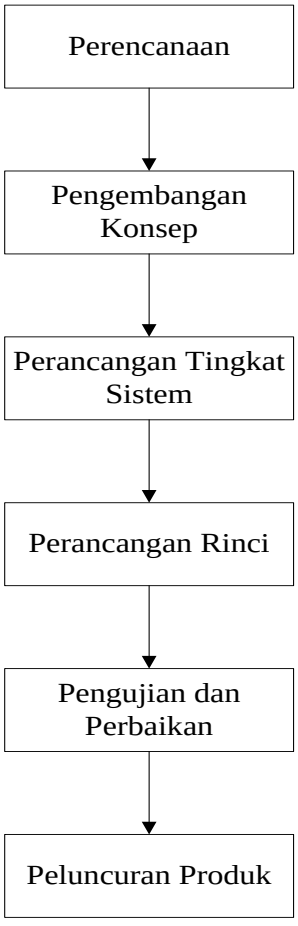
Bab 2

Landasan Teori

2.1 Perancangan Produk

Produk merupakan sesuatu yang dijual oleh perusahaan kepada pembeli (Ulrich *et al.*, 2000). Pengembangan produk merupakan serangkaian aktivitas yang dimulai dari analisis persepsi dan peluang pasar, kemudian diakhiri dengan tahap produksi, penjualan, dan pengiriman produk. Berikut ini adalah proses pengembangan produk yang dibagi menjadi 6 tahapan (Ulrich *et al*., 2000).



Gambar 2.1 Proses Pengembangan Produk

2.1.1 Proses Pengembangan Generik

Proses adalah merupakan urutan langkah-langkah pengubahan sekumpulan *input* menjadi sekumpulan *output* (Ulrich *et al*., 2000). Proses pengembangan produk adalah urutan langkah-langkah atau kegiatan-kegiatan di mana suatu perusahaan untuk menyusun, merancang, dan mengkomersialkan suatu produk. Kebanyakan langkah-langkah dan kegiatan-kegiatan tersebut lebih bersifat intelektual dan organisasional daripada bersifat fisik.

Suatu proses pengembangan yang terdefinisi dengan baik berguna karena alasan berikut:

- Jaminan Kualitas

  Proses pengembangan menggolongkan tahap-tahap proyek pengembangan yang dinilai serta melalui butir-butir pemeriksaan. Bila fase-fase dan titik pemeriksaan ini dipilih secara bijaksana, mengikuti proses pengembangan merupakan sebuah cara untuk menjamin kualitas dari produk yang dihasilkan.
- Koordinasi

  Proses pengembangan yang diterjemahkan secara jelas berlaku sebagai rencana utama yang mendefinisikan aturan-aturan untuk tiap pemain pada tim pengembangan. Rencana ini menginformasikan kepada anggota tim kapan kontribusi mereka dibutuhkan dan dengan siapa mereka harus bertukar informasi.
- Perencanaan

  Suatu proses pengembangan terdiri dari tolok ukur yang sesuai dengan penyelesaian tiap fase. Penentuan waktu dari tolok ukur mengikuti jadwal keseluruhan proyek pengembangan.
- Manajemen

  Suatu proses pengembangan merupakan alat ukur untuk memperkirakan kinerja dari usaha pengembangan yang berlangsung. Dengan membandingkan peristiwa-peristiwa aktual dengan proses yang dilakukan,

seorang manajer dapat mengidentifikasi kemungkinan lingkup permasalahan.

- Perbaikan

  Pencatatan yang cermat terhadap proses pengembangan suatu organisasi sering membantu untuk mengidentifikasi peluang-peluang untuk perbaikan.

Menurut Ulrich *et al*., 2000 proses pengembangan produk yang umum terdiri dari enam tahap, seperti yang terlihat pada gambar 2.1. Proses ini diawali dengan suatu fase perencanaan, yang berkaitan dengan kegiatan-kegiatan pengembangan tekhnologi dan penelitian tingkat lanjut. Penyelesaian dari proses pengembangan produk adalah peluncuran produk, di mana produk tersedia untuk dibeli di pasar.

Enam fase dalam proses pengembangan secara umum adalah:

- Perencanaan

  Kegiatan perencanaan ini sering dirujuk sebagai "zerofase" karena kegiatan ini mendahului persetujuan proyek dan proses peluncuran pengembangan produk aktual.

- Pengembangan Konsep

  Pada fase pengembangan konsep, kebutuhan pasar target diidentifikasi, alternatif konsep-konsep produk dibangkitkan dan dievaluasi, dan satu atau lebih konsep dipilih untuk pengembangan dan percobaan lebih jauh. Konsep adalah uraian dari bentuk, fungsi, dan tampilan suatu produk dan biasanya dibarengi dengan sekumpulan spesifikasi, analisis produk-produk pesaing serta pertambangan ekonomis proyek.

- Perancangan Tingkatan Sistem

  Fase perancangan tingkatan sistem mencakup definisi arsitektur produk dan uraian produk menjadi subsistem-subsistem serta komponen-komponen. Gambaran rakitan akhir untuk sistem produksi biasanya didefinisikan selama fase ini. *Output* pada fase ini biasannya mencakup tata letak bentuk produk, spesifikasi secara fungsional dari tiap subsistem

produk, serta diagram aliran proses pendahuluan untuk proses rakitan akhir.

- Perancangan Detail

  Fase perancangan detail mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material, dan toleransi-toleransi dari seluruh komponen unik pada produk dan identifikasi seluruh komponen standar yang dibeli dari pemasok. Rencana proses dinyatakan dan peralatan dirancang untuk tiap komponen yang dibuat dalam sistem produksi. *Output* dari fase ini adalah pencatatan pengendalian untuk produk

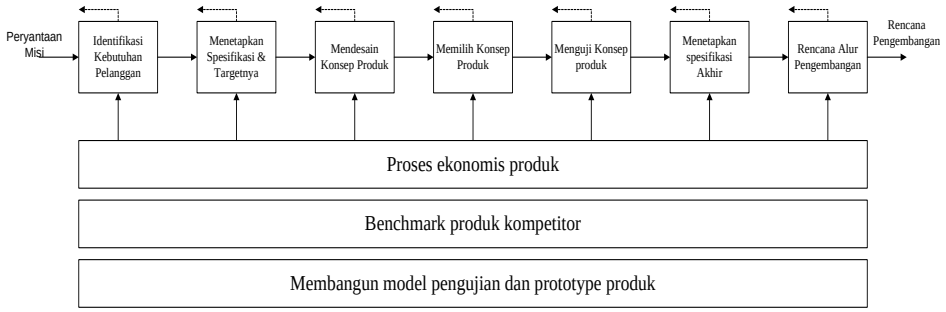
- Pengujian dan Perbaikan

  Fase pengujian dan perbaikan melibatkan konstruksi dan evaluasi dan evaluasi dari bermacam-macam versi produksi awal produk. Prototipe awal biasanya dibuat dengan menggunakan komponen-komponen dengan bentuk dan jenis material pada produksi sesungguhnya, namun tidak memerlukan proses pabrikasi dengan proses yang dilakukan pada produksi sesungguhnya. Prototipe awal diuji untuk menentukan apakah produkn akan bekerja sesuai dengan yang direncakan dan apakah produk memenuhi kebutuhan konsumen utama.

- Produksi Awal

  Pada fase produksi awal,produk dibuat dengan menggunakan sistem produksi yang sesungguhnya. Tujuan dari produksi awal ini adalah untuk melatih tenaga kerja dalam memecahkan permasalahan yang mungkin timbul pada proses produksi sesungguhnya. Produk yang dihasilkan selama produksi awal kadang-kadang disesuaikan dengan keinginan pelanggan secara hati-hati dievaluasi untuk mengidentifikasi kekurangan-kekurangan yang timbul.

2.1.2 Pengembangan Konsep



Gambar 2.2 Tahap pengembangan konsep

Karena tahap pengembangan konsep dalam proses pengembangan itu sendiri membutuhkan lebih banyak koordinasi dibandingkan fungsi-fungsi lainnya, banyak metode pengembangan terintegrasi.

Proses pengembangan konsep menurut Ulrich *et al*., 2000 mencakup kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

1. Identifikasi kebutuhan Pelanggan

   Sasaran kegiatan ini adalah memahami kebutuhan pelanggan dan mengkomunikasikannya secara efektif kepada tim pengembangan. *Output* dari langkah ini adalah sekumpulan pernyataan kebutuhan pelanggan yang tersusun rapi, diatur dalam daftar hierarki, dengan bobot kepentingan untuk tiap kebutuhan.
2. Penetapan spesifikasi target

   Spesifikasi memberikan uraian yang tepat mengenai bagaimana produk bekerja. Ia merupakan terjemahan dari kebutuhan pelanggan menjadi kebutuhan secara teknis. Target spesifikasi mula-mula dipersiapkan di awal dan merupakan harapan dari tim pengembangan. Nantinya spesifikasi ini diperbaharui agar konsistensi dengan batasan-batasan berdasarkan konsep produk yang dipilih oleh tim. *Output* dari langkah ini adalah suatu daftar spesifikasi target. Setiap spesifikasi terdiri dari suatu metrik, serta nilai-nilai batas dan ideal untuk besaran tersebut.

3. Penyusunan konsep

   Sasaran penyusunan konsep adalah menggali lebih jauh area konsep-konsep produk yang mungkin sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Penyusunan konsep mencakup gabungan dari penelitian eksternal, proses pemecahan masalah secara kreatif oleh tim dan penelitian sistematis dari bagian-bagian solusi yang dihasilkan oleh tim.

4. Pemilihan konsep

   Pemilihan konsep merupakan kegiatan di mana berbagai konsep dianalisis secara berturut-turut dieliminasi untuk mengidentifikasi konsep yang paling menjanjikan. Proses ini membutuhkan beberapa iterasi dan mungkin diajukannya tambahan penyusunan dan perbaikan konsep

5. Pengujian konsep

   Satu atau lebih konsep diuji untuk mengetahui apakah kebutuhan pelanggan telah terpenuhi, memperkirakan potensi pasar dari produk, dan mengidentifikasi beberapa kelemahan yang harus diperbaiki selama pengembangan selanjutnya. Jika tanggapan pelanggan buruk, proyek pengembangan mungkin dihentikan atau beberapa kegiatan awal mungkin diulang bila dibutuhkan.

6. Penentuan spesifikasi akhir

   Spesifikasi target yang telah ditentukan di awal proses ditinjau kembali setelah proses dipilih dan diuji. Pada titik ini, tim harus konsisten dengan nilai-nilai besaran spesifik yang mencerminkan batasan-batasan pada konsep produk itu sendiri, batasan-batasan yang diidentifikasi melalui pemodelan secara teknis, serta pilihan antara biaya dan kinerja.

7. Perencanaan proyek

   Pada kegiatan akhir pengembangan konsep ini. Tim membuat suatu jadual pengembangan secara rinci, menentukan strategi untuk meminimasi waktu pengembangan, dan mengidentifikasi sumber daya yang digunakan untuk menyelesaikan proyek. Hasil utama dari

kegiatan awal hingga akhir ini biasanya dikumpulkan dalam satu buku kontrak yang terdiri dari pernyataan misi, kebutuhan pelanggan, detail konsep yang dipilih, spesifikasi target, analisis ekonomis produk, jadwal pengembangam, penentuan staf proyek dan anggaran.

8. Analisis ekonomi

   Tim, sering didukung oleh analisis keuangan, membuat model ekonomis untuk produk baru. Model ini digunakan untuk memastikan kelanjutan program pengembangan menyeluruh dan memecahkan tawar menawar spesifik, misalnya antara biaya manufaktur dan biaya pengembangan. Analisis ekonomi merupakan salah satu kegiatan dalam tahap pengembangan. Analisis ekonomi awal hampir selalu dilakukan bahkan sebelum proyek dimulai, dan analisis ini diperbaharui begitu ada tambahan informasi.

9. Analisis produk-produk pesaing

   Pemahaman mengenai produk pesaing adalah penting untuk penentuan posisi produk baru yang berhasil dan dapat menjadi sumber ide yang kaya untuk rancangan produk dan proses produksi. Analisis pesaing dilakukan untuk mendukung banyak kegiatan akhir.

10. Pemodelan dan pembuatan prototype

    Setiap tahapan dalamproses pengembangan konsep melibatkan banyak bentuk model dan prototipe. Hal ini mencakup, antara lain model pembuktian konsep, yang akan membantu tim pengembangan dalam menunjukkan kelayakan: model ‘hanya bentuk’ dapat ditunjukan pada pelanggan untuk mengevaluasi keergonomisandan gaya, sedangkan model lembar kerja adalah untuk pilihan teknis.

2.1.3 Perencanaan Produk

Proses perencanaan produk dilakukan sebelum suatu proyek pengembangan produk secara formal disetujui, sumber daya yang penting dipakai dan sebelum tim pengembangan yang lebih besar dibentuk. Perencanaan produk merupakan suatu kegiatan yang mempertimbangkan *portfolio* suatu proyek, sehingga suatu

organisasi dapat mengikuti dan menentukan bagian apa dari proyek yang akan diikuti selama periode tertentu (Ulrich *et al*., 2000).

Terdapat empat tipe proyek pengembangan produk, yaitu:

- Platform produk baru

  Tipe proyek ini melibatkan usaha pengembangan utama untuk merancang suatu keluarga produk baru berdasarkan *platform* yang baru dan umum. Keluarga produk baru akan memasuki kategori pasar dan produk yang sudah dikenal.
- Turunan dari platform produk yang telah ada

  Proyek-proyek ini memperpanjang platform produk lebih baik dalam memasuki pasar yang telah dikenal dengan satu atau lebih produk baru.
- Peningkatan perbaikan untuk produk yang telah ada

  Proyek-proyek ini mungkin hanya melibatkan penambahan atau modifikai beberapa detail produk dari produk yang telah ada dalam rangka menjaga lini produk yang ada pesaingnya.
- Pada dasarnya produk baru

  Proyek-proyek ini melibatkan produk yang sangat berbeda atau teknologi produksi dan mungkin membantu untuk memasuki pasar yang belum dikenal dan baru. Proyek-proyek ini umumnya melibatkan lebih banyak resiko; yang mana, keberhasilan jangka panjang perusahaan mungkin tergantung dari apa yang dipelajari melalui proyek-proyek penting ini.

2.1.3.1 Identifikasi Kebutuhan Pelanggan

Proses identifikasi kebutuhan pelanggan merupakan bagian yang integral dari proses pengembangan produk, dan merupakan tahap yang mempunyai hubungan paling erat dengan proses penurunan konsep, seleksi konsep, *benchmark* dengan pesaing, dan menetapkan spesifikasi produk (Ulrich *et al*., 2000). Posisi identifikasi kebutuhan pelanggan di dalam aktivitas pengembangan diperlihatkan pada gambar sebelumnya 2.1 di mana seluruh akivitas ini secara kolektif disebut sebagai fase pengembangan konsep.

Dalam bukunya, Ulrich menuliskan tujuan dari metode identifikasi kebutuhan ini adalah:

- Meyakinkan bahwa produk telah difokuskan terhadap kebutuhan pelanggan.
- Mengidentifikasi kebutuhan pelanggan yang tersembunyi dan tidak terucapkan (*latent needs*) seperti halnya kebutuhan yang eksplisit.
- Menjadi basis untuk menyusun spesifikasi produk.
- Memudahkan pembuatan arsip dari aktivitas identifikasi kebutuhan untuk proses pengembangan produk.
- Menjamin tidak ada kebutuhan pelanggan penting yang terlupakan.
- Menanamkan pemahaman bersama mengenai kebutuhan pelanggan di antara anggota tim pengembangan.

Identifikasi kebutuhan pelanggan sendiri adalah sebuah proses yang dibagi menjadi lima tahap. Karl Ulrich, dalam bukunya mengatakan bahwa Ulrich percaya struktur yang sederhana ini masih jauh untuk menghasilkan praktik pengembangan produk yang efektif. Lima tahap dalam identifikasi kebutuhan pelanggan adalah:

- Mengumpulkan data mentah dari pelanggan
- Menginterpretasikan data mentah menjadi kebutuhan pelanggan
- Mengorganisasikan kebutuhan menjadi beberapa hierarki, yaitu kebutuhan primer, sekunder, dan tertier
- Menetapkan derajat kepentingan relatif setiap kebutuhan
- Menganalisis hasil dan proses

2.1.3.2 Spesifikasi Produk

Kebutuhan pelanggan umumnya diekspresikan dalam “bahasa pelanggan”. Daftar kebutuhan pelanggan masih mengandung banyak interpretasi yang subyektif. Untuk alasan ini, tim pengembang biasanya menetapkan serangkaian spesifikasi,

yang mengungkapkan detail-detail yang tepat dan terukur mengenai apa yang harus dilakukan produk.

Maksud spesifikasi produk adalah menjelaskan tentang hal-hal yang harus dilakukan oleh sebuah produk (Ulrich *et al*., 2000). Beberapa perusahaan menggunakan istilah "kebutuhan produk" atau "karakteristik *engineering*" untuk hal ini. Perusahaan lain menggunakan "spesifikasi" atau "spesifikasi teknik" untuk menjelaskan variabel desain utama dari produk, seperti kekentalan minyak atau konstanta pegas dari sistem suspensi. Ini semua hanya perbedaan dalam istilah.

Pada kondisi ideal proses pengembangan produk, tim terlebih dahulu membuat spesifikasi produk, lalu mendesain, dan membuat produk yang memenuhi spesifikasi tersebut. Setelah mengidentifikasi kebutuhan pelanggan, tim membuat target spesifikasi. Spesifikasi ini membuat harapan dan aspirasi tim, tetapi hal itu dibuat sebelum tim mengetahui batasan teknologi produk. Untuk membuat spesifikasi akhir tim harus menganalisis pertentangan di antara berbagai karakteristik produk yang diinginkan. Agar memudahkan, proses pembuatan spesifikasi dibagi menjadi dua tahap, tetapi pada beberapa organisasi, spesifikasi dapat diperbaiki beberapa kali selama proses pengembangan.

Upaya memenuhi spesifikasi yang dibuat pada tahap ini tergantung pada detail dari konsep produk yang dipilih tim. Karena itu spesifikasi awal dinamakan "target spesifikasi". Target spesifikasi merupakan tujuan tim pengembangan, yang berperan dalam menjelaskan produk agar sukses di pasaran (Ulrich *et al*., 2000). Kemudian target spesifikasi ini akan diperbaiki tergantung kepada batasan konsep produk yang akhirnya dipilih.

Proses pembuatan target spesifikasi terdiri dari empat langkah:

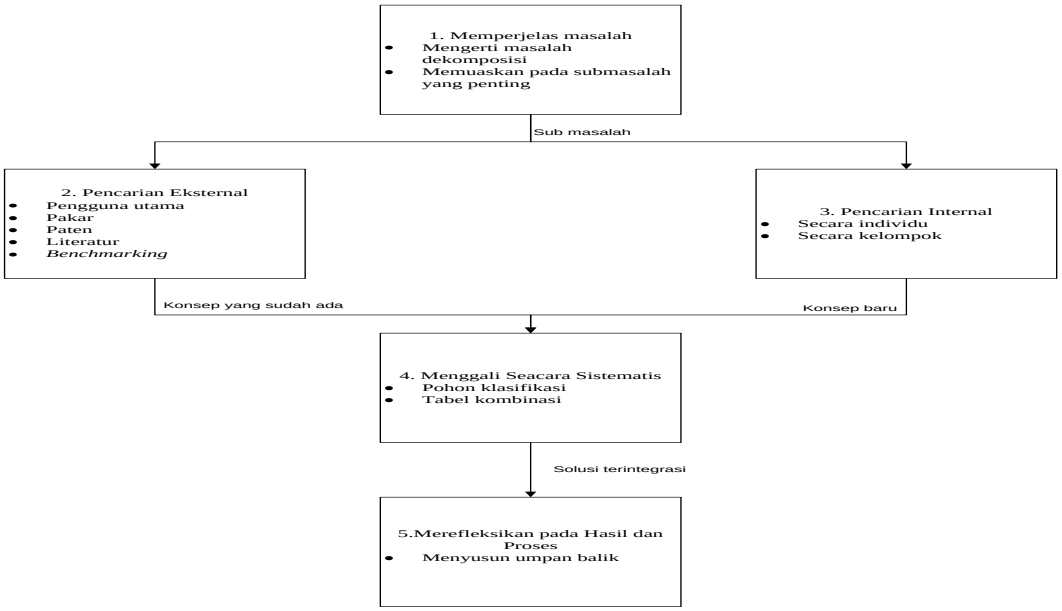
- Menyiapkan gambar metrik, dan menggunakan metrik-metrik kebutuhan, jika diperlukan.
- Mengumpulkan informasi tentang pesaing.

- Menetapkan nilai target ideal dan marginal dan dapat dicapai untuk tiap metrik.
- Merefleksikan hasil dan proses.

2.1.3.3 Penyusunan Konsep

Konsep produk adalah sebuah gambaran atau perkiraan mengenai teknologi, prinsip kerja, dan bentuk produk (Ulrich *et al*., 2000). Konsep produk merupakan gambaran singkat bagaimana produk memuaskan kebutuhan pelanggan. Sebuah konsep biasanya diekspresikan sebagai sebuah sketsa atau sebagai sebuah model tiga dimensi secara garis besar dan seringkali disertai oleh sebuah uraian gambar. Jika dibandingkan dengan proses pengembangan lainnya, penyusunan konsep relatif lebih murah dan dapat dilaksanakan dengan cepat. Sebuah produk dapat memuaskan pelanggan dan dapat sukses dipasaran bergantung pada nilai tinggi untuk ukuran kualitas yang mendasari konsep.

Menurut Ulrich *et al*., 2000 metode penyusunan konsep terdiri dari lima langkah seperti yang terlihat pada gambar 2.3. Dari gambar tersebut kita dapat melihat bagaimana sebuah masalah kompleks dipecahkan menjadi sub masalah yang lebih sederhana.



Gambar 2.3. Lima langkah metode penyusunan konsep

2.1.3.4 Seleksi Konsep

Pada awal proses pengembangan, tim pengembangan produk mengidentifikasi serangkaian kebutuhan konsumen. Dengan menggunakan bermacam-macam metode, tim kemudian menghasilkan konsep alternatif sebagai respons terhadap kebutuhan. Seleksi konsep merupakan proses menilai konsep dengan memperhatikan kebutuhan pelanggan dan kriteria lain, membandingkan kekuatan dan kelemahan relatif dari konsep, dan memilih satu atau lebih konsep untuk penyelidikan, pengujian, dan pengembangan selanjutnya (Ulrich *et al*., 2000).

Jika pada tahapan proses pengembangan sebelumnya kita diuntungkan oleh kreativitas yang tidak terbatas, dan pemikiran yang menyebar, seleksi konsep merupakan proses penyempitan serangkaian alternatif konsep yang sedang dipertimbangkan. Sejumlah besar konsep pada awalnya disaring menjadi jumlah yang lebih kecil, tetapi jumlah kecil ini lalu dapat digabungkan atau diperbaiki sehingga memperluas kembali konsep-konsep yang sedang dipertimbangkan.

Dalam bukunya, Ulrich *et al*., 2000 mengatakan bahwa metode pemilihan konsep itu sangat bervariasi dilihat dari efektivitasnya. Beberapa metode tersebut adalah:

- Keputusan eksternal

  Konsep-konsep dikembalikan kepada pelanggan, klien, atau beberapa lingkup eksternal lainnya untuk diseleksi.
- Produk juara

  Seorang anggota yang berpengaruh dari tim pengembangan prodduk memilih sebuah konsep atas dasar pilihan pribadi.
- Intuisi

  Konsep dipilih berdasarkan perasaan. Kriteria eksplisit atau analisis pertentangan tidak digunakan. Konsep yang dipilih semata-mata yang kelihatan lebih baik.
- Multivoting

  Tiap anggota tim memilih beberapa konsep. Konsep yang paling banyak dipilih akan digunakan.

- Pro dan kontra

  Tim mendaftar kekuatan dan kelemahan dari tiap konsep dan membuat sebuah pilihan berdasarkan pendapat kelompok
- Prototipe dan pengujian

  Organisasi membuat dan menguji prototipe dari tiap konsep, lalu menyeleksi berdasarkan data pengujian.
- Matriks keputusan

  Tim menilai masing-masing konsep berdasarkan kriteria penyeleksian yang telah ditetapkan sebelumnya yang dapat diberi bobot.

2.2 Ergonomi

Ergonomi yaitu ilmu yang mempelajari sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia dalam kaitannya dengan pekerjaan manusia itu sendiri (Sutalaksana *et al., 2006*). Oleh karena itulah yang menjadi sasaran penelitian ergonomi adalah manusia pada saat bekerja dalam lingkungan. Dengan melakukan analisis-analisis dan penerapan-penerapan menggunakan ilmu ergonomi, maka tugas pekerjaan akan disesuaikan dengan kondisi tubuh manusia. Dalam cakupan lebih sempit, produk dan sistem kerja yang dirancang harus disesuaikan dengan sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia (pekerjanya).

Ergonomi merupakan dasar ilmu untuk melakukan penyesuaian sistem kerja dengan sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia (Sutalaksana *et al., 2006*). Kesesuaian menurut ilmu ergonomi adalah ketercapaian beberapa kriteria (Pheasant, 2003). Kriteria-kriteria tersebut di antaranya efisiensi fungsi, kemudahan dalam penggunaan,kenyamanan, kesehatan dan keselamatan, dan kualitas yang baik dalam bekerja.

2.3 Antropometri

Antropometri adalah ilmu dan pengukuran pada dimensi tubuh manusia (Wickens *et al.,* 2004). Antropometri biasanya dikumpulkan berupa kumpulan data antropometri digunakan untuk mengembangkan acuan perancangan untuk tinggi,

kelonggaran, dan ukuran-ukuran lain yang dibutuhkan dalam perancangan produk dan sistem kerja. Sebagai contoh, dalam melakukan perancangan kursi, maka perlu diketahui data antropometri dimensi-dimensi yang berhubungan untuk merancang kursi. Dimensi-dimensi tersebut di antaranya lebar pinggul, lebar bahu, lebar sandaran punggung, tinggi bahu duduk, lebar siku, dan sebagainya.

Antropometri juga diterapkan pada perancangan produk-produk untuk konsumen (Wickens *et al.*, 2004). Produk-produk tersebut disesuaikan dengan dimensi pada data antropometri pangsa pasar yang dituju. Produk yang dibuat dapat berupa pakaian, kendaraan, furnitur, alat-alat kerja, dan sebagainya. Produk-produk ini dibuat sesuai dengan fungsinya menggunakan ukuran-ukuran pada data antropometri. Data antropometri dapat diolah menjadi informasi yang penting untuk melakukan analisis biomekanika kerja. Dalam melakukan analisis biomekanika kerja, dilakukan analisis secara keseluruhan pada sistem kerja dan semua unsur yang terdapat di dalamnya. Manusia adalah salah satu unsur sistem kerja, maka ukuran antropometri manusia pun merupakan salah satu hal yang penting untuk diketahui dan dijadikan acuan dalam melakukan analisis.

Manusia memiliki variasi yang besar. Artinya, keragaman manusia sangatlah tinggi dari berbagai aspek. Variasi manusia dapat dibedakan dalam beberapa kategori (Wickens *et al.*, 2004). Variasi manusia pada umumnya dibedakan berdasarkan umurnya. Dengan melihat fisik seseorang, maka dapat diperkirakan umur orang tersebut. Selain itu, variasi manusia dapat pula dilihat dari jenis kelaminnya. Biasanya, para pria dewasa memiliki dimensi tubuh yang lebih tinggi dan lebih besar dibandingkan dengan wanita dewasa.Variasi manusia pun dapat dibedakan berdasarkan ras. Ras ini mempengaruhi pola hidup, pola makan, dan genetik sehingga wajar apabila variasi manusia dibedakan berdasarkan ras. Variasi manusia juga dapat dibedakan berdasarkan pekerjaan. Pekerjaan terkadang sangat mempengaruhi fisik pekerjanya. Pekerja yang biasanya mengangkat barang berat cenderung mempunyai tubuh yang lebih pendek karena pertumbuhannya terhambat oleh pekerjaan tersebut. Selain itu, variasi manusia pun dapat dilihat berdasarkan pada generasi. Manusia generasi lama dan baru sangatlah berbeda.

Hal ini dipengaruhi oleh asupan gizi dari masing-masing yang relatif berbeda satu sama lain.

Dalam melakukan pengolahan data antropometri, perlu dilakukan uji dan analisis statistika terhadap data antropometri yang dikumpulkan. Uji yang dilakukan pada data antropometri adalah uji normal. Hal ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dari skala data antropometri yang didapatkan dari pengukuran tubuh manusia (Wickens *et al.,* 2004). Dengan mengetahui bahwa data antropometri yang dikumpulkan berdistribusi normal, maka dapat disimpulkan bahwa data yang terkumpul di rata-rata. Hal ini akan menjadi dasar yang kuat dalam pengambilan kesimpulan bahwa rata-rata datalah yang dijadikan hasil pengukuran.

Dalam hubungannya dengan perancangan produk, perlu dilakukan analisis statistika pada persentil. Persentil mempresentasikan persen populasi dengan ukuran tubuh pada dimensi tersebut atau lebih kecil daripada dimensi tersebut (Wickens *et al.,* 2004). Dalam konsep konsumen, maka dapat dikatakan bahwa persentil menunjukkan persen populasi yang dapat menggunakan produk tersebut. Analisis penggunaan persentil adalah penting karena produk yang diciptakan idealnya dapat memenuhi kebutuhan pasar yang diharapkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan sinkronisasi antara pangsa pasar (konsumen) dengan rancangan produk yang dibuat.

Untuk menghindari ambiguitas pada persepsi data antropometri yang diukur, perlu dilakukan persamaan persepsi mengenai ukuran-ukuran antropometri (Wickens *et al.,* 2004) sebagai berikut:

- Tinggi :sebagai garis lurus, dari titik ke titik pengukuran vertikal
- Kedalaman : sebuah garis lurus, dari titik ke titik pengukuran horizontal pada bagian dalam tubuh manusia.
- Jarak : sebuah garis lurus, dari titik ke titik pengukuran antara bagian-bagian tubuh yang ingin diukur.
- *Circumference*: pengukuran terdekat antar kontur tubuh
- *Curvature* : pengukuran dari titik ke titik mengikuti kontur tubuh

Berdasarkan bagaimana cara pengumpulannya, data antropometri dapat diklasifikasikan dalam dua tipe data struktural dan data fungsional (Wickens *et al.*, 2004). Data struktural adalah data yang pengukuran dimensi tubuhnya diambil dari tubuh standart dan dilakukan pada posisi yang statis. Data struktural dapat disebut juga sebagai data antropometri statis. Contoh data struktural diantaranya panjang lengan, lebar telapak tangan, lebar bahu, lebar punggung, dan sebagainya. Data fungsional adalah data yang pengukurannya dilakukan pada tubuh dengan postur kerja yang bervariasi. Data fungsional dapat disebut juga sebagai data antropometris dinamis. Contoh data fungsional yaitu sudut putaran tangan.

Data antropometri dapat digunakan sebagai acuan pada perancangan produk dan sistem kerja. Dalam melakukan perancangannya, terdapat beberapa prosedur yang harus diperhatikan agar data antropometri dapat digunakan dengan baik dalam melakukan perancangan produk dan sistem kerja (Wickens *et al.*, 2004).

Tahap pertama yang harus diperhatikan dalam melakukan perancangan produk dan sistem kerja adalah menentukan populasi calon pengguna atau pengguna produk dan sistem kerja (Wickens *et al.*, 2004). Hal ini penting dilakukan karena produk dan sistem kerja yang baik adalah produk dan sistem kerja yang disesuaikan dengan penggunanya. Pengguna yang dimaksud dapat berdasarkan pada berbagai kriteria seperti jenis kelamin, etnik, umur, dan sebagainya.

Setelah menentukan populasi calon pengguna produk dan sistem kerja, perlu ditentukan pula dimensi tubuh yang dibutuhkan dalam melakukan perancangan produk dan sistem kerja (Wickens *et al.*, 2004). Hal ini penting dilakukan karena tidak semua data dimensi tubuh dibutuhkan dalam melakukan perancangan produk dan sistem kerja. Hal ini bergantung pada produk dan sistem kerja yang dirancang itu sendiri.

Tahap yang harus dilakukan selanjutnya adalah menentukan persentase populasi yang ingin diakomodasi oleh produk dan sistem kerja (Wickens *et al.*, 2004). Terapat tiga pendekatan yang dapat dilakukan dalam menentukan persentase populasi yang ingin diakomodasi. Jenis pendekatan yang pertama adalah

perancangan yang ditujukan untuk individual ekstrim. Perancangan produk dan sistem kerja menggunakan pendekatan ini menyesuaikan dengan batasan populasi pengguna menggunakan ukuran yang benar-benar sesuai dengan penggunaannya.

Pendekatan persentase populasi yang ingin diakomodasi yang kedua adalah perancangan yang ditujuan pada penyesuaian dengan suatu rentang tertentu (Wickens *et al.,* 2004). Pendekatan ini biasanya dilakukan pada produk dan sistem kerja yang mengharuskan kesesuaian antara pengguna dengan produk dan sistem kerja. Pendekatan ini biasanya menggunakan rentang mulai dari persentil 5 untuk wanita hingga persentil 95 untuk laki-laki.

Pendekatan ketiga dalam melakukan perancangan produk dan sistem kerja adalah perancangan untuk rata-rata populasi (Wickens *et al.,* 2004). Perancangan dengan pendekatan ini menggunakan persentil 50 dari populasi penggunanya. Dapat dikatakan bahwa dengan menggunakan pendekatan ini, produk dan sistem kerja yang dirancang dapat mengakomodasi rata-rata populasi.

Setelah melakukan penentuan persentase populasi yang diakomodasi, maka perlu dilakukan perhitungan nilai data yang disesuaikan dengan persentil yang telah dipilih sebelumnya. Pada tahap ini, didapatkan angka yang berupa data-data ukuran tubuh manusia sesuai dengan yang diperlukan dan sesuai dengan persentil yang telah ditentukan untuk setiap dimensi tubuh manusia yang dibutuhkan dalam perancangan produk dan sistem kerja.

Dalam melakukan perancangan produk dan sistem kerja, perlu dilakukan modifikasi desain sesuai dengan ukuran yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya. Pada awalnya, desainer produk dan sistem kerja mempunya ide ukuran produk dan sistem kerja yang dirancang. Namun ukuran ini bukanlah ukuran yang memliki dasar. Setelah dilakukan analisis dan identifikasi ukuran produk sesuai dengan dimensi antropometri, maka produk harus disesuaikan dengan ukuran tersebut. Hal lain yang dapat dilakukan setelah semua ukuran telah sesuai dengan data antropometri, maka dibuat simulator untuk menguji perancangan yang dibuat.

Terdapat banyak prinsip untuk perancangan sistem kerja (Wickens *et al.*, 2004). Prinsip-prinsip tersebut diantaranya membuat kelonggaran yang tinggi untuk sistem kerja yang digunakan oleh banyak orang, memenuhi kebutuhan jangkauan apabila digunakan oleh sedikit orang, memenuhi kebutuhan spesial untuk orang-orang yang bertugas dalam perawatan kebutuhan untuk penyesuaian untuk setiap orang,tampilan yang baik untuk sistem kerja, dan pengaturan komponen sesuai dengan kebutuhan proses.

Terdapat empat cara yang berhubungan dengan penyesuaian sistem kerja (Eastman Kodak Company, 1986). Cara yang pertama adalah penyesuaian sistem kerja. Sistem kerja menyesuaikan diri dengan kondisi lain dan posisi pekerjanya untuk mendapatkan kesuaian yang paling baik antara pekerja dan sistem kerja.

Cara kedua dalam melakukan penyesuaian sistem kerja adalah penyesuaian posisi pekerja dengan sistem kerja (Eastman Kodak Company, 1986). Dalam hal ini pekerjanyalah menyesuaikan. Pekerja mencari posisi paling baik sehingga posisi tersebut sesuai dengan sistem kerjanya dan tetap merupakan posisi yang baik dan aman untuk pekerjanya.

Cara ketiga dalam melakukan penyesuaian sistem kerja adalah penyesuaian bagian-bagian sistem kerja (Eastman Kodak Company, 1986). Dalam hal ini, penyesuaian dilakukan oleh alat bantu. Seperti contoh, dibutuhkan *lift truck* untuk mengangkat beban sehingga beban dapat terkumpul pada suatu bagian dalam sistem kerja. Hal ini akan memudahkan baik untuk pekerja, maupun pekerjaan itu sendiri.

Cara keempat dalam melakukan penyesuaian sistem kerja adalah penyesuaia alat-alat yang terdapat pada sistem kerja (Eastman Kodak Company, 1986). Biasanya alat-alat ini membantu pekerja dalam melakukan pekerjaannya. Alat-alat disesuaikan dengan keadaan dan posisi pekerja sehingga posisi tersebut adalah posisi yang paling aman bagi pekerja dan mampu melakukan pekerjaan dengan keadaan paling optimal.

Terdapat beberapa prinsip dalam pengaturan komponen yang terdapat pada sistem kerja (Wickens *et al*., 2004). Prinsip yang pertama adalah melihat frekuensi penggunaan komponen. Semakin sering komponen digunakan dalam melakukan pekerjaan, maka letaknya pun semakin didekatkan agar elemen gerak penjangkauan dapat diminimalisasi.

Prinsip kedua dalam pengaturan komponen adalah seri-seri penggunaan komponen (Wickens *et al*., 2004). Komponen-komponen ini termasuk komponen yang krusial pada pencapaian tujuan kerja. Komponen yang tergolong komponen penting sebaiknya didekatkan dengan pekerja karena komponen ini dipastikan mempunyai andil yang besar dalam pekerjaan

Prinsip ketiga dalam pengaturan komponen adalah seri-seri penggunaan komponen (Wickens *et al*., 2004). Komponen yang tergolong dalam prinsip ketiga ini adalah komponen yang digunakan secara berkala pada suatu saat dan tahap tertentu. Dengan begitu, komponen ini penting untuk lebih didekatkan dengan pekerja agar pekerja dapat dengan mudah menemukannya apabila komponen ini dibutuhkan.

Prinsip keempat dalam pengaturan komponen adalah konsistensi (Wickens *et al*., 2004). Komponen yang tergolong dalam konsistensi ini adalah komponen-komponen spesial yang harus diletakkan di posisi yang sama untuk meminimasi memori pekerja dan kebutuhan mencari. Prinsip-prinsip lain yang harus diperhatikan dalam pengaturan komponen adalah kesesuaian dengan kendali tampilan, penghindaran terjadinya tabrakan, dan pengelompokan berdasarkan fungsinya. Prinsip-prinsip pengaturan komponen ini merupakan hal yang penting untuk dilakukan.

2.4 Posisi Duduk

Posisi duduk merupakan posisi yang lazim digunakan pada saat melakukan pekerjaan.Pada saat duduk, berat badan ditransfer pada bagian-bagian tubuh yang menyangganya (Schobert 1962 dikutip oleh Chaffin *et al*., 1999). Berat badan

yang ditransfer pada bagian-bagian tubuh ini bergantung pada meja dan kursi yang digunakaan saat posisi duduk. Beban tubuh secara umum akan didistribusikan ke lantai, bagian punggung, paha, dan tangan bawah. Distribusi gaya inilah yang harus dikelola dengan perancangan produk yang baik dan sesuai. Hal yang biasanya terjadi pada saat duduk adalah terjadinya nyeri dan kelelahan lokal. Penyebab terjadinya nyeri adalah tidak meratanya distribusi gaya untuk menopang berat badan manusia yang duduk.

Menurut Chaffin *et al*., (1999), posisi duduk dalam kerja memiliki beberapa keuntungan. Keuntungan yang pertama adalah posisi duduk dapat memberikan kestabilan yang dibutuhkan dalam melakukan tugas yang menggunakan visualisasi dan kendali motorik yang tinggi. Dengan posisi duduk, konsentrasi pun meningkat. Keuntungan yang kedua adalah posisi duduk menggunakan energi yang lebih sedikit daripada berdiri.Keuntungan yang ketiga adalah tekanan yang diterima oleh tulang sendi paling bawah akan semakin sedikit. Hal ini karena distribusi gaya dan tekanan dibagi-bagi pada beberapa titik, yaitu kaki (pada lantai), punggung, paha, dan tangan bawah. Keuntungan keempat adalah berkurangnya tekanan hidrostatik pada bagian sendi bawah yang biasanya menopang beban tubuh manusia.

Posisi duduk dalam bekerja memberikan beberapa keuntungan bagi pekerja sehingga dapat membantu meringankan beban kerja. Perlu dilakukan perancangan yang berhubungan dengan pertimbangan biomekanikal untuk mencapai keuntungan-keuntungan yang telah disebutkan sebelumnya (Chaffin *et al*., 1999). Keuntungan ini diharapkan dapat dicapai tanppa menimbulan tekanan pada punggung, leher, bahu, dan bagian atas tubuh yang lain yang menopang beban tubuh manusia saat melakukan pekerjaan dalam posisi duduk.

Kursi merupakan benda yang sangat erat hubungannya dengan posisi duduk dalam kerja. Kursi dirancang dengan baik agar sesuai dengan kebutuhan atau aktivitas dalam melakukan pekerjaan. Tujuan dibuatnya sebuah kursi adalah untuk memberikan kestabilan pada tubuh yang dapat berdampak pada kenyamanan

duduk dalam waktu yang lama (Pheasant, 2003). Selain itu, diharapkan kursi dapat memberikan kepuasan fisologi pada orang yang menggunakannya. Kursi juga diharapkan dapat sesuai dengan tugas dan aktivitas yang dilakukan oleh penggunaannya.

Pada dasarnya semua kursi tidaklah nyaman apabila digunakan dalam waktu dan periode yang lama. Namun, beberapa jenis kursi menjadi sangat tidak nyaman dalam waktu yang lebih cepat daripada yang lainnya. Pada beberapa jenis kursi pula, sekelompok orang merasa tidak nyaman dibandingkan yang lain. Kenyamanan dalam duduk biasanya dipengaruhi oleh tugas dan aktivitas yang dilakukan oleh penggunanya yang dilakukan pada waktu yang lama. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa kenyamanan dapat bergantung pada interaksi karateristik kursi, pengguna, dan tugas atau aktivitas yang dilakukan di atas kursi. Detailisasi karateristik yang berhubungan dengan kebutuhan dapat dilihat pada tabel 2.1

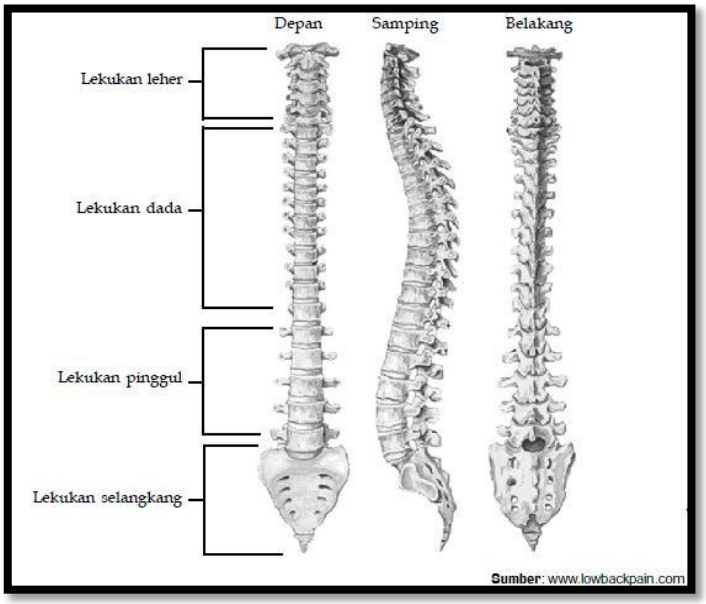
Tabel 2.1 Karakteristik yang berhubungan dengan kebutuhan kursi

Karakteristik kursi	**Karakteristik pengguna**	**Karakteristik tugas**
Dimensi	Dimensi tubuh	Durasi
Sudut	Luka dan nyeri pada tubuh	Kebutuhan visual
Profil	Sirkulasi	Kebutuhan fisik
Lapisan	Kenyamanan pikiran	Kebutuhan mental

2.5 Tulang punggung saat berdiri dan duduk

Tulang punggung manusia terdiri dari 24 tulang yang dinamis (Pheasant, 2003). Tulang belakang dipisahkan oleh bantalan hidrolik yang mampu melakukan deformasi pada tulang rawan atau biasa dikenal dengan cakram invertebralis. Sampai dengan 10% orang dideteksi memiliki jumlah tulang punggung yang lebih

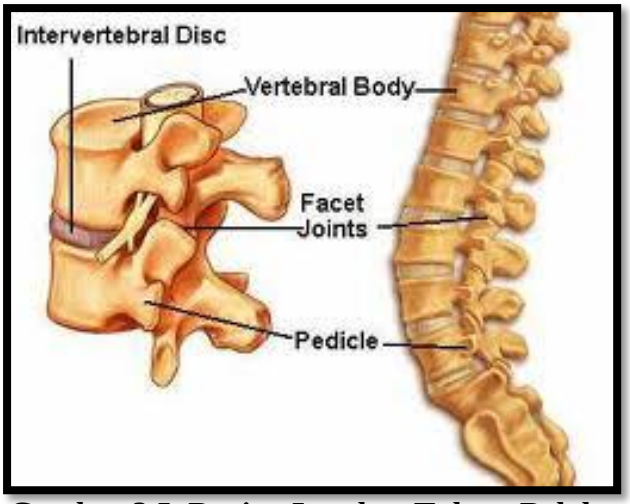
besar dan lebih kecil. Bagian atas tulang belakang berhubungan dengan tengkorak. Diantaranya terletak sacrum yang tegas dan terikat ke tulang pinggul.



Gambar 2.4. Profil Tulang Belakang Manusia

Tulang belakang secara umum dikelompokkan ke dalam beberapa bagian (Pheasant, 2003). Pada bagian leher, umumnya terdapat tujuh tulang serviks. Pada bagian dada, terdapat 12 tulang rusuk yang menopang. Pada bagian punggung yaitu antara tulang rusuk dan pinggul, terdapat 5 lumbar. Tulang belakang memiliki struktur yang fleksibel. Kinerja tulang belakang dapat dikendalikan oleh otot dan ligamen.

Pada posisi berdiri tegak, tulang belakang manusia akan menyajikan kurva yang berliku (Pheasant,2003). Daerah serviks cenderung cekung ke belakang. Daerah toraks cenderung cembung dan daerah lumbar kembali cekung. Cekungan kadang-kadang dikenal sebagai lordisis dan konveksitasnya disebut sebagai kyphosis. Pada posisi berdiri tegak, pinggul akan vertikal. Dapat dilihat pada tulang belakang, bahwa sudut yang dibentuk pada lumbar dan sacrum yaitu sekitar 30^0 diatas dan dibawah horizontal masing-masing. Visualisasi bagian lumbar tulang belakang dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.5. Bagian Lumbar Tulang Belakang

Sebagai salah satu contohnya, pertimbangkan posisi duduk yang terjadi saat seseorang duduk di kursi yang relatif tinggi. Lutut akan menciptakan sudut 90^0 dengan yang lain yaitu antara paha dan betis (Pheasant, 2003). Sebagian besar berat orang tersebut akan ditopang oleh tulang pantat dan paha. Bagian antara paha dan betis akan berdampak pada sendi dan pinggul. Pada dasarnya, apabila tercapai sudut 60^0 antara paha dan betis, kaki sudah memberikan pertentangan.Kecuali apabila duduk dapat dilakukan dengan fleksibel hingga ketegangan di bagian belakang paha dapat dikurangi dengan mengerak-gerakkan kaki.

Dalam duduk santai, kursi tidak mendukung profil tulang belakang. Tulang belakang lumbar kemungkinan akan tertekuk ke arah batas jangkauan jarak (Pheasant, 2003). Dalam posisi seperti ini, otot akan terelaksasi karena beban ditopang oleh ketegangan struktur pasif dari ligamen. Bentuk tulang belakang pada saat lumbar bawah tidak ditopang akan cenderung membungkuk. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.3. Lain halnya pada saat duduk tegak. Dalam duduk tegak, diusahakan profil tulang belakang membentuk seperti profil tulang belakang pada saat berdiri. Duduk tegak tidak dapat dilakukan dalam waktu yang lama dengan konsisten. Oleh karena itu, perlu adanya penopang agar seseorang dapat duduk tegak dan profil tulang belakang terbentuk sebagai mana mestinya. Posisi duduk tegak dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.6. Posisi Duduk Santai

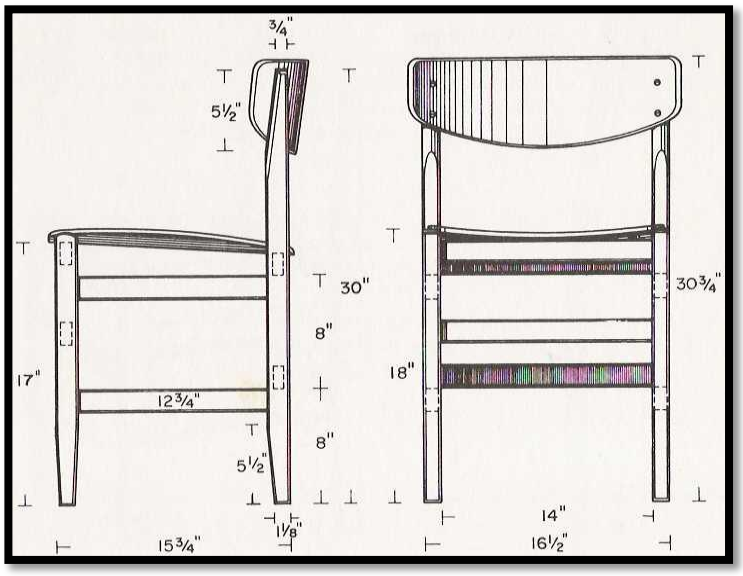


Gambar 2.7. Posisi Duduk Tegak

2.6 Kursi Miring

Pendekatan baru yang radikal dilakukan dalam merancang kuris. Mandal (1981 dikutip oleh Pheasant 2003) berpendapat bahwa permukaan kursi harus miring ke depan. Hal ini untuk mengantisipasi kebiasaan pengguna yang mencondongkan badannya ke depan. Selain itu, kebutuhan pinggul untuk menyangga akan berkurang, terutama dalam tugas-tugas seperti mengetik dan menulis. Dengan rancangan seperti ini, lordosis lumbar pun akan terdorong hingga membentuk

profil alaminya. Sejumlah kursi sekarang dirancang dengan dasar tersebut. Kursi dengan permukaan miring dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.8. Kursi dengan Permukaan Miring

Kekurangan dari perancangan ini adalah bahwa jika seseorang duduk di kursi tanpa berpikir atau dilakukan dengan rileks, maka seseorang tersebut akan cenderung mengarahkan dan mendorong ke belakang dengan kaki (Pheasant, 2003). Kecenderungan lain adalah seseorang itu cenderung menahan kakinya agar dapat duduk sesuai dengan kebutuhannya. Kursi dengan perancangan seperti ini tentu akan menjadi suatu masalah apabila kursi digunakan pada kantor. Pelapis kursi memiliki gaya gesek tinggi bukan pula menjadi jawaban karena kebanyakan wanita menggunakan rok yang terbuat dari kain yang memiliki gaya gesek rendah. Hal ini menyebabkan seorang wanita cenderung terdorong meluncur ke depan mengikuti kemiringan kursi. Pengalaman menunjukkan bahwa keseimbangan pada kursi yang memiliki kemiringan membutuhakn waktu untuk pembiasaan.

2.7 Aspek Antropometri untuk Perancangan Kursi dan Meja

Dalam bukunya, Pheasant (2003) menyebutkan beberapa aspek antropometri yang dibutuhkan untuk melakukan perancangan kursi. Aspek antropometri yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.9. Meja dan Kursi

a. Ketinggian Kursi

Semakin meningkatnya ketinggian kursi, hingga melebihi tinggi popliteal pengguna, makan tekanan akan dirasakan pada bagian bawah paha. Hal ini akan menyebabkan sirkulasi yang kurang baik pada tulang sendi di bagian bawah. Selain itu, hal ini dapat menyebabkan kaki bengkak karena sirkulasi yang tidak baik serta menimbulkan ketidaknyamanan pada penggunanya. Semakin berkurangnya ketinggian kursi, pengguna akan cenderung lebih fleksibel untuk memposisikan tubuhnya karena kebutuhan untuk mencapai sudut lancip antara paha dan betis dapat diakomodasi. Oleh karena itu, ketinggian tempat duduk yang optimal adalah mendekati ketinggian popliteal. Hal ini lebih dapat dicapai dengan kursi yang lebih rendah dibanding dengan kursi yang lebih tinggi. Untuk berbagai tujuan persentil 5 tinggi popliteal wanita biasa digunakan sebagai dsar ukuran ketinggian kursi.

b. Kedalaman Kursi

Jika kedalam kursi dirancang dan disesuaikan dengan persentil 5 panjang pantat popliteal wanita, maka pengguna tidak akan dapat menggunakan sandaran kursi secara efektif.Hal ini berdampak pada kecenderungan terbentuknya profil tulang belakang yang tidak baik. Selain itu,ada tekanan

pada bagian belakang lutut apabila terlalu kecil jarak kedalaman kursinya. Di sisi lain, apabila kedalam kursi lebih besar dibandingkan penggunanya maka akan bermasalah pada saat berdiri dan duduk. Apabila kedalam kursi lebih besar, maka kaki akan menggantung sehingga memberikan tekanan besar pada paha. Batas bawah kedalaman kursi kurang tepat disesuaikan secara pasti. Akan lebih baik apabila kedalaman kursi disesuaikan dengan mayoritas dimensi penggunanya.

c. Lebar Kursi

Dalam melakukan perancangan dimensi lebar kursi, maka perlu adanya kelonggaran untuk lebar kursi sebesar 25 mm di kedua sisi dari rentang maksimum pinggul. Namun, jarak antara sandaran tangan harus cukup bagi penggina dalam ukuran yang lebih besar. Maka diperlukan kelonggaran yang sesuai pada jarak antara kedua siku yang menjadi dasar dalam menentukan jarak antara sandaran tangan.

d. Ukuran Sandaran Punggung

Semakin tinggi sandaran punggung, maka semakin efektif fungsinya untuk mendukung berat punggung. Hal ini selalu diinginkan, namun perancangannya perlu pula diperhatikan mobilitas bahu. Mobilitas bahu ini mempengaruhi tinggi sandaran punggung maksimal yang tidak menganggu mobilitas dan fleksibilitas dari aktivitas bahu.

Variasi sandaran punggung dapat dibagi dalam 3 kelompok yang meliputi sandaran tingkat rendah, sandaran tingkat menengah dan sandaran tingkat tinggi. Sandaran tingkat rendah memberikan dukungan untuk lumbar dan bagian bawah dada hingga bagian bawah tulang belikat. Hal ini dapat memungkinkan kebebasan peregerakan bahu dan lengan. Kursi juru ketik yang kuno umumnya memiliki sandaran punggung tingkat rendah karena banyak kegiatannya yang memiliki tujuan umum menumpuk.

Sandaran punggung tingkat menengah memberi dukungan pada punggung atas dan daerah bahu. Kebanyakan kursi kantor modern menggunakan sandaran ounggung tingkat menengah ini. Sebagian besar kursi

menggunakan sandasran punggung tingkat menengah untuk memberikan kenyamanan pada penggunanya.

Sandaran punggung tingkat tinggi memberikan dukungan pada kepala dan leher secara penuh. Sebagaimanaa pun tingginya, biasanya akan lebih disukai apabila kursi membentuk kontur tulang belakang. Hal ini karena akan memberikan dukungan positif ke daerah lumbar. Untuk mencapai tujuan ini, sandaran harus mendukung posisi dan profil tulang belakang yang baik.

e. Sudut Punggung

Dengan semakin besarnya sudut sandaran punggung, maka gaya tekan antara tulang belakang dan pinggul akan berkurang. Namun, dengan sudut sandaran punggung yang semakin besar antara tulang belakang dan paha akan dapat meningkatkan lordosis. Komponen horizontal dari tekanan meningkat. Hal ini cenderung akan membuat penggunanya menggerakkan pantat maju dari kursi untuk menetralkan keadaan. Penetralan ini dapat diakomodasi dengan kemiringan kursi yang memadai, pelapis dengan gaya gesek yang tinggi, dan gaya otot subyek.

f. Sudut Kursi

Sudut kursi akan membantu pengguna untuk memelihara kontak yang baik dengan sandaran dan dapat membantu untuk melawan kecenderungan terperosot ke depan kursi. Yang harus duperhatikan dalam menggunakan sudut kursi adalh posisi tulang belakang dan kemudahan berdiri serta duduk. Sudut yang berkisar antara $5\text{-}10^0$ merupakan sudut yang dinilai optimal untuk sudut kursi.

g. Sandaran tangan

Sandaran tangan dapat memberikan dukungan posturan tambahan dan menjadi bantuan apabila seseorang yang duduk di kursi akan berdiri dan atau duduk kembali. Sandaran tangan lebih baik apabila mendukung bagian lengan bawah.

h. Ruang Kaki

Dalam berbagai tempat duduk, ruang kaki disediakan sebagai kelonggaran ruang gerak kaki. Ruang kaki dirancang dengan berbagai cara. Ruang kaki dapat dirancang secara lateral, vertikal, dan ke depan. Ruang kaki ini sangat penting untuk memuaskan pengguna kursi untuk menghindari kelelahan.

Ruang kaki lateral mengakomodasi ruang bagi paha dan lutut. Dalam posisi santai, mereka agak terpisah. Ruang kaki vertikal mengakomodasi beberapa keadaan. Hal ini ditentukan oleh tinggi lutut dari penggunaannya. Ruang kaki ke depan ini agak sulit untuk dihitung, kelonggaran lutut ditentukan oleh panjang pantat-lutut dari bagian belakang kursi tetap.

i. Permukaan kursi

Tujuan dari bentuk atau pola permukaan kursi adalah untuk mendukung distribusi yang lebih sesuai dengan tekanan pantat. Berdasarkan sisi ergonomi, permukaan kursi akan lebih baik apabila datar dibanding dengan yang berbentuk meskipun di ujung depan dibutkan untuk menyangga. Selain itu, permukaan kursi lebih baik apabila dilapisi dengan material yang halus. Kursi akan lebih baik pula apabila menggunakan bahan yang dapat memberikan ventilasi yang baik untuk bagian-bagian tubuh. Kursi tradisional yang terbuat dari kayu dan tidak dilapisi secara mengejutkan memberikan kenyamanan yang tinggi. Hal ini karena kontur dari kursi yang memang mengakomodasi bentuk pantat.

j. Tinggi meja

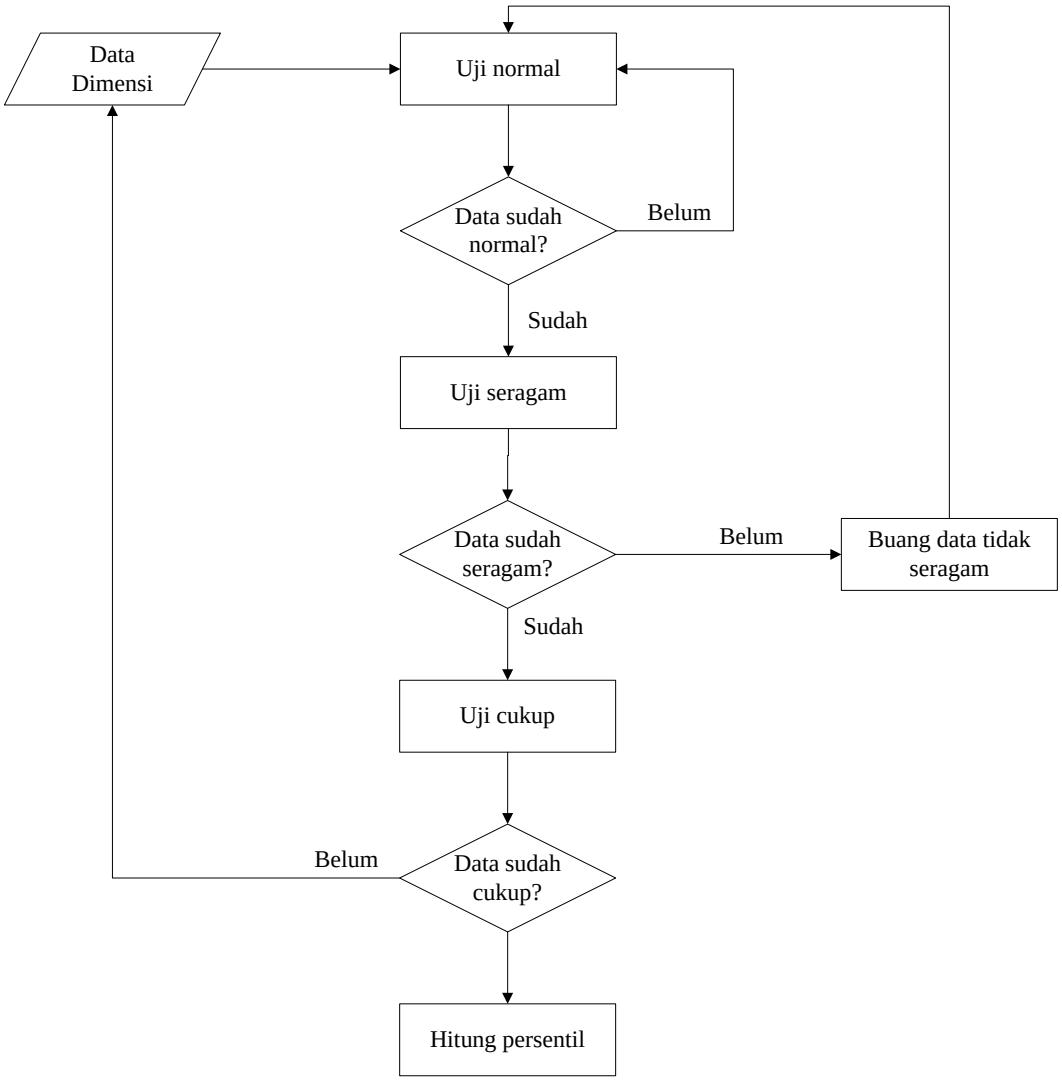
Pada dasarnya, tinggi meja akan lebih baik apabila dapat disesuaikan dengan kebutuhan penggunanya. Tinggi meja yang baik adalah tinggi popliteal ditambahkan dengan tinggi siku duduk dan diberi kelonggaran 75 mm.

k. Panjang dan Lebar Meja

Panjang dan lebar meja disesuaikan dengan aktivitas tyang digunakan pada meja. Panjang dan lebar meja tidak memiliki acuan yang tetap. Hal ini bergantung pada aktivitas yang membutuhkan meja.

2.8 Pengolahan Data Dimensi Tubuh

Pengujian data secara statistik dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 10. Pengujian Data Statistik

2.8.1 Uji Kenormalan Data

Uji kenormalan data dilakukan dengan uji Geary (Walpole *et al.,* 2007). Prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\frac{\overline{\pi}}{2}}{\frac{n}{1}=\frac{(x_i-x)^2}{n}} \quad \frac{n}{1} = \frac{1|x_i-x|}{n} \quad \text{.....(II.1)}$$

$$z = \frac{u-1\ .\ \overline{n}}{0.2661} \text{.....(II.2)}$$

Data dapat dikatakan berdistribusi normal jika $-z\alpha_{\ 2} < z < z\alpha_{\ 2}$

2.8.2 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untukc mengetahui batas kendali atas dan bawah untuk suatu kelompok data (Sutalaksana *et al*., 2006).Uji keseragaman data ini bertujuan untuk membuang data yang berupa pencilan dari suatu kelompok data. Data yang seragam adalah data yang berada di antara batas kendali atas dan batas kendali bawah.

$$x = \frac{\frac{n}{1}=1^{xi}}{n} \text{..... (II.3)}$$

$$\sigma = \frac{\overline{\frac{n}{1}=1(xi-x)^2}}{n-1} \text{.....(II.4)}$$

Batas kendali = $x \pm 3\sigma$.....(II.5)

2.8.3 Uji Kecukupan Data

Apabila tingkat ketelitian yang digunakan sebesar 5% dan tingkat keyakinan sebesar 95%, maka jumlah data yang dibutuhkan dapat dilihat pada persamaan (Sutalaksana *et al*., 2006).

$$N = \frac{40.\ \overline{n\ \frac{n}{i}=1^{xi^2}-(\ \frac{n}{1}=1^{x_i)^2})}}{\frac{n}{i}=1^{x_i}} \text{.....(.II.6)}$$