

PENGUJIAN ERGONOMI DALAM PERANCANGAN DESAIN PRODUK

Saufik Luthfianto¹⁾ Siswiyanti²⁾

Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Pancasila Tegal
Jalan Halmahera Km.1 Tegal
Telepon (0283)342519
Email : saufik_2000@yahoo.com¹⁾
Magister Teknik Industri Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km. 14 Sleman Yogyakarta
Telepon (0274) 895287 ekst 147²⁾

Abstrak

Untuk menghasilkan produk yang baik dalam perancangan produk, dibutuhkan serangkaian kegiatan berupa perencanaan maupun pengembangan produk, mulai dari tahap penggalan ide, analisis dilanjutkan dengan tahap pengembangan, konsep perancangan, sistem dan detail, pembuatan prototipe, proses produksi, evaluasi atau pengujian produk, berakhir dengan tahap pendistribusian. Pemecahan masalah untuk menghasilkan desain yang baik juga memperhatikan faktor manusia dan aktivitasnya, seperti ukuran, bentuk tubuh, posisi beraktivitas, perilaku dan kebiasaan manusia beraktivitas, sehingga tercapai produktivitas kerja. Memperhatikan hal itu, dibutuhkan pertimbangan-pertimbangan ergonomi. Ergonomi merupakan salah satu dari persyaratan untuk mencapai desain yang qualified, certified dan customer need. Dan seberapa jauh sebuah produk telah memenuhi aspek teknis fungsional, kualitas estetis dan ekonomis, maka dalam hal ini diperlukan pengujian yang menggunakan tolok ukur tertentu. Ergonomi diperlukan untuk evaluasi produk. Selain fungsional, desain juga harus mampu memberikan keselamatan, kesehatan, keamanan dan kenyamanan bagi manusia pada saat memakai dan mengoperasikan hasil produk desain tersebut.

Kata kunci : perancangan produk, pengujian, ergonomi, produktivitas kerja

DESAIN PRODUK DAN ERGONOMI

Manusia dalam kehidupannya banyak menggunakan desain sebagai fasilitas penunjang aktivitasnya. Manusia menginginkan desain produk yang sesuai dengan trend dan mewadahi kebutuhannya yang semakin meningkat. Melihat kondisi saat ini, kecenderungan desain produk yang berubah akibat peningkatan kebutuhan manusia tersebut menimbulkan kesadaran manusia tentang pentingnya desain yang eksklusif dan representatif, makin bertambahnya usaha-usaha di bidang desain yang mengakibatkan persaingan mutu desain, peningkatan faktor pemasaran (daya tarik dan daya jual di pasaran), serta tuntutan kapasitas produksi yang semakin meningkat. Selain itu, aktivitas desain produk yang menghasilkan gagasan kreatif dipengaruhi pula oleh kecepatan membaca situasi, khususnya kebutuhan pasar dan permintaan konsumen.

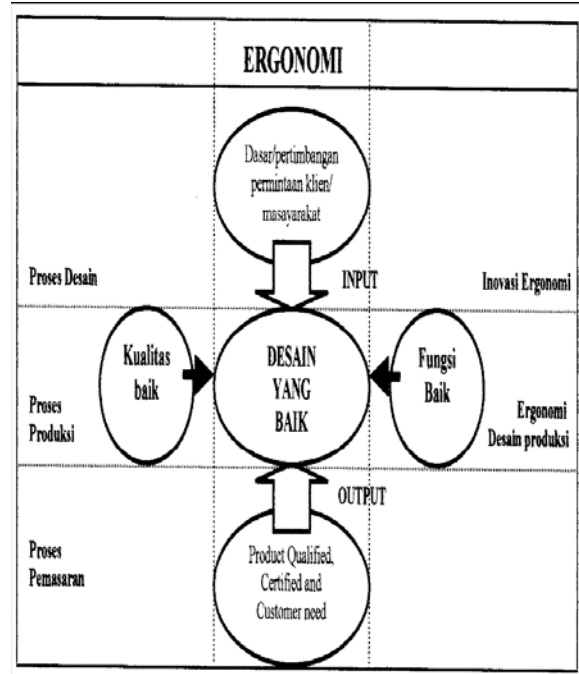
Desain produk dapat diartikan sebagai salah satu aktivitas luas dari inovasi dan teknologi yang digagaskan, dibuat, dipertukarkan (melalui transaksi

jual-beli) dan fungsional. Produk merupakan hasil kreativitas budi-daya (*man-made object*) manusia yang diwujudkan untuk memenuhi kebutuhan manusia, yang memerlukan perencanaan, perancangan maupun pengembangan produk, yaitu mulai dari tahap menggali ide atau gagasan, dilanjutkan dengan tahapan pengembangan, konsep perancangan, sistem dan detail, pembuatan prototipe dan proses produksi, evaluasi, dan berakhir dengan tahap pendistribusian. Jadi dapat disimpulkan bahwa desain produk selalu berkaitan dengan pengembangan ide dan gagasan, pengembangan teknik, proses produksi serta peningkatan pasar.

Ruang lingkup kegiatan desain produk mencakup masalah yang berhubungan dengan sarana kebutuhan manusia, di antaranya desain interior, desain mebel, desain alat-alat lingkungan, desain alat transportasi, desain tekstil, desain grafis, dan lain-lain. Memperhatikan hal-hal tersebut, desainer dalam analisis pemecahan masalah dan perencanaannya atau filosofi rancangan desain bekerja sama dengan masyarakat dan disiplin ilmu lain seperti arsitek,

psikolog, dokter atau profesi yang lain. Misalnya, dalam merancang desain kursi pasien gigi, dibutuhkan kerja sama dari dokter dan pasien, diperlukan penelitian lebih lanjut tentang aktivitas dan posisi duduk pasien sebagai pemakai, yang efektif, efisien, aman, nyaman dan sehat, sehingga desainer dapat menyatukan bentuk dengan memusatkan perhatian pada estetika bentuk, konstruksi, sistem dan mekanismenya. Selain itu, desainer dapat membuat suatu prediksi untuk masa depan, serta melakukan pengembangan desain dan teknologi dengan memperhatikan segala kelebihan maupun keterbatasan manusia dalam hal kepekaan inderawi (*sensory*), kecepatan, kemampuan penggunaan sistem gerakan otot, dan dimensi ukuran tubuh, untuk kemudian menggunakan semua informasi mengenai faktor manusia ini sebagai acuan dalam perancangan desain yang serasi, selaras dan seimbang dengan manusia sebagai pemakainya.

Untuk menilai suatu hasil akhir dari produk sebagai kategori nilai desain yang baik biasanya ada tiga unsur yang mendasari, yaitu fungsional, estetika, dan ekonomi. Kriteria pemilihannya adalah *function and purpose, utility and economic, form and style, image and meaning*. Unsur fungsional dan estetika sering disebut *fit-form-function*, sedangkan unsur ekonomi lebih dipengaruhi oleh harga dan kemampuan daya beli masyarakat (Laksmi, 2003). Desain produk yang baik berarti mempunyai kualitas fungsi yang baik, tergantung pada sasaran dan filosofi mendesain pada umumnya, bahwa sasaran berbeda menurut kebutuhan dan kepentingannya, serta upaya produk berorientasi pada hasil yang dicapai, dilaksanakan dan dikerjakan seoptimal mungkin. Ergonomi merupakan salah satu dari persyaratan untuk mencapai desain yang *qualified, certified, dan customer need*. Ilmu ini akan menjadi suatu keterkaitan yang simultan dan menciptakan sinergi dalam pemunculan gagasan, proses desain, dan desain final (periksa gambar 1. Skema *Design Management*)



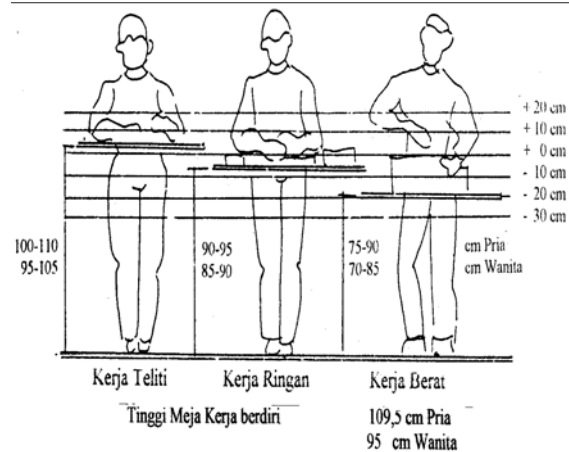
Gambar 1. Skema Design Management (Laksmi, 2003)

Ergonomi adalah ilmu yang menemukan dan mengumpulkan informasi tentang tingkah laku, kemampuan, keterbatasan, dan karakteristik manusia untuk perancangan mesin, peralatan, sistem kerja, dan lingkungan yang produktif, aman, nyaman dan efektif bagi manusia. Ergonomi merupakan suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi mengenai sifat manusia, kemampuan manusia dan keterbatasannya untuk merancang suatu sistem kerja yang baik agar tujuan dapat dicapai dengan efektif, aman dan nyaman (Sutalaksana, 1979). Fokus utama pertimbangan ergonomi menurut Cormick dan Sanders (1992) adalah mempertimbangkan unsur manusia dalam perancangan objek, prosedur kerja dan lingkungan kerja. Sedangkan metode pendekatannya adalah dengan mempelajari hubungan manusia, pekerjaan dan fasilitas pendukungnya, dengan harapan dapat sedini mungkin mencegah kelelahan yang terjadi akibat sikap atau posisi kerja yang keliru. Untuk itu, dibutuhkan adanya data pendukung seperti ukuran bagian-bagian tubuh yang memiliki relevansi dengan tuntutan aktivitas, dikaitkan dengan profil tubuh manusia, baik orang dewasa, anak-anak atau orang tua, laki-laki dan perempuan, tuah atau cacat tubuh, gemuk atau kurus. Jadi, karakteristik manusia sangat berpengaruh pada desain produk dalam meningkatkan produktivitas kerja manusia untuk mencapai tujuan yang efektif, sehat, aman dan nyaman. Tujuan tersebut dapat tercapai dengan adanya pengetahuan tentang kesesuaian, kepresisian, keselamatan, keamanan, dan kenyamanan manusia dalam menggunakan hasil produk desain, yang kemudian dikembangkan dalam

penyelidikan di bidang ergonomi. Analisis ergonomi dibedakan menjadi empat kelompok, yakni :

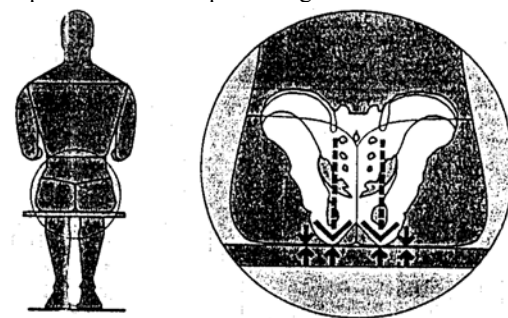
- Analisis tentang tampilan/display Penyelidikan pada suatu perangkat (*interface*) yang menyajikan informasi tentang lingkungan dan mengkomunikasikannya pada manusia antara lain dalam bentuk tanda-tanda, angka, dan lambang,
- Analisis tentang kekuatan fisik manusia dengan mengukur kekuatan serta ketahanan fisik manusia pada saat kerja, termasuk perancangan obyek serta peralatan yang sesuai dengan kemampuan fisik manusia beraktivitas.
- Analisis tentang ukuran tempat kerja bertujuan untuk mendapatkan rancangan tempat kerja yang sesuai dengan ukuran atau dimensi tubuh manusia.
- Analisis tentang lingkungan kerja meliputi kondisi lingkungan fisik tempat kerja dan fasilitas kerja, misalnya pengaturan cahaya, kebisingan, temperatur, dan suara.

Berkenaan dengan analisis tersebut, beberapa disiplin ilmu ergonomi yang terlibat antara lain anatomi dan fisiologi (struktur dan fungsi pada manusia), antropometri (ukuran-ukuran tubuh manusia), fisiologi psikologi (sistem syaraf dan otak manusia), dan psikologi eksperimen (perilaku manusia). Studi tentang psikologi eksperimen dalam desain diperlukan untuk mengetahui kebutuhan dimensi/ukuran tubuh manusia (misalnya saja kebiasaan, perilaku dan budaya manusia duduk, berdiri, mengambil sesuatu, dan bergerak), sehingga didapatkan ukuran yang tepat agar tidak terjadi kekeliruan data dalam perencanaan desain. Psikologi dijadikan studi karena dianggap penting untuk menelaah perilaku dan hal-hal yang dipikirkan oleh manusia sebagai pengguna desain. Seperti yang diungkapkan Ching (1987) dalam perencanaan produk mebel, manusia adalah faktor utama yang mempengaruhi bentuk, proporsi dan skala mebel. Untuk memperoleh manfaat dan kenyamanan dalam melaksanakan aktivitas, mebel harus dirancang sesuai dengan ukuran tubuh manusia, jarak bebas yang diperlukan oleh pola aktivitas dan sifat aktivitas yang dijalani.



Gambar 2. Persepsi tentang kenyamanan dipengaruhi oleh pengambilan data ukuran/dimensi/anthropometri yang tepat dalam perencanaan desain.

Pengambilan data ukuran yang keliru mengakibatkan kegagalan desain, struktur dan fungsi tubuh manusia terganggu dan berubah, bahkan yang paling vital mengakibatkan terganggunya sistem otak dan saraf. Misalnya dalam perancangan desain kursi, Suparto (2003) mengungkapkan hal penting yang diperhatikan dalam perancangan yaitu memperhatikan kemampuan elemen-elemen kursi untuk menanggapi dan membentuk keseimbangan dan kestabilan pada saat orang duduk di atasnya. Pusat gravitasi tubuh pada saat duduk tegak berada sekitar 22 cm di muka dan 24 cm di atas titik acuan duduk (titik acuan duduk adalah perpotongan bidang sandaran dan alas duduk), sedangkan pada saat berdiri tegak pusat gravitasi akan berada 10 cm di depan dan sekitar 15 cm di atas titik acuan duduk. Jadi perancangan dudukan yang terlalu tinggi atau rendah akan berpengaruh buruk pada kenyamanan, mengurangi keseimbangan duduk, kelelahan pada daerah punggung khususnya tulang belakang, bahkan bahaya yang lebih besar adalah terjadinya hambatan dalam sirkulasi darah atau gumpalan darah (*thrombophlebitis*). Ringkasnya, ergonomi merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam perancangan desain.



Gambar 3. Bagian sekeliling tulang dimana tubuh bertumpu pada saat duduk (Julius Panero and Martin Zelnik, 1979)

PENGUJIAN ERGONOMI DALAM PERANCANGAN PRODUK

Esensi dasar dari pengujian ergonomi dalam proses perancangan produk adalah sedini mungkin mencoba memikirkan kepentingan manusia agar bisa terakomodasi dalam setiap kreativitas dan inovasi sebuah '*man made object*' (Sritomo, 2000). Fokus perhatian dari sebuah kajian ergonomis akan mengarah ke upaya pencapaian sebuah perancangan desain suatu produk yang memenuhi persyaratan '*fitting the task to the man*' (Granjean, 1982), sehingga setiap rancangan desain harus selalu memikirkan kepentingan manusia, yakni perihal keselamatan, kesehatan, keamanan maupun kenyamanan. Sama seperti yang diungkapkan Sritomo (2000), desain sebelum dipasarkan sebaiknya terlebih dahulu dilakukan kajian/evaluasi/pengujian yang menyangkut berbagai aspek teknis fungsional, maupun kelayakan ekonomis seperti analisis nilai, reliabilitas, evaluasi ergonomis, dan marketing. Untuk melaksanakan kajian atau pengujian bahwa produk sudah memenuhi persyaratan ergonomis adalah dengan mempertimbangkan faktor manusia, dalam hal ini ada empat aturan sebagai dasar perancangan produk, yakni :

- Memahami bahwa manusia merupakan fokus utama perancangan produk, sehingga hal-hal yang berhubungan dengan struktur anatomi (fisiologik) tubuh manusia harus diperhatikan, demikian juga dengan dimensi ukuran tubuh (anthropometri).
- Menggunakan prinsip-prinsip kinesiologi dalam perancangan produk (studi mengenai gerakan tubuh manusia dilihat dari aspek *biomechanics*), tujuannya untuk menghindarkan manusia melakukan gerakan kerja yang tidak sesuai, tidak beraturan dan tidak memenuhi persyaratan efektivitas efisiensi gerakan.
- Pertimbangan mengenai kelebihan maupun kekurangan (keterbatasan) yang berkaitan dengan kemampuan fisik yang dimiliki oleh manusia di dalam memberikan respon sebagai kriteria-kriteria yang perlu diperhatikan pengaruhnya dalam perancangan produk.
- Mengaplikasikan semua pemahaman yang terkait dengan aspek psikologik manusia sebagai prinsip-prinsip yang mampu memperbaiki motivasi, *attitude*, moral, kepuasan dan etos kerja.

Selain hal-hal tersebut di atas, unsur lain yang juga penting untuk diperhatikan dalam perancangan produk adalah hubungan antara lingkungan, manusia, alat-alat atau perangkat kerja, dengan produk fasilitas kerjanya. Satu sama lain saling berinteraksi dan memberi pengaruh signifikan terhadap peningkatan produktivitas, efisiensi, keselamatan, kesehatan, kenyamanan maupun ketenangan orang bekerja sehingga menghindarkan diri dari segala bentuk kesalahan manusiawi (*human error*) yang berakibat

kecelakaan kerja Lingkungan fisik tempat kerja bagi manusia dipengaruhi antara lain oleh :

- Cahaya
Dalam faktor cahaya, kemampuan mata untuk melihat obyek dipengaruhi oleh ukuran obyek, derajat kontras antara obyek dan sekelilingnya, luminensi (*brightness*), lamanya melihat, serta warna dan tekstur yang memberikan efek psikologis pada manusia. Mata diharapkan memperoleh cahaya yang cukup, pemandangan yang menyenangkan, menenangkan pikiran, tidak silau, dan nyaman. Pencahayaan yang kurang dapat mengakibatkan kelelahan pada mata.
- Kebisingan
Aspek yang menentukan tingkat gangguan bunyi terhadap manusia adalah lama waktu bunyi terdengar, intensitas (dalam ukuran desibel/dB, besarnya arus energi per satuan luas), dan frekuensi (dalam Hertz/Hz, jumlah getaran per detik). Usaha-usaha pengurangan kebisingan dapat dilakukan dengan pengurangan kegaduhan pada sumber, pengisolasian peralatan penyebab kebisingan, tata akustik yang baik/memberikan bahan penyerap suara, memberikan perlengkapan pelindung.
- Getaran mekanis
Getaran mekanis dapat diartikan sebagai getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis. Biasanya gangguan yang dapat ditimbulkan dapat mempengaruhi kondisi bekerja, mempercepat datangnya kelelahan dan menyebabkan timbulnya beberapa penyakit. Besaran getaran ditentukan oleh lama, intensitas, dan frekuensi getaran. Sedangkan anggota tubuh mempunyai frekuensi getaran sendiri sehingga jika frekuensi alami ini beresonansi dengan frekuensi getaran mekanis akan mempengaruhi konsentrasi kerja, mempercepat kelelahan, gangguan pada anggota tubuh seperti mata, syaraf, dan otot.
- Temperatur
Temperatur yang terlalu panas akan mengakibatkan cepat timbulnya kelelahan tubuh, sedangkan temperatur yang terlalu dingin membuat gairah kerja menurun. Kemampuan adaptasi manusia dengan temperatur luar adalah jika perubahan temperatur luar tersebut tidak melebihi 20 % untuk kondisi panas dan 35 % untuk kondisi dingin (dari keadaan normal tubuh). Dalam kondisi normal, temperatur tiap anggota tubuh berbeda-beda. Tubuh manusia bisa menyesuaikan diri karena kemampuannya untuk melakukan proses konveksi, radiasi dan penguapan. Produktivitas manusia paling tinggi pada suhu 24 – 27° C.
- Kelembaban
Kelembaban diartikan sebagai banyaknya air yang terkandung dalam udara, biasanya dinyatakan dalam persentase. Jika udara panas dan kelembaban tinggi, terjadi pengurangan panas dari

tubuh secara besar-besaran dan denyut jantung makin cepat.

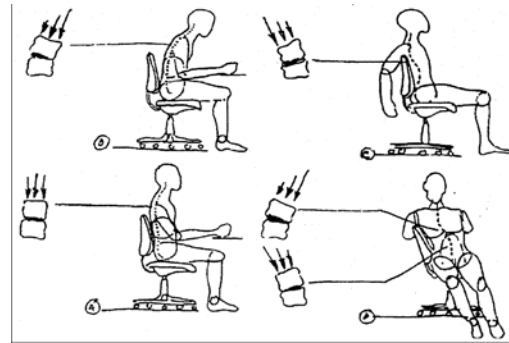
- Warna.
Permainan warna dalam desain memberi dampak psikologis bagi pengamat dan pemakainya, misalnya warna merah memberi kesan merangsang, kuning memberi kesan luas dan terang, hijau atau biru memberi suasana sejuk dan segar, gelap memberi kesan sempit, permainan warna-warna terang memberi kesan luas.

Selain hal-hal tersebut di atas, kemampuan untuk meningkatkan produktivitas kerja manusia dipengaruhi pula oleh sikap, gerakan, aktivitas, struktur fisik tubuh manusia, struktur tulang, otot rangka, sistem saraf dan proses metabolisme. Sikap yang tidak tepat menyebabkan gangguan, stress, rasa malas bekerja, ketidaknyamanan dan kelelahan (kelelahan pada seluruh tubuh, mental, urat syaraf, bahkan menyebabkan rasa sakit dan kelainan pada struktur tubuh manusia.

Aktivitas kerja manusia, baik fisik maupun mental mempunyai tingkat intensitas yang berbeda. Intensitas tinggi berarti energi tinggi, intensitas rendah berarti energi rendah. Mengeluarkan energi dalam jumlah besar untuk periode yang lama bisa menimbulkan kelelahan fisik dan mental, sedangkan kelelahan mental lebih berbahaya dan kadang-kadang menimbulkan kesalahan-kesalahan kerja yang serius. Selain itu, posisi tubuh yang tidak alami atau sikap yang dipaksakan berakibat pada pengurangan produktivitas manusia, hal ini berkaitan dengan dengan sejumlah tenaga yang harus dikeluarkan akibat beban tambahan.

Laksmi (2003) mengatakan, apabila antara manusia (pemakai) dan kondisi hasil produk yang sifatnya fisik atau mekanismenya tidak aman, itu berarti terjadi ketidakmampuan pelaksanaan fungsi secara baik, sehingga berakibat pada kesalahan manusiawi (*human errors*), kegagalan akhir pada desain yang tidak baik, kesulitan dalam produksi, kegagalan produk, bahkan menimbulkan kecelakaan kerja. Hal yang sama diungkapkan oleh Cormick dan Sanders (1992) ' *it is easier to bend metal than twist arms*', yang bisa diartikan merancang produk untuk mencegah terjadinya kesalahan akan jauh lebih mudah bila dibandingkan mengharapakan orang atau operator jangan sampai melakukan kesalahan pada saat mengoperasikan produk tersebut. Memperhatikan hal tersebut, diperlukan pengetahuan dan penyelidikan tentang ketepatan atau kepresisian, kesesuaian, kesehatan, keselamatan, keamanan dan kenyamanan manusia dalam bekerja. Faktor perbedaan ukuran atau postur dan berat badan manusia, kebiasaan, perilaku, sikap manusia dalam beraktivitas, serta kondisi lingkungan juga memerlukan penyelidikan lebih lanjut. Faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran tubuh manusia antara lain umur, jenis kelamin (dimensi tubuh

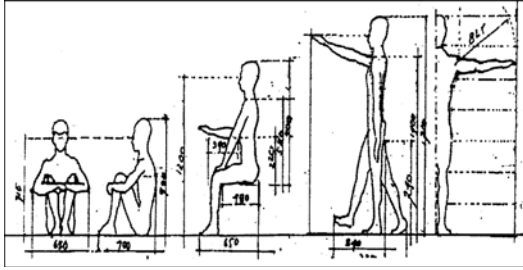
laki-laki umumnya lebih besar dari wanita), suku bangsa, dan posisi tubuh. Sedangkan dalam perancangan desain, pertimbangan ergonomi yang nyata dalam aplikasinya untuk mendapatkan data ukuran tubuh yang akurat menggunakan pengukuran anthropometri.



Gambar 4. Bentuk tulang punggung dilihat dari sikap duduk

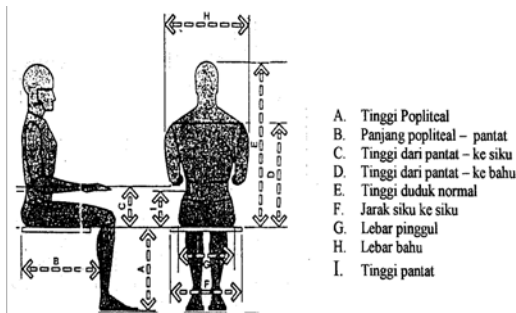
- Normal (Kelenturan normal/alami, tidak ada tekanan pada cakram tulang belakang)
- Kifosis (tulang punggung terlalu bengkok ke belakang, cakram terjepit),
- Lordosis (tulang punggung bengkok ke depan, cakram terjepit),
- Skoliosis (tulang punggung bengkok ke kiri dan kanan, cakram terjepit)

Anthropometri adalah ilmu yang berkaitan dengan pengukuran dimensi dan cara untuk mengaplikasikan karakteristik tertentu dari tubuh manusia (Roebuck, 1994). Ahropometri berasal dari kata *antropos* yang berarti manusia, dan *metrikos* yang berarti pengukuran. Sehingga Anthropometri diartikan sebagai suatu ilmu yang secara khusus berkaitan dengan pengukuran tubuh manusia yang digunakan untuk menentukan perbedaan pada individu, kelompok, dan sebagainya (Pheasant, 1988). Perbandingan fungsional individual orang dewasa dan anak-anak dapat diketahui dengan sistem proporsi anthromorfis didasarkan pada dimensi-dimensi tubuh manusia. Salah satu caranya adalah dengan mengukur tubuh dalam berbagai posisi standard dan tidak bergerak (*static anthropometry*), serta saat melakukan gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus diselesaikan (*dynamic anthropometry*). Misalnya, perancangan kursi mobil (gerakan mengoperasikan kemudi, pedal, tangkai pemindah gigi). Gerakan yang biasa dilakukan anggota tubuh dapat dibagi dalam bentuk range/rentangan gerakan, kekuatan, ketahanan, kecepatan, dan ketelitian.



Gambar 5. Metode proporsi anthropomorfis mencari perbandingan-perbandingan yang fungsional. Bukannya perbandingan yang abstrak atau simbolis. Sebagai bukti bahwa perbandingan-perbandingan matematis tertentu menunjukkan harmoni alam. (Ching, 1987)

Data anthropometri ini menyajikan informasi mengenai ukuran tubuh manusia, yang dibedakan berdasarkan usia, jenis kelamin, suku bangsa (etnis), posisi tubuh saat beraktivitas, dan sebagainya, serta diklasifikasikan dalam segmen populasi pemakai, perlu diakomodasikan dalam penetapan dimensi ukuran produk desain yang dirancang guna menghasilkan kualitas rancangan yang *tailor made* dan memenuhi persyaratan *fitness for use* (Sritomo, 2000).



Gambar 6. Anthropometri pokok yang dibutuhkan untuk desain tempat duduk

KESIMPULAN

Perbedaan individual antara manusia dewasa dengan anak-anak, laki-laki atau perempuan, menunjukkan bahwa manusia pada dasarnya memiliki bentuk tubuh, ukuran (anthropometri) dan karakter fisik yang

berbeda-beda. Berangkat dari realitas ini, maka dalam perancangan produk sedapat mungkin fleksibel untuk dapat digunakan oleh mayoritas populasi yang secara leluasa bebas mengatur dan beradaptasi dengan ukuran tubuh masing-masing. Memperhatikan hal tersebut, produk yang *qualified*, *certified* dan *customer need*, sebaiknya dirancang dengan terlebih dahulu memperhatikan segala faktor yang terkait dengan manusia yang menggunakan atau mengoperasikan hasil produk desain yang fungsional, dengan memperhatikan faktor keselamatan, kesehatan, dan kenyamanan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ching, F.DK., 1987. *Interior Design Illustrated*. New York: Von Nostrand Reinhold Company.
- [2] Granjean, 1982. *Etienne, Fitting the Task to the Man : An Ergonomic Approach*. London: Taylor and Francis Limited.
- [3] Holt, Knut, 1983. *Product Innovation Management*. London: Butterworths.
- [4] Panero, Julius and Zelnik, Martin, 1979. *Human Dimension Interior Space*. New York: Whitney Library of Design.
- [5] Pheasant, S. T., 1988. *Anthropometry Ergonomics and Design*. London: Taylor and Farncis.
- [6] _____, 1991. *Ergonomics Work and Health* . London: Macmillan Press.
- [7] Sanders, Ms. and Mc. Cormick, Ernest J., 1992. *Human Factors in Engineering and Design*. New York: Mc. Graw-Hill Book Co.
- [8] Sitalaksana, et al., 1979. *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: Jurusan TI – ITB. Sitalaksana, Iftikar Z., 2000. *Duduk, Berdiri dan Ketenagakerjaan Indonesia* . Surabaya: Proceedings Seminar Nasional Ergonomi, Jurusan TI – ITS.
- [9] Wardani Laksmi, 2003. *Evaluasi Ergonomi dalam Perancangan Desain* . Surabaya: Proceeding Seminar Nasional Ergonomi, Jurusan TI – ITS.
- [10] Winjosoebroto, Sritomo, 2000. *Evaluasi Ergonomi dalam Proses Perancangan Produk*. Surabaya: Proceeding Seminar Nasional Ergonomi, Jurusan TI – ITS.