

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep AHP (Analytical Hierarchy Process)

AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki, menurut Saaty (1993), hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis. (Syaifulloh:2010).

AHP sering digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibanding dengan metode yang lain karena alasan-alasan sebagai berikut :

1. Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada sub kriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan.
3. Memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

Penggunaan AHP bukan hanya untuk institusi pemerintahan atau swasta namun juga dapat diaplikasikan untuk keperluan individu terutama untuk penelitian-penelitian yang berkaitan dengan kebijakan atau perumusan strategi prioritas. AHP dapat diandalkan karena dalam AHP suatu prioritas disusun dari berbagai pilihan yang dapat berupa kriteria yang sebelumnya telah didekomposisi (struktur) terlebih dahulu, sehingga penetapan prioritas didasarkan pada suatu proses yang terstruktur (hirarki) dan masuk akal. Jadi pada intinya AHP membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengan menyusun suatu hirarki kriteria, dinilai secara

subjektif oleh pihak yang berkepentingan lalu menarik berbagai pertimbangan guna mengembangkan bobot atau prioritas (kesimpulan).

Peralatan utama AHP adalah sebuah hierarki fungsional dengan *input* utamanya persepsi manusia. Keberadaan hierarki memungkinkan dipecahnya masalah kompleks atau tidak terstruktur dalam sub – sub masalah, lalu menyusunnya menjadi suatu bentuk hierarki (Kusrini, 2007).

2.1.1 Prosedur AHP

Terdapat tiga prinsip utama dalam pemecahan masalah dalam AHP menurut Saaty, yaitu: *Decomposition*, *Comparative Judgement*, dan *Logical Consistency*. Secara garis besar prosedur AHP meliputi tahapan sebagai berikut:

1. Dekomposisi masalah

Dekomposisi masalah adalah langkah dimana suatu tujuan (*Goal*) yang telah ditetapkan selanjutnya diuraikan secara sistematis kedalam struktur yang menyusun rangkaian sistem hingga tujuan dapat dicapai secara rasional. Dengan kata lain, suatu tujuan yang utuh, didekomposisi (dipecahkan) kedalam unsur penyusunnya.

2. Penilaian/pembobotan untuk membandingkan elemen-elemen

Apabila proses dekomposisi telah selesai dan hirarki telah tersusun dengan baik. Selanjutnya dilakukan penilaian perbandingan berpasangan (pembobotan) pada tiap-tiap hirarki berdasarkan tingkat kepentingan relatifnya.

3. Penyusunan matriks dan Uji Konsistensi

Apabila proses pembobotan atau pengisian kuisioner telah selesai, langkah selanjutnya adalah penyusunan matriks berpasangan untuk melakukan normalisasi bobot tingkat kepentingan pada tiap-tiap elemen pada hirarkinya masing-masing. Pada tahapan ini analisis dapat dilakukan secara manual ataupun dengan menggunakan program komputer seperti *Expert Choice*.

4. Penetapan prioritas pada masing-masing hirarki

Untuk setiap kriteria dan alternatif, perlu dilakukan perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*). Nilai-nilai perbandingan relatif kemudian diolah untuk menentukan peringkat alternatif dari seluruh alternatif. Baik kriteria kualitatif, maupun kriteria kuantitatif, dapat dibandingkan sesuai dengan penilaian yang telah ditentukan untuk menghasilkan bobot dan prioritas. Bobot atau prioritas dihitung dengan manipulasi matriks atau melalui penyelesaian persamaan matematik.

5. Sistesis dari prioritas

Sistesis dari prioritas didapat dari hasil perkalian prioritas lokal dengan prioritas dari kriteria bersangkutan yang ada pada level atasnya dan menambahkannya ke masing-masing elemen dalam level yang dipengaruhi oleh kriteria. Hasilnya berupa gabungan atau lebih dikenal dengan istilah prioritas global yang kemudian dapat digunakan untuk memberikan bobot prioritas lokal dari elemen yang ada pada level terendah dalam hirarki sesuai dengan kriterianya.

6. Pengambilan/penetapan keputusan.

Pengambilan keputusan adalah suatu proses dimana alternatif-alternatif yang dibuat dipilih yang terbaik berdasarkan kriterianya.

2.1.2 Kelebihan dan kelemahan AHP

Layaknya sebuah metode analisis, AHP pun memiliki kelebihan dan kelemahan dalam system analisisnya. Kelebihan-kelebihan analisis ini adalah :

1. Kesatuan (*Unity*)

AHP membuat permasalahan yang luas dan tidak terstruktur menjadi suatu model yang fleksibel dan mudah dipahami.

2. Kompleksitas (*Complexity*)

AHP memecahkan permasalahan yang kompleks melalui pendekatan sistem dan pengintegrasian secara deduktif.

3. Saling ketergantungan (*Inter Dependence*)

AHP dapat digunakan pada elemen-elemen sistem yang saling bebas dan tidak memerlukan hubungan linier.

4. Struktur Hirarki (*Hierarchy Structuring*)

AHP mewakili pemikiran alamiah yang cenderung mengelompokkan elemen sistem ke level-level yang berbeda dari masing-masing level berisi elemen yang serupa.

5. Pengukuran (*Measurement*)

AHP menyediakan skala pengukuran dan metode untuk mendapatkan prioritas.

6. Konsistensi (*Consistency*)

AHP mempertimbangkan konsistensi logis dalam penilaian yang digunakan untuk menentukan prioritas.

7. Sintesis (*Synthesis*)

AHP mengarah pada perkiraan keseluruhan mengenai seberapa diinginkannya masing-masing alternatif.

8. *Trade Off*

AHP mempertimbangkan prioritas relatif faktor-faktor pada sistem sehingga orang mampu memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan mereka.

9. Penilaian dan Konsensus (*Judgement and Consensus*)

AHP tidak mengharuskan adanya suatu konsensus, tapi menggabungkan hasil penilaian yang berbeda.

10. Pengulangan Proses (*Process Repetition*)

AHP mampu membuat orang menyaring definisi dari suatu permasalahan dan mengembangkan penilaian serta pengertian mereka melalui proses pengulangan.

Sedangkan kelemahan metode AHP adalah sebagai berikut:

1. Ketergantungan model AHP pada input utamanya. Input utama ini berupa persepsi seorang ahli sehingga dalam hal ini

melibatkan subyektifitas sang ahli selain itu juga model menjadi tidak berarti jika ahli tersebut memberikan penilaian yang keliru.

2. Metode AHP ini hanya metode matematis tanpa ada pengujian secara statistik sehingga tidak ada batas kepercayaan dari kebenaran model yang terbentuk.

2.1.3 Tahapan AHP

Dalam metode AHP dilakukan langkah-langkah sebagai berikut (Kadarsyah Suryadi dan Ali Ramdhani, 1998) :

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.

Dalam tahap ini kita berusaha menentukan masalah yang akan kita pecahkan secara jelas, detail dan mudah dipahami. Dari masalah yang ada kita coba tentukan solusi yang mungkin cocok bagi masalah tersebut. Solusi dari masalah mungkin berjumlah lebih dari satu. Solusi tersebut nantinya kita kembangkan lebih lanjut dalam tahap berikutnya.

2. Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan utama.

Setelah menyusun tujuan utama sebagai level teratas akan disusun level hirarki yang berada di bawahnya yaitu kriteria-kriteria yang cocok untuk mempertimbangkan atau menilai alternatif yang kita berikan dan menentukan alternatif tersebut. Tiap kriteria mempunyai intensitas yang berbeda-beda. Hirarki dilanjutkan dengan sub kriteria (jika mungkin diperlukan).

3. Membuat matrik perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya

Matriks yang digunakan bersifat sederhana, memiliki kedudukan kuat untuk kerangka konsistensi, mendapatkan informasi lain yang mungkin dibutuhkan dengan semua perbandingan yang mungkin dan mampu menganalisis kepekaan prioritas secara keseluruhan untuk perubahan pertimbangan. Pendekatan dengan matriks mencerminkan aspek ganda dalam prioritas yaitu

mendominasi dan didominasi. Perbandingan dilakukan berdasarkan judgment dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya. Untuk memulai proses perbandingan berpasangan dipilih sebuah kriteria dari level paling atas hirarki misalnya K dan kemudian dari level di bawahnya diambil elemen yang akan dibandingkan misalnya E1,E2,E3,E4,E5.

4. Melakukan mendefinisikan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh jumlah penilaian seluruhnya sebanyak $n \times [(n-1)/2]$ buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.

Hasil perbandingan dari masing-masing elemen akan berupa angka dari 1 sampai 9 yang menunjukkan perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen. Apabila suatu elemen dalam matriks dibandingkan dengan dirinya sendiri maka hasil perbandingan diberi nilai 1. Skala 9 telah terbukti dapat diterima dan bisa membedakan intensitas antar elemen. Hasil perbandingan tersebut diisikan pada sel yang bersesuaian dengan elemen yang dibandingkan. Skala perbandingan perbandingan berpasangan dan maknanya yang diperkenalkan oleh Saaty bisa dilihat di bawah.

Intensitas Kepentingan

- 1 = Kedua elemen sama pentingnya, Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar.
- 3 = Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya, pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya.
- 5 = Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya, Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya.
- 7 = Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya, Satu elemen yang kuat disokong dandominan terlihat dalam praktek.

9 = Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya, Bukti yang mendukung, elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan.

2,4,6,8 = Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan, Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi di antara 2 pilihan Kebalikan = Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas j , maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i

5. Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya.

Jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi.

6. Mengulangi langkah 3,4, dan 5 untuk seluruh tingkat hirarki.

7. Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan yang merupakan bobot setiap elemen untuk penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai mencapai tujuan. Penghitungan dilakukan lewat cara menjumlahkan nilai setiap kolom dari matriks, membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks, dan menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan rata-rata.

8. Memeriksa konsistensi hirarki.

Tahapan ini diukur dalam AHP adalah rasio konsistensi dengan melihat index konsistensi. Konsistensi yang diharapkan adalah yang mendekati sempurna agar menghasilkan keputusan yang mendekati valid. Walaupun sulit untuk mencapai yang sempurna, rasio konsistensi diharapkan kurang dari atau sama dengan 10 %.

2.1.4 Aplikasi AHP

Beberapa contoh aplikasi AHP adalah sebagai berikut:

1. Membuat suatu set alternatif;
2. Perencanaan

3. Menentukan prioritas
4. Memilih kebijakan terbaik setelah menemukan satu set alternatif;
5. Alokasi sumber daya
6. Menentukan kebutuhan/persyaratan;
7. Memprediksi outcome
8. Merancang sistem
9. Mengukur performa
10. Memastikan stabilitas sistem
11. Optimasi
12. Penyelesaian konflik

2.1.5 Aksioma-aksioma pada model AHP

1. *Resiprocal Comparison*, artinya pengambil keputusan harus dapat membuat perbandingan dan menyatakan preferensinya. Preferensi tersebut harus memenuhi syarat resiprocal yaitu kalau A lebih disukai daripada B dengan skala x , maka B lebih disukai daripada A dengan skala $1/x$.
2. *Homogeneity*, artinya preferensi seseorang harus dapat dinyatakan dalam skala terbatas atau dengan kata lain elemen-elemennya dapat dibandingkan satu sama lain. Kalau aksioma ini tidak terpenuhi maka elemen-elemen yang dibandingkan tersebut tidak *homogeneity* dan harus dibentuk suatu '*cluster*' (kelompok elemen-elemen) yang baru.
3. *Independence*, artinya preferensi dinyatakan dengan mengasumsikan bahwa kriteria tidak dipengaruhi oleh alternatif-alternatif yang ada melainkan oleh obyektif keseluruhan. Ini menunjukkan bahwa pola ketergantungan dalam AHP adalah searah ke atas, artinya perbandingan antara elemen-elemen pada tingkat di atasnya.
4. *Expectation*, artinya untuk tujuan pengambilan keputusan, struktur hirarki diasumsikan lengkap. Apabila asumsi ini tidak dipenuhi

maka pengambil keputusan. Memutuskan tidak memakai seluruh kriteria dan atau obyektif yang tersedia atau diperlukan sehingga keputusan yang diambil dianggap tidak lengkap. Prosedur atau langkah-langkah AHP.

2.2. Konsep Dasar Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari kata *ergos* yang berarti kerja dan *nomos* yang artinya ilmu, sehingga secara harfiah ergonomi dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari mengenai hubungan antara manusia dengan pekerjaannya. Secara umum ergonomi didefinisikan satu cabang ilmu yang setatis untuk memanfaatkan informasi – informasi mengenai sikap, 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, sehat, nyaman, dan efisien. Disini di jelaskan bahwa fokus ilmu ergonomi adalah manusia itu sendiri dalam arti dengan kaca mata ergonomi, sistem kerja yang terdiri atas mesin, peralatan, lingkungan dan bahan harus disesuaikan dengan sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia tetapi bukan manusia yang harus menyesuaikan dengan mesin, alat dan lingkungan dan bahan. (Kohar Sulistiadi dan Sri Lisa Susanti, 2003).

Semboyan yang digunakan adalah “Sesuaikan pekerjaan dengan pekerjaannya dan sesuaikan pekerja dengan pekerjaannya” (Fitting the Task to the Person. (Adnyana Manuaba, 2000) menyatakan bahawa fokus ilmu ergonomi adalah ilmu, teknologi dan seni untuk menyasikan peralatan, mesin, pekerjaan, sistem, organisasi dan lingkungan dengan kemampuan, keahlian dan manusia sehingga tercapai suatu kondisi dan lingkungan yang sehat, aman, nyaman, efisien dan produktif, melalui pemanfaatan fungsional tubuh manusia secara optimal dan maksimal. Dari beberapa pendapat di atas, dapat ditarik tiga hal penting dalam mempelajari ilmu ergonomi, antara lain :

- Ergonomi menitikberatkan manusia (*human-centered*). Fokus ergonomi pada manusia merupakan hal yang utama bukan pada mesin atau pada peralatan.

- Ergonomi membutuhkan bangunan sistem kerja yang terkait dengan pengguna. Mesin dan peralatan yang merupakan fasilitas kerja harus disesuaikan dengan performen manusia.
- Ergonomi menitikberatkan pada perbaikan sistem kerja. Suatu perbaikan proses harus disesuaikan dengan perbedaan kemampuan dan kelemahan setiap individu, hal ini harus dirumuskan dengan cara diukur baik secara kualitatif maupun kauntitafif dalam jangka waktu tertentu.

Sasaran dari ilmu ergonomi ini adalah untuk meningkatkan prestasi kerja yang tinggi dalam kondisi aman, sehat, aman dan tenteram. Aplikasi ilmu ergonomi digunakan untuk perancangan produk, meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja serta meningkatkan produktivitas kerja. Dengan mempelajari tentang ergonomi maka kita dapat mengurangi resiko penyakit, meminimalkan biaya kesehatan, nyaman saat bekerja dan meningkatkan produktivitas dan kinerja serta memperoleh banyak keuntungan. Oleh karena itu penerapan prinsip ergonomi di tempat kerja diharapkan dapat menghasilkan beberapa manfaat sebagai berikut (Sulistiadi, 2003):

1. Mengerti tentang pengaruh dari suatu jenis pekerjaan pada diri pekerja dan kinerja pekerja.
2. Memprediksi potensi pengaruh pekerjaan pada tubuh pekerja.
3. Mengevaluasi kesesuaian tempat kerja, peralatan kerja dengan pekerja saat bekerja.
4. Meningkatkan produktivitas dan upaya untuk menciptakan kesesuaian antara kemampuan pekerja dan persyaratan kerja.
5. Membangun pengetahuan dasar guna mendorong pekerja untuk meningkatkan produktivitas.
6. Mencegah dan mengurangi resiko timbulnya penyakit akibat kerja.
7. Meningkatkan keselamatan kerja.
8. Meningkatkan keuntungan, pendapatan, kesehatan untuk individu dan institusi.

Manusia dengan segala sifat dan tingkahlakunya merupakan makhluk

yang sangat kompleks. Untuk mempelajari manusia, tidak cukup ditinjau dari satu disiplin ilmu saja. Oleh sebab itulah untuk mengembangkan ergonomi diperlukan dukungan dari berbagai disiplin ilmu, antara lain psikologi, antropologi, faal kerja atau fisiologi, biologi, sosiologi, perencanaan kerja, fisika dan lain-lain. Masing-masing disiplin ilmu tersebut berfungsi sebagai pemberi informasi. Pada gilirannya, para perancang, dalam hal ini para ahli teknik, bertugas untuk meramu masing-masing informasi diatas, dan menggunakannya sebagai pengetahuan untuk merancang fasilitas kerja sehingga mencapai kegunaan yang optimal.

2.2.1 Tujuan dan Pentingnya Ergonomi

Maksud dan tujuan dari disiplin ilmu ergonomi adalah meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja. *Human Engineering* atau sering juga disebut sebagai ergonomi didefinisikan sebagai perancangan “*man-machine interface*”, sehingga pekerja dan mesin/produk lainnya bisa berfungsi lebih efektif dan efisien sebagai sistem manusia-mesin yang terpadu. (Wignjosoebroto, 2003)

Dengan melakukan penilaian ergonomi di tempat kerja dapat diperoleh keuntungan yaitu (Wesley E Woodson, 2010) :

1. Mengoptimalkan pendayagunaan sumber daya manusia melalui peningkatan ketrampilan yang diperlukan.
2. Mengurangi waktu, biaya pelatihan dan pendidikan.
3. Mengurangi waktu yang terbuang sia-sia dan meminimalkan kerusakan peralatan yang disebabkan kesalahan manusia.
4. Meningkatkan kenyamanan karyawan dalam bekerja.

Peran ergonomi sangat besar dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat. Pendekatan khusus yang ada pada disiplin ilmu ergonomi adalah aplikasi yang statis dari segala informasi yang relevan yang berkaitan dengan karakteristik dan perilaku manusia didalam perancangan peralatan, fasilitas, dan lingkungan kerja yang

dipakai. Untuk itu, analisis dan penelitian ergonomi akan meliputi hal-hal yang berkaitan dengan,(Wignjosoebroto, 2003):

- Anatomi (struktur), fisiologi (pekerjaan), dan antropometri (ukuran) tubuh manusia.
- Psikologi dan fisiologis mengenai berfungsinya otak dan sistem syaraf yang berperan dalam tingkah laku manusia.
- Kondisi-kondisi kerja yang dapat mencederai baik dalam waktu yang pendek maupun panjang, ataupun membuat celaka manusia.

Dengan memperlihatkan hal-hal tersebut, maka penelitian dan pengembangan ergonomi akan memerlukan dukungan dari berbagai disiplin ilmu seperti psikologi, antropometri, faal/anatomi, dan teknologi (Wignjosoebroto, 2003).

2.2.2 Anthropometri

Aspek–aspek ergonomi dalam suatu proses rancang bangun fasilitas kerja adalah merupakan suatu faktor penting dalam menunjang peningkatan pelayanan jasa produksi. Terutama dalam hal perancangan ruang dan fasilitas akomodasi. Perlunya memperhatikan faktor ergonomi dalam proses rancang bangun fasilitas dalam dekade sekarang ini adalah merupakan sesuatu yang tidak dapat ditunda lagi. Hal tersebut tidak akan terlepas dari pembahasan mengenai ukuran anthropometri tubuh operator maupun penerapan data–data anthropometrinya.

Pengertian anthropometri adalah studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia (Wignjosoebroto, 2008). Pengertian Istilah antropometri berasal dari kata “anthro” = manusia dan “metri” = ukuran. Secara definitif dapat dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Antropometri merupakan bidang ilmu yang berhubungan dengan dimensi tubuh manusia. Dimensi-dimensi ini dibagi menjadi kelompok statistika dan ukuran persentil. Jika seratus orang berdiri berjajar dari yang terkecil sampai terbesar dalam suatu urutan, hal ini akan dapat diklasifikasikan dari 1 percentile sampai 100 percentile.

Data dimensi manusia ini sangat berguna dalam perancangan produk dengan tujuan mencari keserasian produk dengan manusia yang memakainya. Pemakaian data antropometri mengusahakan semua alat disesuaikan dengan kemampuan manusia, bukan manusia disesuaikan dengan alat. Penyusunan data Anthropometri perlu memperhatikan variabilitas yang ada, sebab terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran tubuh manusia. Faktor-faktor tersebut adalah :

a. Keacakan (Random)

Walau telah terdapat dalam suatu kelompok populasi yang sudah jelas sama jenis kelamin, suku/ bangsa, kelompok usia dan pekerjaannya, namun masih ada perbedaan yang cukup signifikan antara berbagai macam masyarakat.

Distribusi frekuensi secara statistik dari dimensi kelompok anggota masyarakat jelas dapat diaproksikan dengan menggunakan distribusi normal, yaitu dengan menggunakan data persentil yang telah diduga, jika mean (rata-rata) dan standart deviasi (SD) nya telah dapat diestimasi.

b. Jenis kelamin

Dimensi ukuran tubuh laki-laki umumnya lebih besar dibandingkan dengan wanita, terkecuali untuk beberapa bagian tubuh tertentu seperti pinggul, dan sebagainya.

c. Suku bangsa

Setiap suku, bangsa, ataupun kelompok *ethnic* memiliki karakteristik fisik yang berbeda satu dengan yang lainnya. Dimensi tubuh suku bangsa Negara Barat pada umumnya mempunyai ukuran yang lebih besar daripada dimensi tubuh suku bangsa negara Timur.

d. Jenis pekerjaan

Beberapa jenis pekerjaan tertentu menurut adanya persyaratan dalam seleksi karyawan/ stafnya. Seperti misalnya : buruh dermaga/ pelabuhan adalah harus mempunyai postur tubuh yang

relatif lebih besar dibanding dengan karyawan perkantoran pada umumnya. Apalagi jika, dibanding dengan jenis pekerjaan militer.

e. Usia

Ukuran tubuh manusia berkembang dari saat lahir sampai sekitar 20 tahun untuk pria dan 17 tahun untuk wanita. Setelah itu, tidak lagi akan terjadi pertumbuhan bahkan justru akan cenderung berubah menjadi pertumbuhan menurun ataupun penyusutan yang dimulai sekitar umur 40 tahun.

f. Pakaian

Hal ini juga merupakan sumber variabilitas yang disebabkan oleh bervariasinya iklim/ musim yang berbeda dari satu tempat ketempat yang lainnya terutama untuk daerah dengan empat musim. Misalnya pada waktu musim dingin manusia akan memakai pakaian yang relatif lebih tebal dan ukuran yang relatif lebih besar.

g. Faktor kehamilan pada wanita

Faktor ini sudah jelas akan mempunyai pengaruh perbedaan yang berarti dibanding dengan wanita yang tidak hamil.

h. Cacat tubuh secara fisik

Suatu perkembangan yang menggembirakan pada dekade terakhir yaitu dengan diberikanya skala prioritas pada rancangan bangun fasilitas akomodasi, untuk para penderita cacat tubuh secara fisik sehingga mereka dapat ikut serta merasakan “kesamaan” dalam penggunaan jasa dari ilmu ergonomi didalam pelayanan untuk masyarakat. Masalah yang sering timbul misalnya: keterbatasan jarak jangkauan, dibutuhkan ruang kaki (knee space) untuk desain meja kerja, jalur khusus untuk keluar masuk perkantoran, kampus, hotel, restoran, super market dan lain-lain. (Nurmianto, 2004)

i. Posisi tubuh (*posture*)

Sikap ataupun posisi tubuh berpengaruh terhadap ukuran

tubuh; oleh karena itu posisi tubuh standar harus diterapkan untuk survei pengukuran. Berkaitan dengan posisi tubuh manusia, anthropometri dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Anthropometri statis (*structural body dimensions*)

Anthropometri statis adalah pengukuran manusia pada posisi diam dan linier pada permukaan tubuh. Anthropometri statis disebut juga pengukuran dimensi struktur tubuh dimana tubuh diukur dalam berbagai posisi standar dan tidak bergerak (tetap tegak sempurna). Dimensi tubuh yang diukur dalam anthropometri statis ini meliputi antara lain berat badan, tinggi tubuh dalam posisi berdiri maupun duduk, ukuran kepala, tinggi atau panjang lutut pada saat berdiri atau duduk, panjang lengan, dan sebagainya. Ukuran dalam hal ini diambil dengan percentile tertentu seperti *5-th percentile*, *50-th percentile* dan *95-th percentile*. Untuk itu, dibutuhkan metode pengukuran tertentu agar hasil pengukuran cukup representatif.

2. Anthropometri dinamis (*functional body dimension*)

Anthropometri dinamis adalah pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat manusia melaksanakan kegiatannya. Hasil yang diperoleh merupakan ukuran tubuh yang berkaitan erat dengan gerakan-gerakan nyata yang diperlukan tubuh untuk melaksanakan kegiatan-kegiatan tertentu. Anthropometri dalam posisi tubuh melaksanakan fungsinya yang dinamis banyak diaplikasikan dalam proses perancangan fasilitas ataupun ruang kerja. Terdapat tiga kelas pengukuran anthropometri dinamis, yaitu: $N(x, sX)$.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data anthropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk tersebut.

Agar rancangan suatu produk nantinya bisa sesuai dengan dengan ukuran tubuh manusia yang akan mengoperasikannya, maka prinsip-prinsip yang harus diambil didalam aplikasi data anthropometri tersebut harus ditetapkan terlebih dahulu antara lain :

A. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim.

Disini perancangan produk dibuat agar dapat memenuhi 2 sasaran produk yaitu :

- Bisa sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim
- Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada)

B. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang tertentu.

Disini rancangan bisa diubah-ubah ukurannya sehingga cukup fleksibel dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh, contoh yang paling umum dijumpai adalah perancangan kursi mobil yang mana dalam hal ini letaknya bisa digeser maju mundur dan sudut sandarannya bisa diubah-ubah sesuai dengan yang diinginkan. Dalam kaitannya untuk mendapatkan rancangan yang fleksibel semacam ini, maka data anthropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang 5 – 95 persentil.

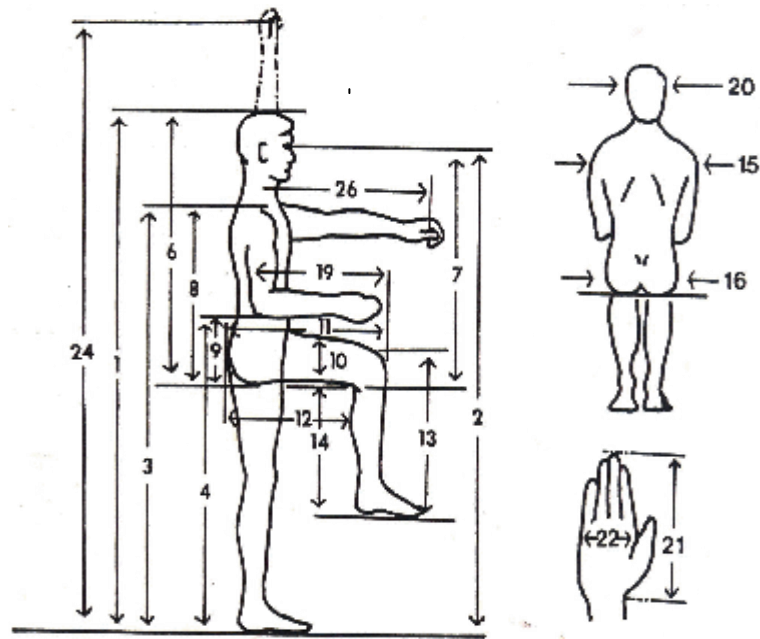
C. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata.

Dalam hal ini rancangan produk didasarkan terhadap rata-rata ukuran manusia. Problem pokok yang dihadapi dalam hal ini justru sedikit sekali mereka yang berada dalam ukuran rata-rata. Disini produk dirancang dan dibuat untuk mereka yang berukuran sekitar rata-rata, sedangkan mereka yang memiliki ukuran ekstrim akan dibuatkan rancangan sendiri. (Ginting Rosnani, 2010).

Berkaitan dengan aplikasi data anthropometri yang diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, maka ada beberapa langkah dalam pembuatannya :

- a. Terlebih dahulu harus ditetapkan anggota tubuh mana yang nantinya akan difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.
- b. Tentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan tersebut.
- c. Tentukan populasi terbesar yang harus diantisipasi, diakomodasikan dan menjadi target utama pemakai produk tersebut. Hal ini lazim dikenal sebagai market segmentation seperti produk mainan untuk anak-anak, peralatan rumah tangga untuk wanita, dan lain-lain.
- d. Tetapkan prinsip ukuran yang harus diikuti semisal apakah rancangan tersebut untuk ukuran individu ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel ataukah ukuran rata-rata.
- e. Pilih persentase populasi yang harus diikuti, 5, 50, 95, ataukah nilai persentil lain yang dikehendaki.
- f. Untuk setiap dimensi tubuh yang telah diidentifikasi selanjutnya tetapkan nilai ukurannya dari tabel data anthropometri yang sesuai. Aplikasikan data tersebut dan tambahkan factor kelonggaran (*allowance*) bila diperlukan seperti halnya tambahan ukuran akibat factor tebalnya pakaian yang harus dikenakan operator, pemakaian sarung tangan (*Glove*), dan lain – lain. (Ginting Rosnani, 2010).

Selanjutnya untuk memperjelas mengenai data antropometri untuk diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja. Pada gambar 2.1 akan memberikan informasi tentang berbagai macam dimensi tubuh yang perlu diukur.



Gambar 2.1 Antropometri Dimensi Tubuh Manusia
(Sumber Data : Nurmiyanto,1991)

Keterangan :

1. Dimensi tinggi tubuh posisi berdiri (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
5. Tinggi kepalan tangan yang terlanjur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam gambar diatas tidak ditampakkan)
6. Tinggi badan 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
10. Tebal atau lebar paha
11. Panjang paha diukur dari pantat sampai ujung lutut/ betis
12. Panjang paha diukur dari pantat sampai bagian belakang dari lutut atau betis
13. Tinggi lutut yang bisa diukur baik dalam posisi berdiri maupun duduk

14. Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang diukur dari lantai sampai paha
15. Lebar dari bahu (bias diukur dalam posisi berdiri atau duduk)
16. Lebar pinggul atau pantat
17. Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan dalam 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 atas pergelangan sampai ujung jari
22. Lebar tangan
23. Lebar telapak tangan sampai ibu jari (tidak ditunjukkan dalam gambar)
24. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur dari lantai sampai dengan telapak tangan yang terjangkau lurus keatas (vertical)
25. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur seperti halnya no. 24 dalam posisi duduk (tidak ditunjukkan dalam gambar)
26. Jarak jangkauan tangan yang terlanjur kedepan diukur dari bahu sampai ujung jari tangan. (Nurmianto, 1991)

Berkaitan dengan perancangan areal atau tempat kerja dalam suatu rancangan industri, ada beberapa aspek-aspek ergonomis yang harus dipertimbangkan yaitu sikap dan posisi kerja. Pertimbangan ergonomis yang berkaitan dengan sikap atau posisi kerja sangat penting, tidak peduli apakah pekerjaan tersebut dilakukan dengan posisikerja berdiri, duduk, atau posisi kerja lainnya.

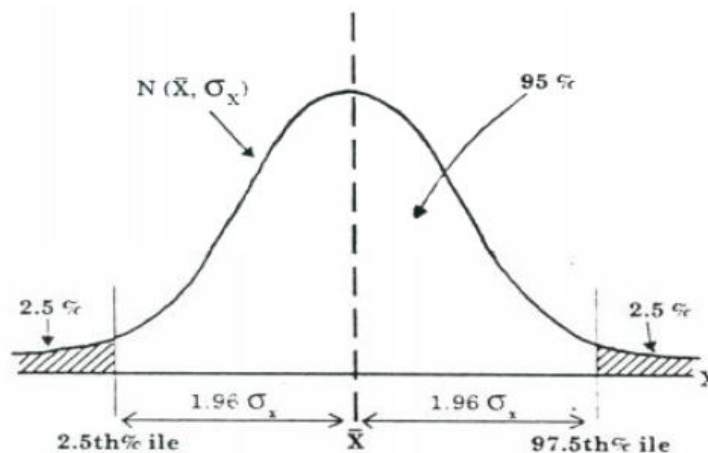
Beberapa pertimbangan-pertimbangan ergonomis antara lain :

- a. Anthropometri dan mengurangi keharusan operator untuk bekerja dengan sikap membungkuk dengan frekuensi kegiatan yang sering atau dalam jangka waktu yang lama. Untuk mengatasi ini maka tempat kerja harus dirancang dengan mempertimbangkan fasilitas-fasilitas kerja seperti kursi, meja, dan lain-lain yang sesuai data anthropometri. Hal ini agar operator dapat menjaga sikap dan posisinya tetap normal.

- b. Operator tidak seharusnya menggunakan jarak maksimum yang bisa dilakukan. Pengaturan posisi kerja seharusnya dilakukan dalam jarak jangkauan normal.
- c. Operator tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja untuk waktu yang lama dengan kepala, leher, dada atau kaki berada pada posisi miring, sedapat mungkin menghindari cara kerja yang memaksa operator harus bekerja terlentang atau tengkurap
- d. Operator tidak seharusnya dipaksa dalam frekuensi dan periode yang lama dengan tangan atau lengan dalam posisi diatas level siku normal
- e. Dimensi ruang kerja (Wignjosoebroto:2003)

2.2.3 Distribusi Normal dan Persentil

Pada penetapan data antropometri, pemakaian distribusi normal umum diterapkan. Distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan harga rata-rata dan simpangan standarnya dari data yang ada. Berdasarkan nilai yang ada tersebut, maka persentil (nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau di bawah nilai tersebut) bisa ditetapkan sesuai tabel probabilitas distribusi normal. Jika diharapkan ukuran yang mampu mengakomodasikan 95% dari populasi yang ada, maka diambil rentang 2,5th dan 97,5th percentile sebagai batas-batasnya.



Gambar 2.2. Distribusi normal yang mengakomodasi 95% dari populasi (Sumber : Nurmianto, 2004)

Tabel 2.1 Distribusi Normal dan Perhitungan Persentil

Percentile	Perhitungan
1 st	$X - 2,325 \sigma_x$
2,5 th	$X - 1,96 \sigma_x$
5 th	$X - 1,645 \sigma_x$
10 th	$X - 1,28 \sigma_x$
50 th	X
90 th	$X + 1,28 \sigma_x$
95 th	$X + 1,645 \sigma_x$
97,5 th	$X + 1,96 \sigma_x$
99 th	$X + 2,325 \sigma_x$

(Sumber :: Nurmianto 1991)

2.2.4 PENELITIAN SEBELUMNYA

Pada penelitian ini juga bersumber pada penelitian – penelitian terdahulu , dan berikut adalah beberapa judul penelitian terdahulu beserta penulisnya.

1. PERANCANGAN KURSI OPERATOR WANITA SPBU DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ANTHROPOMETRI UNTUK MENGURANGI NYERI OTOT, oleh Nur Cahyo Saputro

Pada penelitian ini membahas tentang perancangan kursi operator bagi operator wanita SPBU. Dimana kursi itu dibuat untuk kenyamanan operator wanita dalam segi kinerjanya.

Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Nartosabdo mempekerjakan wanita sebagai operator karena wanita dianggap lebih teliti, lebih rajin, dan lebih telaten. Namun dengan kondisi kerja yang ada, operator wanita akan lebih cepat mengalami kelelahan fisik yang ditandai dengan lelah dan pegal di beberapa bagian tubuh. Hal ini antara lain disebabkan oleh posisi operator yang harus berdiri selama bekerja karena harus menjangkau panel mesin SPBU dan mengisikan bensin ke sepeda

motor. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat bantu operator wanita SPBU dalam bekerja berupa kursi operator. Perancangan kursi dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor antropometri dan seluruh perhitungan dimensinya menggunakan sistem persentil sehingga diharapkan kursi yang dirancang sesuai untuk operator yang memiliki ukuran fisik yang berbeda-beda. Kursi yang dirancang memiliki lima kaki untuk menjamin kestabilannya dengan tinggi alas 57 cm, lebar alas 41 cm, dan panjang alas 39 cm. Selain itu, kursi yang dirancang juga dilengkapi dengan sandaran punggung yang dapat disesuaikan (*adjustable*) untuk menopang punggung operator saat beristirahat. Baik alas duduk maupun sandaran punggung dilengkapi dengan bantalan untuk mengurangi tekanan pada bagian-bagian tubuh yang bersentuhan dengan kursi.

Selanjutnya, kursi ini dirancang dapat berputar sehingga operator dapat menjangkau panel mesin SPBU dan motor tanpa harus memutar badannya. Pijakan kaki yang dibuat melingkar diharapkan dapat menambah kenyamanan operator di saat melaksanakan tugasnya. Kursi rancangan yang dibuat dengan memodifikasi kursi yang sudah ada dipasaran hanya membutuhkan biaya sebesar Rp 276.000,- lebih murah daripada pembuatan kursi dari awal yang membutuhkan biaya sebesar Rp 324.675,-.

2. PERANCANGAN ALAT BANTU PEKERJAAN PENGELASAN YANG ERGONOMIS DENGAN PENDEKATAN REKAYASA NILAI, oleh Hayat Prihantono.

Pada penelitian ini membahas tentang alat bantu yang dibuat untuk pekerjaan pengelasan yang kurang ergonomis dan melakukan pendekatan dengan rekayasa nilai.

Dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan untuk menentukan alternatif desain perlu memperhatikan permasalahan yang didapat dari keadaan awal serta dengan menganalisis fungsi.

Hingga diperoleh tiga alternatif yaitu :

1. Alternatif Desain I (KeadaanAwal)

adalah alat bantu yang sangat sederhana dimana proses pengelasan benda kerja hanya diletakkan diatas meja tanpa ada penjepit benda kerjanya atau hanya menggunakan meja biasa saja.

2. Alternatif Desain II

adalah alat meja las dari pipa besi yang pada kaki mejanya didisain *Adjustable* atau bisa disesuaikan ukuran kaki mejanya.

3. Alternatif Desain III

Adalah alat meja las dari pipa besi yang pada kaki mejanya didisain *Adjustable* atau bisa disesuaikan ukuran kaki mejanya dan pada alas meja terdapat ragam penjepit untuk mencekam benda kerja serta didesain *Adjustable* untuk mempermudah mengatur sudut kemiringan alas meja,

Sedangkan dalam menentukan criteria didapat dari hasil analisis fungsi dengan menggunakan analisa diagram FAST yang menjawab *how* dan *why*.

Sehinggamemunculkankriteriasebagaiberikut :

1. Kemampuan menahan benda kerja
2. Kemudahan Komponen
3. Kehandalan (kualitas)
4. Kemudahan perawatan
5. *Adjustable*

Dalam menentukan performance dilakukan pembobotan criteria terlebih dahulu dengan menggunakan metode AHP (*Analytic Hierarchy Proses*) sebelum nantinya dilakukan perhitungan nilai, dan pada perhitungan nilai selain nilai performance diperlukan juga total biaya dari masing – masing alternatif, kemudian dalam menentukan alternatif yang memiliki *value* tertinggi menggunakan perhitungan dalam rekayasa nilai (*Value Engineering*) dimana performance

berbanding dengan *Cost* yang menghasilkan nilai atau *Value* dari alternatif desain tersebut.