

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perancangan dan Pengembangan Produk

2.1.1 Perancangan Produk

Persaingan dalam dunia industri semakin ketat. Produk menjadi titik krusial awal dan ujung tombak dari suatu industri manufaktur (Wignjosubroto S.1997). Konsekuensinya, keberhasilan industri tersebut dalam persaingan akan juga ditentukan oleh keberhasilannya merancang dan mengembangkan produk yang sesuai dengan keinginan konsumen dan kecepatan industri tersebut dalam beradaptasi/ merespon perubahan keinginan konsumennya. Kecepatan perubahan produk akan dipengaruhi oleh kecepatan perkembangan teknologi, kerumitan produk dan proses, pemendekan siklus perancangan dan faktor-faktor organisasi (Kaerbernick H,& dkk, 1997).

Produk adalah keluaran (*output*) yang diperoleh dari sebuah proses produksi (transformasi) dan merupakan pertambahan nilai dari bahan baku (material input) dan merupakan komoditi yang dijual perusahaan kepada konsumen. Perancangan dan pengembangan produk adalah semua proses yang berhubungan dengan keberadaan produk yang meliputi segala aktivitas mulai dari identifikasi keinginan konsumen sampai fabrikasi, penjualan dan delivery dari produk. Proses perancangan dan pengembangan produk pada hakikatnya merupakan langkah-langkah strategis yang akan mempengaruhi segala langkah manajemen yang diambil dan merupakan proses yang sangat kompleks sehingga memerlukan cara berfikir yang komprehensif dengan melibatkan berbagai macam disiplin ilmu. Disini akan dipertaruhkan sejumlah besar investasi dengan resiko finansial yang harus diantisipasi dengan pertimbangan maupun perhitungan yang seksama. Dari beberapa penelitian 60% -95% dari total biaya produksi ditentukan pada tahap perancangan produk tersebut (D. Besterfield,1995). Dranfield menyatakan bahwa 80% dari biaya suatu produk ditentukan pada tahap perancangan (Singh N.1995)

Ada beberapa alasan pokok yang melatar belakangi perlunya perancangan dan pengembangan produk secara terus menerus yaitu:

- a. Tujuan finansial – aktivitas perancangan sering terkait dengan perencanaan finansial dari perusahaan. Dorongan untuk menghasilkan

pengembalian modal yang layak akan sangat dipengaruhi oleh kesuksesan hasil perancangan produk di pasar.

- b. Pertumbuhan penjualan.
- c. Respon terhadap persaingan – salah satu cara menghadapi pesaing adalah dengan strategi produk. Keunggulan produk, yang merupakan hasil dan perancangan yang baik, akan menjadi faktor penentu kemenangan di pasar.
- d. Keunggulan kapasitas – perancangan produk baru atau pengembangan produk yang ada efisiensi penggunaan sumber daya produksi yang ada
- e. Siklus hidup produk – setiap produk akan mengalami fase- fase pengenalan, pertumbuhan, dewasa, dan penurunan. Berdasarkan kondisi tersebut, perancangan menjadi suatu yang selalu dilakukan karena “umur” produk yang terbatas.
- f. Respon terhadap perubahan perusahaan.

2.1.2 Karakteristik Kesuksesan Perancangan dan Pengembangan Produk

Dalam pandangan perusahaan yang berorientasi pada keuntungan (*profit oriented enterprise*), kesuksesan perancangan dan pengembangan produk ditentukan oleh: (Widodo,2005)

1. Kualitas produk – produk harus dapat memuaskan keinginan konsumen, *reliable* dan *robust*.
2. Biaya –produk harus dapat diproduksi dengan biaya yang murah.
Biaya produk ditentukan oleh seberapa besar profit yang didapat dari volume penjualan tertentu dengan harga yang ditentukan. Biaya produk meliputi seluruh biaya produksi dan biaya yang melibatkan investasi biaya peralatan dan *tooling*.
3. Waktu pengembangan – kecepatan perancangan dan pengembangan produk akan menentukan kesuksesan produk. Waktu pengembangan yang cepat akan menyebabkan produk dapat masuk pasar lebih awal dari pada pesaing, akibatnya produk akan memimpin pasar.
4. Biaya pengembangan- ketersediaan biaya akan memperlancar proses perancangan dan pengembangan produk sehingga akan mempercepat waktu perancangan dan pengembangan produk.

5. Kemampuan pengembangan – sangat dipengaruhi oleh peralatan dan SDM. Tim perancangan dan pengembangan produk akan dapat bekerja secara efisien jika setiap anggota tim menguasai setiap spesialis keilmuan dan dilengkapi oleh peralatan yang memadai.

2.1.3 Karakteristik Kesuksesan Perancangan dan Pengembangan Produk

Dalam pandangan perusahaan yang berorientasi pada keuntungan (*profit oriented enterprise*), kesuksesan perancangan dan pengembangan produk ditentukan oleh:

Kualitas produk – produk harus dapat memuaskan keinginan konsumen, *reliable* dan *robust*.

1. Biaya – produk harus dapat diproduksi dengan biaya yang murah.
Biaya produk ditentukan oleh seberapa besar profit yang didapat dari volume penjualan tertentu dengan harga yang ditentukan. Biaya produk meliputi seluruh biaya produksi dan biaya yang melibatkan investasi biaya peralatan dan *tooling*.
2. Waktu pengembangan – kecepatan perancangan dan pengembangan produk akan menentukan kesuksesan produk. Waktu pengembangan yang cepat akan menyebabkan produk dapat masuk pasar lebih awal dari pada pesaing, akibatnya produk akan memimpin pasar.
3. Biaya pengembangan- ketersediaan biaya akan memperlancar proses perancangan dan pengembangan produk sehingga akan mempercepat waktu perancangan dan pengembangan produk
4. Kemampuan pengembangan – sangat dipengaruhi oleh peralatan dan SDM. Tim perancangan dan pengembangan produk akan dapat bekerja secara efisien jika setiap anggota tim menguasai setiap spesialis keilmuan dan dilengkapi oleh peralatan yang memadai. (sumber: imam djati widodo,2005).

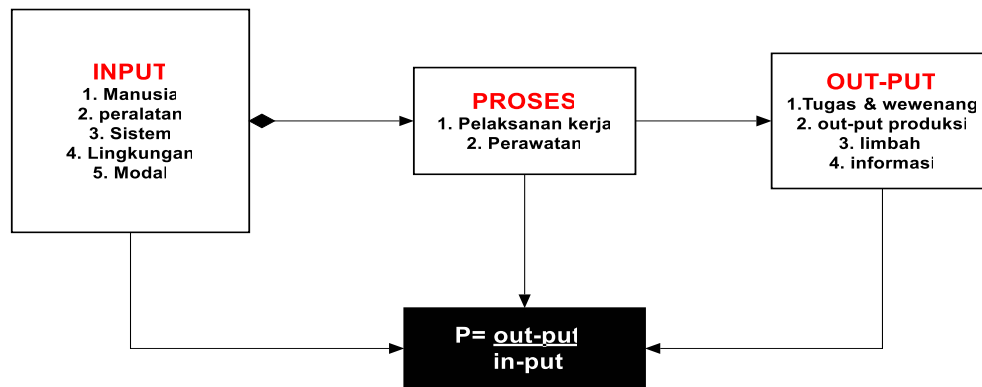
2.2 Produktivitas

Produktivitas mengandung pengertian filosofis, definisi kerja dan teknis operasional, secara filosofis, produktivitas mengandung pandangan hidup dan sikap mental yang selalu berusaha meningkatkan mutu kehidupan. Keadaan hari ini harus lebih baik dari hari ini. Pandangan hidup dan sikap mental yang demikian akan mendorong manusia untuk tidak cepat merasa puas dan akan meningkatkan kemampuan dalam bekerja yang lebih baik.

2.2.1 Pengertian Produktivitas

Definisi mengenai produktivitas yang dirumuskan oleh beberapa ahli adalah sebagai berikut :

1. Menurut (Manuba,1992), produktivitas merupakan perbandingan antara hasil kerja (*input*) yang merupakan barang atau jasa dengan masukan (*input*) yang terdiri dari bahan, biaya dan tenaga yang digunakan dalam proses menghasilkan iuran (*output*).
2. Menurut (Kasiyanto,1984), produktivitas merupakan nisbah atau rasio antara hasil kegiatan (*output*, keluar) dan segala pengorbanan (biaya) untuk mewujudkan hasil tersebut (*input*,masuk).
3. Menurut (Kasiyanto,1984), produktivitas merupakan nisbah atau rasio antara hasil kegiatan (*output*, keluar) dan segala pengorbanan (biaya) untuk mewujudkan hasil tersebut (*input*,masuk).
 - a. Produktivitas meningkat jika *output* naik dan *input* tetap.
 - b. Produktivitas meningkat jika *output* tetap dan *input* menurun.
 - c. Produktivitas meningkat jika *output* naik tetapi *input* turun
4. Menurut Sajiyo (2008), Produktivitas adalah rasio *out-put* terhadap *in-put* (perbandingan *out-put* dengan *in-put*)



Gambar 2.1 Produktivitas

(Sumber :Sajiyo, 2008)

2.2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Usaha Peningkatan Produktivitas

Pada hakikatnya produktivitas kerja akan meningkat apabila jumlah produksi (*out-put*) meningkat dengan jumlah sumber daya (*input*) tetap atau jumlah produksi (*output*) tetapi jumlah sumber daya (*input*) berkurang. Pada dasarnya produktivitas kerja akan banyak dipengaruhi oleh dua faktor utama (menurut Sritomo Wignjosoebroto, 1995) adalah sebagai berikut:

1. Faktor Teknis

Faktor teknis yaitu faktor yang berhubungan dengan pemakaian dan penerapan fasilitas produksi secara lebih baik, penerapan metode kerja yang lebih efektif dan efisien.

2. Faktor Manusia

Faktor manusia yaitu faktor yang mempengaruhi usaha-usaha yang dilakukan manusia didalam menyelesaikan pekerjaan yang menjadi tugas dan tanggung jawabnya. Di sini ada dua hal pokok yang menentukan, yaitu kemampuan kerja (*ability*) dari pekerja tersebut dan yang lain adalah motivasi kerja yang merupakan pendorong kearah kemajuan dan peningkatan produktivitas.

2.2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Kerja

Untuk mencapai produktivitas yang tinggi mutu perusahaan dalam proses produksi, selain bahan baku dan tenaga juga didukung oleh faktor-faktor sebagai berikut:

1. *Knowledge* : pengetahuan dengan lebih berioritas pada intelenjensi, daya pikir dan pengetahuan ilmu, diharapkan pegawai mampu bekerja baik dan produktif.
2. *Skill* : ketrampilan adalah kemampuan dan penguasa teknis operasional mengenai bidang tertentu yang bersifat kekaryaan.

3. *Attitude* : berhubungan dengan kebiasaan dan perilaku kerjanya juga baik.

2.3 Sejarah Ergonomi

Istilah ergonomi mulai dicetuskan pada tahun 1949, akan tetapi aktivitas yang berkaitan dengannya telah bermunculan puluhan tahun sebelumnya. Beberapa kejadian penting diilustrasikan sebagai berikut.

Menurut penelitian (Thackrah, 1831). Adalah seorang dokter dari Inggris yang meneruskan pekerjaan dari seorang Italia bernama Ramazzini, dalam serangkaian kegiatan yang berhubungan dengan lingkungan kerja yang tidak nyaman yang dirasakan oleh para operator ditempat kerjanya. Ia mengamati postur tubuh pada saat bekerja sebagai bagian dari masalah kesehatan. Pada saat ini Thackrah mengamati seorang penjahit yang bekerja dengan posisi dan dimensi kursi-meja yang kurang sesuai secara antropometri, serta pencahayaan yang tidak ergonomis sehingga mengakibatkan membungkuknya badan dan iritasi indera penglihatan. Disamping itu juga mengamati para pekerja yang berada pada lingkungan kerja dengan temperatur tinggi, kurangnya ventilasi, jam kerja yang panjang, dan gerakan kerja yang berulang-ulang (*repetitive work*).

Menurut penelitian (Taylor, 1898) adalah seorang insinyur Amerika yang mendapatkan metode ilmiah untuk menentukan cara terbaik dalam melakukan suatu pekerjaan. Beberapa metodenya merupakan konsep ergonomi dan manajemen modern.

Menurut penelitian (Gilberth, 1911) juga mengamati dan mengoptimasi metode kerja, dalam hal ini lebih mendetail dalam analisa gerakan dibandingkan dengan Taylor. Dalam bukunya *Motion Study* yang diterbitkan pada tahun 1911 ia menunjukkan bagaimana postur membungkuk dapat diatasi dengan mendesain suatu sistem meja yang dapat diatur naik turun (*adjustable*).

2.3.1 Badan Penelitian untuk Kelelahan Industri (*Industrial Fatigue*)

(*Research Board*, 1918)

Badan ini didirikan sebagai penyelesaian masalah yang terjadi di pabrik amunisi pada perang dunia pertama. Mereka menunjukkan bagaimana *output* setiap harinya meningkat dengan jam kerja per harinya menurun. Disamping itu mereka juga mengamati waktu siklus optimum untuk sistem kerja berulang (*repetitive work sistem*) dan menyarankan adanya variasi dan rotasi pekerjaan.

Menurut penelitian (Mayo,1933) seorang warga negara Australia, memulai beberapa studi disuatu perusahaan listrik yaitu *Western Electric Company, Hawthorne, Chicago*. Tujuannya studinya adalah untuk mengkuantifikasi pengaruh dari variabel fisik seperti misalnya pencahayaan dan lamanya waktu istirahat terhadap faktor efisiensi dari para operator kerja pada unit perakitan.

2.3.2 Definisi Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu “*Ergon*” dan “*Nomos*” (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek–aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain atau perancangan. Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah, dan tempat rekreasi. Di dalam ergonomi dibutuhkan studi tentang sistem dimana manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya. Ergonomi disebut juga sebagai “*Human Factor*”. Ergonomi juga digunakan oleh berbagai macam ahli atau professional pada bidangnya masing-masing, misalnya seperti : ahli anatomi, arsitektur, perancangan produk industri, fisika, fisioterapi, terapi pekerjaan, psikologi dan teknik industri.

Penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun ataupun rancang ulang. Hal ini meliputi perangkat keras seperti misalnya perkakas kerja (*tools*), bangku kerja (*benches*), platform, kursi, pegangan alat kerja (*workholders*), sistem pengendali (*control*), alat peraga (*display*), jalan/lorong (*access ways*), pintu (*door*), jendela (*windows*) dan sebagainya. Ergonomi dapat berperan pula sebagai desain pekerjaan pada suatu organisasi, seperti dalam penentuan jumlah jam istirahat, pemilihan jadwal pergantian waktu kerja, meningkatkan variasi pekerjaan dan lain-lain. Ergonomi juga dapat berperan sebagai desain perangkat lunak karena dengan semakin banyaknya pekerjaan yang berkaitan erat dengan komputer. Disamping itu ergonomi juga dapat memberikan peran dalam peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja, seperti dalam mendesain suatu sistem kerja untuk mengurangi rasa nyeri dan ngilu pada sistem kerangka dan otot manusia, mendesain stasiun kerja untuk alat peraga visual.

Maksud dan tujuan disiplin ergonomi adalah mendapatkan pengetahuan yang utuh tentang permasalahan-permasalahan interaksi manusia dengan lingkungan kerja. Dengan memanfaatkan informasi mengenai sifat-sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia yang dimungkinkan adanya suatu rancangan sistem manusia mesin yang optimal, sehingga dapat dioperasikan dengan baik oleh rata-rata operator yang ada.

Didalam ergonomi dibutuhkan studi tentang sistem yang melibatkan manusia, fasilitas kerja serta lingkungannya. Disiplin ini akan mempelajari keterbatasan dari kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan fasilitas kerja. Hal ini didasarkan adanya keterbatasan kemampuan manusia saat berhadapan dengan lingkungan sistem kerjanya yang berupa mesin, peralatan dan metode kerja.

2.3.3 Aspek-aspek Pendekatan Ergonomi

Berkaitan dengan perancangan stasiun kerja dalam industri, ada beberapa aspek pendekatan ergonomis yang harus dipertimbangkan, antara lain :

2.3.4 Sikap dan Posisi Kerja

Pertimbangan ergonomis yang berkaitan dengan sikap atau posisi kerja, baik duduk ataupun berdiri merupakan suatu hal yang sangat penting. Adanya sikap atau posisi kerja yang tidak mengenakan dan berlangsung dalam waktu yang lama, akan mengakibatkan pekerja cepat mengalami kelelahan serta membuat banyak kesalahan. Terdapat sejumlah pertimbangan ergonomis antara lain:

1. Mengurangi keharusan operator untuk bekerja dengan sikap dan posisi membungkuk dengan frekuensi kegiatan yang sering, atau jangka waktu yang lama.
2. Pengaturan posisi kerja dilakukan dalam jarak jangkauan normal Operator tidak seharusnya duduk atau berdiri dalam waktu yang lama dengan kepala, leher, dada atau kaki dalam posisi miring.
3. Operator tidak seharusnya bekerja dalam frekuensi atau periode waktu yang lama dengan tangan atau lengan berada diatas level siku yang normal.

2.3.5 Kondisi Lingkungan Kerja

Faktor yang mempengaruhi kemampuan kerja, terdiri dari faktor yang berasal dari dalam diri manusia (*intern*) dan faktor dari luar diri manusia (*ekstern*). Salah satu faktor yang berasal dari luar adalah kondisi lingkungan yang meliputi semua keadaan yang terdapat di sekitar tempat kerja seperti temperatur, kelembaban udara, getaran mekanis, warna, bau-bauan dan lain-lain. Adanya lingkungan kerja yang bising panas, bergetar atau atmosfer yang tercemar akan memberikan dampak yang negatif terhadap kinerja operator.

2.3.6 Efisiensi Ekonomi Gerakan dan Pengaturan Fasilitas Kerja.

Perancangan sistem kerja haruslah memperhatikan prosedur-prosedur untuk membuat gerakan kerja yang memenuhi prinsip-prinsip ekonomi gerakan. Gerakan kerja yang memenuhi prinsip ekonomi gerakan dapat memperbaiki efisiensi kerja dan mengurangi kelelahan kerja. Adapun ketentuan pokok yang berkaitan dengan prinsip ekonomi gerakan, yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan stasiun kerja :

- a. Tempat-tempat tertentu yang tidak sering dipindahkan harus disediakan untuk semua alat dan bahan, sehingga dapat menimbulkan kebiasaan tetap atau gerakan rutin.
- b. Meletakkan bahan dan peralatan pada jarak yang dapat dengan mudah dijangkau oleh pekerja, sehingga mengurangi usaha mencari-cari.
- c. Tata letak bahan dan peralatan kerja diatur sedemikian rupa sehingga memungkinkan urutan-urutan gerakan kerja yang terbaik.
- d. Tinggi tempat kerja seperti mesin, meja kerja dan lain-lain harus sesuai dengan ukuran tubuh manusia, sehingga pekerja dapat melaksanakan kegiatannya dengan mudah dan nyaman.

Kondisi ruangan kerja seperti penerangan, temperatur, ventilasi udara dan yang lainnya, yang berkaitan dengan persyaratan ergonomis harus diperhatikan. Sehingga diperoleh kondisi kerja yang nyaman.

2.3.7 Anthropometri dan Aplikasi dalam Perancangan Fasilitas Kerja

Istilah antropometri berasal dari kata “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran. Secara definitif antropometri adalah studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Manusia pada dasarnya

memiliki bentuk, ukuran, berat yang berbeda-beda antara yang satu dengan yang lainnya.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ukuran tubuh manusia antara lain adalah.

1. Keacakan (*Random*)

Hal ini menjelaskan bahwa walaupun telah terdapat dalam satu kelompok populasi yang sudah jelas sama jenis kelamin, suku atau bangsa, kelompok usia dan pekerjaannya, namun masih akan ada perbedaan yang cukup signifikan antara berbagai macam masyarakat.

2. Jenis Kelamin

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

3. Suku Bangsa

Setiap suku bangsa atau kelompok etnik akan memiliki karakteristik fisik yang akan berbeda satu dengan yang lainnya

4. Usia

Secara umum dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertambah besar seiring dengan bertambahnya umur yaitu sejak awal kelahirannya sampai dengan umur sekitar 20 tahunan. Variansi ini digolongkan dalam beberapa kelompok yaitu balita, anak-anak, remaja, dewasa dan lanjut usia. Hal ini jelas berpengaruh terutama jika desain diaplikasikan untuk antropometri anak-anak. Antropometrinya akan terus meningkat sampai batas usia dewasa. Namun, setelah dewasa, tinggi badan manusia mempunyai kecenderungan untuk menurun.

5. Jenis Pekerjaan

Beberapa jenis pekerjaan tertentu menuntut adanya persyaratan dalam seleksi karyawan. Misalnya, buruh dermaga harus mempunyai postur tubuh yang relatif lebih besar dibandingkan dengan karyawan perkantoran pada umumnya. Apalagi jika dibandingkan dengan jenis pekerjaan militer.

6. Pakaian

Tebal tipisnya pakaian yang dikenakan, dimana faktor iklim yang berbeda akan memberikan variasi berbeda-beda pula dalam bentuk rancangan dan

spesifikasi pakaian. Dengan demikian dimensi tubuh orangpun akan berbeda dari satu tempat dengan tempat yang lainnya.

7. Faktor Kehamilan

Kondisi semacam ini akan mempengaruhi bentuk dan ukuran tubuh khususnya bagi perempuan. Hal tersebut jelas memerlukan perhatian khusus terhadap produk-produk yang dirancang bagi segmen seperti ini:

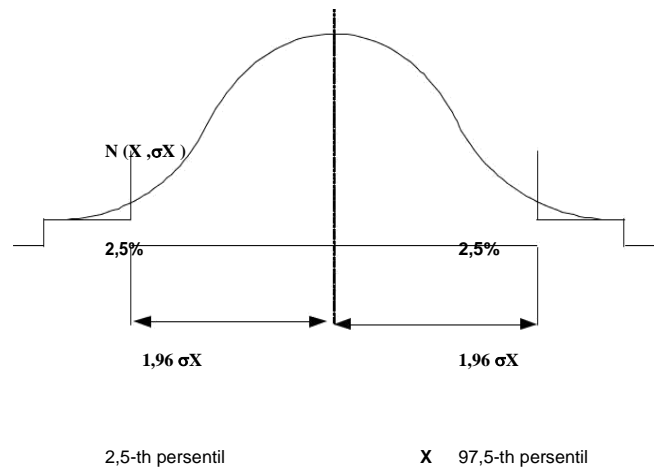
8. Cacat Tubuh

Hal ini jelas menyebabkan perbedaan antara yang cacat dengan yang tidak terhadap ukuran dimensi tubuh manusia.

Permasalahan perancangan produk menjadi lebih rumit apabila lebih banyak lagi produk standar yang harus dibuat untuk memenuhi atau dioperasikan oleh banyak orang. Tingkat kesulitan dalam penetapan data antropometri terletak pada kemampuan kita dalam menentukan besarnya sampel yang akan diambil, perlu atau tidaknya setiap sampel dibatasi perkelompok, tersedianya data antropometri untuk populasi tertentu dan pemberian toleransi perbedaan yang mungkin dijumpai dari data yang tersedia dengan populasi yang akan dihadapi.

Antropometri dengan karakteristik fisik tubuh manusia, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Penerapan data antropometri ini akan dapat dilakukan jika tersedia nilai rata-rata dan standar deviasi dari suatu distribusi normal.

Adapun distribusi normal ditandai dengan adanya nilai yang menyatakan sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut. Misalnya 95% populasi berada dengan atau lebih rendah dari 95 persentil, 5% populasi berada sama dengan atau lebih 5 persentil. Besarnya nilai persentil dapat ditentukan dari tabel probabilitas distribusi normal



Gambar 2.2 : Distribusi Normal dengan Data Antropometri 95-th Persentil
(Sumber : Stevenson,1989; Nurmianto, 1991)

Untuk menempatkan data antropometri ini, pemakaian distribusi normal akan umum diterapkan. Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan harga rata-rata dan simpangan standarnya dari data yang ada. Dari nilai yang ada tersebut, maka persentil dapat ditetapkan sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal. Dengan persentil, maka yang dimaksudkan disini adalah suatu nilai yang menunjukkan prosentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau dibawah nilai tersebut. Sebagai contoh, 95-th persentil akan menunjukkan 95% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran tersebut; sedangkan 5-th persentil akan menunjukkan 5% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran itu. Dalam antropometri, angka 95-th akan menggambarkan ukuran manusia yang “terbesar” dan 5-th persentil menunjukkan ukuran “terkecil”. Bila mana diharapkan ukuran yang mampu mengakomodasikan 95% dari populasi yang ada, maka disini diambil rentang 2,5-th dan 95-th persentil sebagai batas-batasannya.

Pemakaian nilai-nilai persentil yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data antropometri dapat dijelaskan dalam tabel berikut ini :

PERCENTILE	CALCULATION
1 st	$x - 2.325 \sigma_x$
2,5 th	$x - 1.960 \sigma_x$
5 th	$x - 1.645 \sigma_x$
10 th	$x - 1.280 \sigma_x$
50 th	x
90 th	$x + 1.280 \sigma_x$
95 th	$x + 1.645 \sigma_x$
97,5 th	$x + 1.960 \sigma_x$
99 th	$x + 2.325 \sigma_x$

Gambar2.3 Distribusi normal dan perhitungan persentil

(sumber data : Stevenson, 1989)

2.3.8 Aplikasi Data Anthropometri Dalam Perancangan Produk/ Fasilitas Kerja

Data anthropometri yang menyajikan data ukuran dari berbagai macam anggota tubuh manusia dalam persentile tertentu akan sangat besar manfaatnya pada suatu rancangan produk ataupun fasilitas kerja akan dibuat. Agar rancangan suatu produk nantinya bisa sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang akan mengoprasikanya, maka prinsip-prinsip apa yang harus diambil didalam aplikasi data anthropometri tersebut harus ditetapkan terlebih dahulu seperti diuraikan berikut ini:

- a. Prinsip rancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim. Disini rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 (dua) sasaran produk, yaitu:
 1. Bisa sesuai untuk ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau terlalu kecil bila dibandingkan dengan rata-ratanya.
 2. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).
Agar bisa memenuhi sasaran pokok tersebut maka ukuran yang diaplikasikan ditetapkan dengan cara:
 3. Dimensi minimum yang harus ditetapkan dari suatu rancangan produk umumnya didasarkan pada nilai percentile yang terbesar seperti 90-th, 95-th atau 99-th percentile. Contoh konkrit pada kasus ini bisa dilihat pada penetapan ukuran minimal dari lebar dan tinggi dari pintu darurat, dll.
 4. Untuk dimensi maksimum yang harus ditetapkan diambil berdasarkan nilai percentile yang paling rendah (1-th, 5-th, 10-th percentile) dari distribusi data anthropometri yang ada. Hal ini diterapkan ù sebagai contoh ù dalam penetapan jarak jangkauan dari suatu mekanisme kontrol yang harus dioperasikan oleh seorang pekerja. Secara umum aplikasi data anthropometri untuk perancangan produk atau fasilitas kerja akan menetapkan nilai 5-th percentile untuk dimensi maksimum dan 95-th untuk dimensi minimumnya.
 - a. Prinsip Perancangan Produk Yang Bisa Dioperasikan Di antara Rentang Ukuran Tertentu.

Disini rancangan bisa dirubah-rubah ukuranya sehingga cukup fleksible dioperasikan oleh semua 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 pun bisa

berubah-ubah sesuai dengan yang fleksibel, semacam ini maka data anthropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang nilai 5-th s/d 95-th percentile.

b. Prinsip Perancangan Produk Dengan Ukuran Rata-Rata.

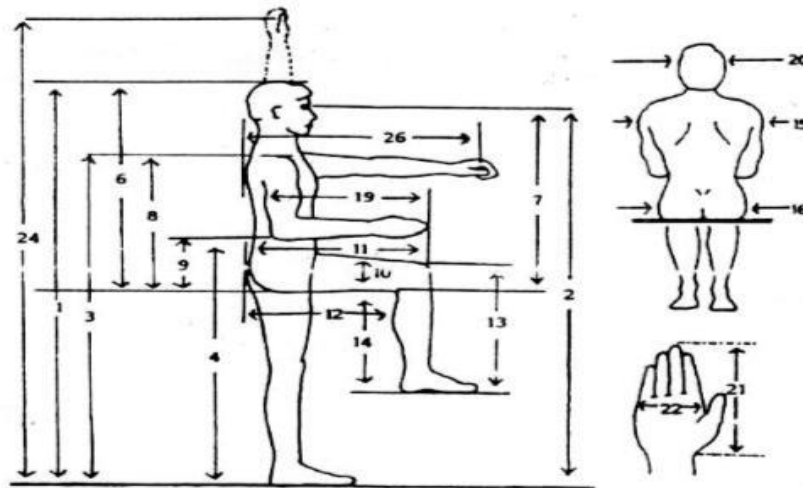
Dalam hal ini rancangan produk didasarkan terhadap rata-rata ukuran manusia. Problem pokok yang dihadapi dalam hal ini justru sedikit sekali mereka yang berbeda ukuran rata-rata. Disini produk dirancang dan dibuat untuk mereka yang berukuran sekitar rata-rata, sedangkan bagi mereka yang memiliki ukuran ekstrim akan dibuatkan rancangan tersendiri.

Berkaitan dengan aplikasi data anthropometri yang diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, maka ada beberapa saran/rekomendasi yang bisa diberikan sesuai dengan langkah-langkah seperti berikut :

1. Pertama kali terlebih dahulu harus ditetapkan anggota tubuh yang mana yang nantinya akan difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.
2. Tentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan tersebut; dalam hal ini juga perlu diperhatikan apakah harus menggunakan data *structural body dimension* ataukah *functional body dimension*.
3. Selanjutnya tentukan populasi terbesar yang harus diantisipasi, diakomondasikan dan menjadi target utama pemakai rancangan produk tersebut. Hal ini lazim dikenal sebagai “market segmentation” seperti produk mainan untuk anak-anak, peralatan rumah tangga untuk wanita, dll.
4. Tetapkan prinsip ukuran yang harus diikuti semisal apakah tersebut untuk individual yang ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel (*adjustable*) ataukah ukuran rata-rata.
5. Pilih prosentase populasi yang harus diikuti ; 90-th,95-th,99-th ataukah nilai percentile yang lain dikehendaki.

6. Untuk setiap dimensi tubuh yang telah diidentifikasi selanjutnya pilih/tetapkan nilai ukurannya dari tabel data antropometri yang sesuai. Aplikasikan data tersebut dan tambahkan faktor kelonggaran (*allowance*) bila diperlukan seperti halnya tambahan ukuran akibat faktor tebalnya pakaian yang harus dikenakan operator, pemakaian sarung tangan (*gloves*), dan lain-lain.

Selanjutnya untuk memperjelas mengenai data antropometri untuk bisa diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja; maka gambar 2.4 akan memberikan informasi tentang berbagai macam anggota tubuh yang perlu diukur:



Gambar 2.4 Data Anthropometri yang Diperlukan Untuk Perancangan Produk/ Fasilitas Kerja

(sumber: Sritomo Wignjosoebroto, 1995)

Keterangan :

1. Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai s/d ujung kepala).
2. Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak.
3. Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak.

4. Tinggi siku dalam dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus).
5. Tinggin kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam gambaran tidak ditunjukkan).
6. Tinggi tubuh dalam posisi duduk (diukur dari alas tempat duduk/pantat sampai dengan kepala).
7. Tinggi mata dalam posisi duduk.
8. Tinggi bahu dalam posisi duduk.
9. Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus).
10. Tebal atau lebar paha.
11. Panjang paha yang diukur dari pantat s/d ujung lutut.
12. Panjang paha yang diukur dari pantat s/d bagian belakang dari lutut/betis.
13. Tinggi lutu yang bisa diukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk.
14. Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang diukur dari lantai sampai dengan paha.
15. Lebar dari bahu (bisa diukur dalam posisi berdiri ataupun duduk)
16. Lebar pinggul/pantat.
17. Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan pada gambar).
18. Lebar perut.
19. Panjang siku yang diukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus.
20. Lebar kepala.
21. Panjang tangan diukur dari pelanggan sampai dengan ujung jari
22. Lebar telapak tangan.
23. Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar-lebar kesamping kiri-kanan (tidak ditunjukkan dalam gambar)
24. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur dari lantai sampai dengan telapak tangan yang terjangkau lurus keatas (vertikal).
25. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak, diukur seperti halnya no 24 tetapi dalam posisi duduk (tidak ditunjukkan dalam gambar)
26. Jarak jangkauan tangan yang terjulur kedepan diukur dari bahu sampai ujung jari tangan.

Data anthropometri dibuat sesuai dengan ukuran tubuh laki-laki dan perempuan, harga rata-rata (\bar{x}), standart deviasi (σx) serta percentile tertentu (5-th, 95-th, dan sebagainya)

2.4 Pengukuran Waktu Kerja Dengan jam Henti (*Stop Watch Time Study*)

Pengukuran waktu kerja dengan jam henti (*stop-watch time study*) diperkenalkan pertama kali oleh Frederick W. Taylor sekitar abad 19 yang lalu. Metode ini pertama sekali baik diaplikasikan untuk pekerjaan-pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang (*repetitive*). dari hasil pengukuran maka akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan, yang mana waktu ini akan dipergunakan standart penyelesaian pekerjaan bagi semua pekerja yang akan melaksanakan pekerjaan yang sama seperti itu. Secara garis besar langkah untuk pelaksanaan pengukuran waktu kerja dengan jam henti ini dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Definisi pekerjaan yang akan diteliti untuk diukur waktunya dan tujuan pengukuran ini kepada pekerja yang dipilih untuk diamati dan supervisor yang ada.
- b. Catat semua informasi yang berkaitan erat dengan penyelesaian pekerjaan seperti *lay out*, karakteristik/spesifikasi mesin atau peralatan kerja lain yang digunakan, dan lain-lain.
- c. Bagi operasi kerja dalam elemen-elemen kerja sedetail-detailnya tapi masih dalam batas-batas kemudahan untuk pengukuran waktunya
- d. Amati, ukur dan catat waktu yang dibutuhkan oleh operator untuk menyelesaikan elemen-elemen kerja tersebut
- e. Tetapkan jumlah siklus kerja yang harus diukur dan dicatat. Teliti apakah jumlah siklus kerja yang dilaksanakan ini sudah memenuhi syarat atau tidak ? test pula keseragaman data yang diperoleh
- f. Tetapkan *rate of performance* dari operator saat melaksanakan aktivitas kerja yang diukur dan dicatat waktunya tersebut. *Rate of*

performans ini ditetapkan untuk setiap elemen kerja yang ada dan hanya ditunjukkan untuk *performance* operator. Untuk elemen kerja yang secara penuh dilakukan oleh mesin maka *performance* dianggap normal (100%).

- g. Sesuai waktu pengamatan berdasarkan *performance* yang ditunjukkan oleh operator tersebut sehingga akhirnya akan diperoleh waktu normal.
- h. Tetapkan waktu longgar (*allowance time*) guna memberikan fleksibilitas. Waktu longgar yang akan diberikan ini guna menghadapi kondisi-kondisi seperti kebutuhan personil yang bersifat pribadi, faktor kelelahan, keterlambatan material, dan lain-lainya
- i. Tetapkan waktu kerja baku (*standart time*) yaitu jumlah total antara waktu normal dan waktu longgar.

Berdasarkan langkah-langkah terlihat bahwa pengukuran kerja dengan jam henti ini merupakan cara pengukuran yang objektif karena disini waktu ditetapkan berdasarkan fakta yang terjadi dan tidak cuma sekedar destimasi secara subyektif. Disini juga akan berlaku asumsi-asumsi dasar sebagai berikut :

- a. Metoda dan fasilitas untuk menyelesaikan pekerjaan harus sama dan dibakukan terlebih dahulu sebelum kita mengaplikasikan waktu baku ini untuk pekerjaan yang serupa.
- b. Operator harus memahami benar prosedur dan metoda pelaksanaan kerja sebelum dilakukan pengukuran kerja. Operator-operator yang akan dibebani dengan waktu baku ini diasumsikan memiliki tingkat ktrampilan dan kemampuan yang sama dan sesuai untuk pekerjaan tersebut. Untuk ini persyaratan mutlak pada waktu memilih operator yang akan dianalisa waktu kerjanya benar-benar memiliki tingkat yang rata-rata.
- c. Kondisi lingkungan fisik pekerjaan yang relatif tidak jauh berbeda dengan kondisi fisik pada saat pengukuran kerja dilakukan.

- d. *Performance* kerja mampu dikendalikan pada tingkat yang sesuai untuk seluruh periode kerja yang ada.

Satu hal yang penting didalam pelaksanaan pengukuran kerja ini ialah bahwa semua pihak yang nantinya akan dipengaruhi oleh hasil studi (waktu baku) haruslah diinformasikan mengenai maksud dan tujuan dari studi, sehingga nantinya bisa tercapai kerja sama yang sebaik- baiknya didalam pelaksanaan pengukuran. Asumsi- asumsi yang telah dinyatakan perlu sekali dibuat karena untuk beberapa kondisi secara nyata akan sulit untuk disamakan seperti halnya dengan tingkat ketrampilan atau kemampuan dari para pekerja.

Aktivitas pengukuran kerja dengan jam henti (*stopwatch*) umumnya diaplikasikan pada industri manufakturing yang memiliki karekteristik kerja yang berulang- ulang, terspesifikasi jelas, dan menghasilkan output yang relatif sama. Meskipun demikian aktivitas ini, bisa pula diaplikasikan untuk pekerjaan- pekerjaan non manufakturing seperti yang bisa dijumpai dalam aktivitas kantor gudang atau jasa pelayanan lainnya asalkan kriteria- kriteria tersebut dibawah ini bisa terpenuhi.

1. Pekerjaan tersebut harus dilaksanakan secara repetitif dan *uniform*
2. Isi/ macam pekerjaan itu harus homogen
3. Hasil kerja (*output*) harus dapat dihitung secara nyata (kuantitatif) baik secara keseluruhan ataupun untuk tiap- tiap elemen kerja yang berlangsung
4. Pekerjaan tersebut cukup banya dilakukan dan teratur sifatnya sehingga akan mewedahi untuk diukur dan dihitung waktu bakunya

Nyatalah bahwa aktivitas *stopwatch time study* ini bisa dilakukan untuk berbagai macam/ jenis pekrjaan baik yang bisa diklarifikasikan sebagai *manufacturing job/ service job*. Aktivitas pengukuran kerja sendiri tidak mungkin bisa dilaksanakan apabila dijumpai pekerjaan- pekerjaan yang tidak memperdulikan volume atau jumlah output yang ingin dihasilkan atau pekerjaan-

pekerjaan yang menghasilkan *output* yang tidak mungkin untuk distandarkan seperti halnya dengan pekerjaan- pekerjaan yang bersifat *creative work* (hasil seni, *research*, dan lain- lainnya).

2.5 Pengukuran Denyut Jantung

Jantung merupakan alat yang sangat penting bagi pekerja. Alat tersebut merupakan pompa darah kepada otot, sehingga zat yang diperlukan dapat diberikan kepada dan zat-zat sampah dapat diambil dari otot. Jantung bekerja di luar kemampuan dan memiliki kemampuan secara khusus. Alat itu memompa darah arteri ke jaringan, termasuk otot, dan darah vena ke paru-paru. Suatu denyut jantung merupakan suatu volume denyutan (*stroke volume*) darah arteri.

Jumlah denyut jantung merupakan petunjuk besar-kecilnya beban kerja. Pada pekerjaan sangat ringan denyut jantung <75 pulse/menit, pekerjaan ringan diantara 75-100 pulse/menit, agak berat 100-125 pulse/menit, berat 125-150 pulse/menit, sangat berat 150-175 pulse/menit dan luar biasa berat lebih dari 175 pulse/menit. Maksimal denyut nadi orang muda adalah 200 pulse/menit. Sedangkan yang berusia 40 tahun ke atas 170 pulse/menit. Jantung yang sehat dalam 15 menit sesudah kerja akan bekerja normal kembali seperti semula. Beban kerja ini menentukan berapa lama seseorang dapat bekerja sesuai dengan kapasitas kerjanya. Makin besar beban, makin pendek waktu seseorang dapat bekerja tanpa kelelahan atau gangguan.

Derajat beratnya beban kerja tidak hanya tergantung pada jumlah kalori yang dikonsumsi, akan tetapi juga bergantung pada jumlah otot yang terlibat pada pembebanan otot statis. Sejumlah konsumsi energi tertentu akan lebih berat jika hanya ditunjang oleh sejumlah kecil otot relatif terhadap sejumlah besar otot. Begitu juga untuk konsumsi energi dapat juga untuk menganalisa pembebanan otot statis dan dinamis.

Konsumsi energi dapat menghasilkan denyut jantung yang berbeda-beda. Oleh karenanya dapat dikatakan bahwa meningkatnya denyut jantung adalah dikarenakan oleh :

Temperatur sekeliling yang tinggi-tingginya pembebanan otot statis, danSemakin sedikit otot yang terlibat dalam suatu kondisi kerja.

Adapun hubungan antara metabolisme, respirasi, energi expenditure dan denyut jantung sebagai media pengukur beban kerja ditunjukkan pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Hubungan Antara Metabolisme, Respirasi, Energi Expenditure dan Denyut Jantung sebagai Media Pengukur Beban Kerja

<i>Assesment Of Work load</i>	<i>Oxygen Consumption Litres/min</i>	<i>Lung Ventilation Litres/min</i>	<i>Energi Expenditure Calories/minute</i>	<i>Heart Rate Pulses/mins</i>
<i>“Very low” (resting)</i>	0.25-0.3	6-7	<2,5	60-70
<i>“Low”</i>	0.5-1	11-20	2,5-5,0	75-100
<i>“Moderate”</i>	1-1.5	20-31	5,0-7,5	100-125
<i>“High”</i>	1.5-2	31-43	7,5-10,0	125-150

“ <i>Very high</i> ”	2-2.5	43-56	10,0-12,5	150-175
“ <i>Extremely high</i> ” (<i>e.g. sport</i>)	2.4-4	60-100	>12,5	> 175

(Sumber : Sritomo Wignjosoebroto, 2000)

Pengukuran denyut jantung adalah merupakan salah satu alat untuk mengetahui beban kerja. Hal ini dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain :

Merasakan denyut yang ada pada arteri radial pada pergelangan tangan. Mendengarkan denyut dengan *stethoscope*. Menggunakan ECG (*Electrocardiogram*), yaitu mengukur signal elektrik yang diukur dari otot jantung pada permukaan kulit dada.

2.6 Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

Wahyu, (2008). Dalam penelitian Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang berjudul “Perancangan Ulang Alat Pengupas Kacang Tanah Untuk Meminimalkan Waktu Pengupasan” menyimpulkan bahwa : Kesehatan dan keselamatan kerja pekerja sangatlah perlu diperhatikan terlebih untuk industri Rumah tangga seperti halnya Industri pengupasan kacang. Selama bekerja pekerja merasakan pegal pada punggung, pinggang, lengan tangan, pergelangan tangan dan siku. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai hal ini. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan melakukan perancangan ulang mesin pengupas kacang tanah.

Dalam perancangan ulang fasilitas kerja berupa mesin kacang tanah hal yang perlu diperhatikan adalah antropometri ukuran tubuh operator, keluhan-keluhan selama bekerja, waktu proses pengupasan kacang tanah dan denyut jantung selama bekerja. Untuk mengetahui pengaruh antara perlakuan sebelum dan sesudah perancangan dilakukan uji perbandingan dengan menggunakan uji *Paired Sample T-Test*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu baku pada kondisi sebelum perancangan sebesar 0,102 jam/kg dan *output* standar sebesar 29,5 kg/jam. Sedangkan setelah perancangan sebesar 0,023 jam/kg dan *output* standarnya sebesar 130,5 kg/jam dengan peningkatan *output* standar 101 kg/jam. Konsumsi energi setelah bekerja pada kondisi sebelum perancangan sebesar 4,58 Kkal/menit dan setelah perancangan sebesar 3,7 Kkal/menit dengan penurunan tingkat konsumsi energi sebesar 0,88 Kkal/menit.

Yulianto, catur. Dalam penelitian Tugas Akhir pada Program Teknik Industri Fakultas Universitas Dian Nuswantoro Semarang yang berjudul “Rancang Bangun Alat Perontok Jagung Dengan Metode *Quality Function Deployment* Untuk Optimalisasi Hasil Perontokan” menyimpulkan bahwa Penggunaan alat perontokan jagung di wilayah Wonoplumbon masih belum menghasilkan output yang optimal karena faktor alat yang digunakan. Oleh karena itu perlu dicari solusinya. Penelitian bertujuan untuk mengetahui bahwa rancang bangun alat perontok jagung dengan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) dapat mengoptimalkan hasil perontokan jagung di

Kelurahan Wonoplumbon.

Penelitian ini menggunakan objek diantaranya para pengguna alat perontok jagung yaitu petani dan pedagang jagung. Responden yang sebagai objek penelitian berjumlah 30 orang. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian survei sedangkan untuk menganalisisnya menggunakan metode deskriptif. Pengukuran tingkat kepentingan dan kepuasan konsumen menggunakan skala likert. Metode yang paling utama diterapkan adalah *Quality Function Deployment* (QFD) dengan HOQ sebagai penerjemah suara konsumen ke dalam persyaratan teknik.

Kesimpulannya adalah rancang bangun alat perontok jagung yang diinginkan dalam mengoptimalkan hasil panen yaitu dengan kriteria produk yang hemat tempat, mudah dibersihkan, bersaing dengan produk lain, harga terjangkau, mudah dipindahkan, kinerja alat cepat, tidak ada bagian alat yang berbahaya, tampilan menarik, tidak ada sudut yang tajam, variasi tekstur halus, awet dan tidak mudah keropos, mudah penggantian parts, serta mudah dioperasikan.

Kata – kata kunci : Perontok jagung; *Quality Function Deployment* (QFD)

Frendy, Gatot. (2015). Dalam penelitian Tugas Akhir pada Program Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang berjudul “Rancang Bangun Alat Penanam Jagung Yang Ergonomis” yang menyimpulkan bahwa seiring dengan pesatnya perkembangan dan kemajuan teknologi diberbagai kehidupan banyak diciptakan alat atau mesin yang modern, alat tersebut selain membantu mempermudah untuk mempercepat proses produksi, salah satunya adalah penanam jagung yang ergonomis.

Alat ini nantinya diharapkan akan membantu pada proses untuk menanam jagung, karena pada proses menanam jagung menggunakan alat penanam jagung ini kita dapat menjadikan dua proses penanaman yaitu melubangi tanah dan menaruh biji jagung. Berbeda dari alat sebelumnya yang hanya berfungsi untuk melubangi tanah dan harus menunduk atau jongkok saat menaruh biji jagung.

Dengan menggunakan alat penanam jagung ini kita dapat mengurangi tenaga kerja, waktu dan juga dapat mengurangi biaya/ongkos tanam.

Kata kunci : Alat Penanam Jagung, Desain Ergonomis, Hasil Lebih Efisien.