien, nyaman dan aman, maka dalam hal ini Tayyari dan Smith (1997) merekomendasikan 6 (enam) prinsip umum untuk diikuti, yaitu sebagai berikut :

- Prinsip tentang apa-apa yang harus bisa *dilihat* dan diidentifikasi dengan jelas oleh seorang pekerja pada posisi dimana seharusnya dia berada. Untuk memenuhi prinsip ini, maka mekanisme display maupun kendali (kontrol) --- baik ditinjau dari segi jumlah maupun jenis/tipikalnya --- haruslah dirancang serta ditempatkan (layout) pada posisi dan jarak yang mudah untuk dilihat, dimonitor serta dioperasikan.
- Prinsip tentang apa-apa yang harus mampu *didengar* secara jelas oleh seorang pekerja pada posisi dimana seharusnya dia berada. Apa yang harus bisa didengar secara jelas tersebut meliputi kebutuhan untuk bisa berkomunikasi lisan dengan pekerja lain (berada di stasiun kerja yang berbeda), kebutuhan untuk mampu mendengarkan signal suara yang berasal dari mesin ataupun fasilitas kerja yang dioperasikan dan menjadi tanggung-jawab dalam hal pengawasannya, dan sebagainya.
- Prinsip tentang ruang lingkup tugas (aktivitas) yang harus dikerjakan oleh seorang pekerja dalam batas-batas area kerja yang menjadi tanggung-jawabnya. Dalam hal ini harus bisa dianalisa dan diidentifikasi gerakan-gerakan kerja yang harus dilakukan oleh pekerja, terutama pada saat yang bersangkutan harus berinteraksi dengan fasilitas kerja yang dioperasikannya. Gerakan-gerakan kerja tersebut bisa berupa kegiatan untuk mengangkat (lifting), membawa (transporting atau material handling), atau mengatur letak (positioning atau loading-unloading) material, dan sebagainya. Agar gerakan kerja tersebut bisa dilakukan secara leluasa, maka diperlukan akses ruang yang cukup untuk dilalui oleh pergerakan operator maupun peralatan material handling.
- Prinsip tentang urutan kerja yang harus dilalui untuk penyelesaian sebuah kegiatan. Disini harus dipahami benar kondisi alami dan urutan pekerjaan yang harus diselesaikan oleh seorang pekerja.
- Prinsip tentang perlunya ada ruang dan jarak (*clearance*) untuk memberikan keleluasaan pada pekerja agar bisa bekerja dengan efektif, efisien, nyaman dan aman. Analisa tekno-ekonomi dalam penetapan “clearance” yang harus diberikan akan menentukan kelancaran aktivitas yang harus dilakukan, dan disisi lain costs (untuk tambahan space) harus dijaga dalam batas-batas yang seminimal mungkin.
- Prinsip tentang perlu tidaknya area khusus untuk menempatkan material (storage) dalam sebuah stasiun kerja. Perancang harus mengalokasikan ruang yang cukup untuk menempatkan bahan baku (raw material), produk setengah jadi (in-process work-pieces) dan produk jadi (finished goods). Demikian juga perlu diberikan ruang yang cukup untuk penempatan perkakas kerja ataupun alat bantu lainnya yang akan digunakan dan harus disimpan dalam stasiun kerja.

Berdasarkan ke-enam prinsip tersebut diatas, maka dapat disimpulkan kalau perancangan stasiun kerja yang diharapkan memenuhi persyaratan ergonomis untuk menentukan dimensi ukuran akan didasarkan pada 3 (tiga) faktor, yaitu (a) data antropometri yang dipakai, (b) kondisi alami (nature) dari pekerjaan yang harus diselesaikan, dan (c) pola perilaku pekerja. Perancangan stasiun kerja yang dilakukan secara benar akan mampu memberikan hasil kerja yang lebih ekonomis, meningkatkan efektivitas dan efisiensi

kerja, memungkinkan pengaturan posisi kerja operator (duduk, berdiri atau kombinasi posisi kerja duduk dan berdiri), meminimalkan kelelahan fisik (ototi), serta meminimalkan resiko terhadap kesehatan dan keselamatan kerja.

6. Referensi.

Apple, James M. *Plant Layout and Material Handling*. New York : John Wiley & Sons, 1977.

Gordon, C., Churchill. et al. *Anthropometric Survey of US Army Personnel*. Natic, Mass : US Army Natick Research, Development and Engineering Center, 1989.

Marras, W. and Kim, J. *Anthropometry of Industrial Populations*. Ergonomics, Vol. 36 [4], 1993.

Konz, Stephan. *Work Design : Industrial Ergonomics*. Scottsdale, Arizona : Publishing Horizons, Inc. 1995.

Kroemer, K., Kroemer, H., and Kroemer-Elbert, K. *Ergonomics*. Englewood Cliffs, NJ. : Prentice- Hall, 1994.

Tayyari, Fariborz and Smith, James L. *Occupational Ergonomics: Principles and Applications*. London: Chapman & Hall. 1997.

Wignjosoebroto, Sritomo. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu: Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Jakarta : Penerbit Guna Widya, 1995.

-----ooo0ooo-----

07/msritomo/me-itb/2000