

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Sudah banyak penelitian tentang perancangan ulang fasilitas kerja yang ergonomis dengan memperhatikan dimensi antropometri tubuh manusia. Di antara penelitian yang sudah dilakukan sebagai berikut : Kurnianingtyas & Dewi (2014), Agustinus, dkk (2014) dan Prianto (2015).

Kurnianingtyas & Dewi (2014) dalam jurnalnya yang berjudul “Perancangan Fasilitas Kerja Pada Aktivitas Memahat Di Industri Kecil Batu Alam” membahas mengenai perancangan fasilitas kerja di Industri Kecil Batu Alam. Tujuan dari perancangan ini adalah melalui perbaikan fasilitas kerja ini diharapkan dapat memperbaiki postur kerja pengrajin dan meminimalkan keluhan *musculoskeletal* pekerja di Industri Kecil Batu Alam. Metode perancangan yang digunakan adalah pendekatan ergonomi. Hasil dari perancangan ini adalah berupa fasilitas kerja berupa meja dan kursi untuk memperbaiki postur kerja dan meminimalkan keluhan-keluhan *musculoskeletal* pekerja batu alam.

Agustinus, dkk (2014) dalam jurnalnya yang berjudul “Perancangan Fasilitas Kerja Pada Industri Kecil Menengah Pak Saryoto” membahas mengenai ketidaknyamanan pekerja dalam bekerja yang disebabkan oleh posisi kerja yang duduk dilantai tanpa menggunakan alas duduk saat melakukan proses perakitan. Tujuan dari perancangan ini adalah merancang fasilitas kerja pada kegiatan perakitan kipas batik yang disesuaikan dengan dimensi antropometri pekerja. Metode perancangan yang digunakan adalah pendekatan ergonomi. Hasil dari perancangan ini adalah fasilitas kerja berupa meja dan kursi sesuai dengan dimensi antropometri pengrajin untuk memperbaiki postur kerja pengrajin pada proses pembuatan kipas di IKM Pak Saryoto.

Prianto (2015) dalam skripsinya yang berjudul “Perancangan Ulang Fasilitas Kerja Pada Proses Memahat Untuk Memperbaiki Postur Kerja di *Java Art Stone*”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang/memperbaiki fasilitas yang sudah ada berupa meja pahat dengan memasukkan metode perancangan produk. Metode perancangan yang digunakan adalah metode rasional. Peneliti dalam melakukan penelitiannya untuk memperbaiki postur kerja sehingga keluhan *musculoskeletal*

pada proses memahat dapat diminimalkan untuk meningkatkan produktivitas di *Java Art Stone*. Metode yang digunakan dalam menganalisis postur kerja pengrajin adalah metode *Rapid Upper Limb Assesment (RULA)* dan *Rapid Enitre Body Assesment (REBA)*. Hasil dari perancangan ini adalah fasilitas kerja berupa meja dan kursi pada proses memahat di batu alam.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Pada penelitian kali ini akan dilakukan perancangan ulang fasilitas kerja berupa meja dan kursi pada proses pembuatan kerajinan perak di Anggra Silver. Tujuan penelitian ini untuk membuat fasilitas kerja berupa meja, kursi dan lampu penerangan yang sesuai dengan keinginan pengrajin tanpa mengabaikan teori ergonomi dengan memperbaiki postur kerja sehingga keluhan-keluhan *musculoskeletal* dan kelelahan didaerah mata pengrajin dapat diminimalkan, menjaga kesehatan kerja pengrajin di Anggra Silver, agar pengrajin dapat bekerja dengan kondisi yang efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien (EASNE). Beberapa perbedaan antara penelitian yang dilakukan sekarang dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1. Berikut :

Tabel 2.1. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Aspek Perbandingan	Kurnianingtyas & Dewi (2014)	Agustinus, dkk (2014)	Prianto (2015)	Penelitian Sekarang (2015)
Judul	Perancangan Fasilitas Kerja Pada Aktivitas Memahat Di Industri Kecil Batu Alam	Perancangan Fasilitas Kerja Pada Industri Kecil Menengah Pak Saryoto	Perancangan Ulang Fasilitas Kerja Pada Proses Memahat Untuk Memperbaiki Postur Kerja di <i>Java Art Stone</i>	Perancangan Ulang Fasilitas Kerja Pada Aktivitas Pembuatan Kerajinan Perak di Anggra Silver

Tabel 2.1. Lanjutan

Tujuan	Melalui perbaikan fasilitas kerja ini diharapkan dapat memperbaiki postur kerja pengrajin dan meminimalkan keluhan <i>musculoskeletal</i> pekerja di Industri Kecil Batu Alam.	Merancang fasilitas kerja pada kegiatan perakitan kipas batik yang disesuaikan dengan dimensi antropometri pekerja	Merancang/memperbaiki fasilitas yang sudah ada berupa meja pahat dengan memasukkan metode perancangan produk	Merancang ulang fasilitas kerja yang sudah ada dengan menggunakan metode perancangan produk
Metode	Pendekatan Ergonomi	Pendekatan Ergonomi	Metode Rasional	Metode Rasional
Hasil	Fasilitas kerja berupa meja dan kursi pada proses pemahatan	Fasilitas kerja berupa meja dan kursi sesuai pada proses pembuatan kipas di IKM Pak Saryoto	Fasilitas kerja berupa meja dan kursi pada proses pemahatan	Fasilitas kerja yang sesuai berupa meja dan kursi pada aktivitas pembuatan kerajinan perak

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu “Ergon” dan “Nomos” yang berarti hukum dan 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 ergonomi dimana manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya. Dengan demikian ergonomi dimaksudkan sebagai disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaannya. Ergonomi antara lain memeriksa kemampuan fisik para pekerja, lingkungan tempat kerja, perlengkapan, metode-metode kerja yang dibutuhkan sehingga menghasilkan sebuah produk yang aman. Dalam hal perancangan

alat/stasiun kerja, penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (*design*) atau rancang ulang (*redesign*) (Nurmianto, 2008) dalam (Hanafi, 2010).

Ergonomi ialah cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja ada sistem itu dengan efektif, aman, sehat, nyaman, dan efisien (Sutalaksana dkk, 2006).

Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyasrakan dan menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktifitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Tarwaka dkk, 2004).

Ergonomi dilakukan dengan menggunakan pendekatan yang lebih komprehensif. Pendekatan ini dilakukan melalui tiga hal pokok yaitu fokus, tujuan dan ilmu *ergonomi*.

- a. Fokus dari ergonomi adalah manusia dan interaksinya dengan produk, peralatan, fasilitas, prosedur dan lingkungan pekerjaan serta kehidupan sehari-hari.
- b. Tujuan ergonomi adalah meningkatkan efektifitas dan efisiensi pekerjaan, memperbaiki keamanan, mengurangi kelelahan dan stress, meningkatkan kenyamanan, penerimaan pengguna yang lebih besar, meningkatkan kepuasan kerja dan memperbaiki kualitas hidup.
- c. Pendekatan yang dilakukan dalam ergonomi adalah aplikasi yang sistematis dari informasi yang relevan tentang kemampuan, keterbatasan, karakteristik, perilaku dan motivasi manusia terhadap rancangan produk dan prosedur yang digunakan untuk lingkungan tempat menggunakannya.

Hasil kerja yang optimal dapat dicapai apabila dalam melaksanakan pekerjaannya manusia merasakan kenyamanan baik secara fisik maupun psikologis dan dapat berinteraksi baik dengan objek yang digunakan, sehingga manusia dan objek tersebut dapat memberikan *performance* yang terbaik. Sebagai suatu disiplin ilmu, ergonomi mempelajari metode-metode perancangan sistem kerja dengan memanfaatkan informasi mengenai sifat, kemampuan dan produktivitas secara aman dan nyaman. Efisiensi kerja dalam ergonomi ditujukan

untuk mereduksi beban kerja fisik dan mental dalam rangka meningkatkan produksi.

Ada lima alasan pokok dalam ergonomi sehubungan dengan keterbatasan manusia, yaitu (Pulat, 1992) :

- a. *Anthropometri*, berkaitan dengan pengukuran dimensi-dimensi linear tubuh manusia termasuk berat dan volume. Masalah yang sering ditemui adalah adanya ketidaksesuaian dimensi tubuh manusia dengan rancangan produk dan area kerja. Solusinya tersebut dengan penyesuaian informasi yang diperoleh dari data *anthropometri*.
- b. *Cognitive*, berkaitan dengan terjadinya kekurangan atau berlebihnya informasi yang dibutuhkan selama pemrosesannya. Solusinya adalah dengan mengimbangi fungsi manusia dengan fungsi mesin untuk memaksimalkan performansi kerja.
- c. *Musculoskeletal*, sistem *musculoskeletal* terdiri dari otot, tulang dan jaringan penghubung. Masalah yang menyebabkan ketegangan otot dan trauma solusinya adalah sistem kerja harus dirancang agar sesuai dengan kemampuan fisik manusia atau mengadakan alat bantu untuk memudahkan pekerjaan.
- d. *Cardiovasuler*, masalah ini terletak pada stress pada sistem peredaran darah termasuk jantung. Dalam menjalankan aktivitas fisik, otot memerlukan oksigen yang lebih banyak. Semakin berat aktivitas fisik yang dilakukan, semakin banyak oksigen yang dibutuhkan. Detak jantung akan meningkat karena lebih banyak darah yang dipompakan per unit waktu dalam paru-paru. Selain itu juga terjadi peningkatan panas tubuh yang ditandai dengan keluarnya keringat dan tekanan darah juga naik. Untuk mengurangi resiko kelelahan, beban fisik diukur dan ditentukan berdasarkan pada detak jantung.
- e. *Psycomotor*, berkaitan dengan fungsi sensorik manusia (panca indera). Fungsi sensorik ini dipengaruhi oleh rangsangan eksternal seperti informasi berupa bunyi-bunyian atau cahaya. Sehubungan dengan penerimaan dan pemrosesan informasi, maka area kerja yang melibatkan fungsi sensorik manusia ini harus mampu memberikan display yang sesuai dengan kebutuhan performansinya.

Dengan adanya kelima masalah pokok tersebut, maka sistem kerja harus dirancang untuk menghasilkan kenyamanan yang maksimum bagi manusia.

2.2.2. Anthropometri

Menurut Nurmiyanto (1996) dalam Sari (2014), istilah Antropometri berasal dari “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran. Secara definitif anthropometri dapat dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Menurut Pulat (1992), anthropometri terutama berkaitan dengan dimensi stasiun kerja dan pengaturan alat, peralatan, serta material. Anthropometri juga bisa diartikan suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk, dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Data anthropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain :

- a. Perancangan areal kerja (work station, interior mobil, dsb)
- b. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, peralatan, perkakas (tools) dsb.
- c. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer dsb.
- d. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Manusia pada umumnya akan berbeda – beda dalam hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya. Ada beberapa faktor yang akan mempengaruhi ukuran tubuh manusia (Wignjosoebroto, 1995) dalam (Sari, 2014), yaitu:

a. Umur

Secara umum dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertambah besar seiring dengan bertambahnya umur yaitu sejak awal kelahiran sampai dengan umur sekitar 20 tahunan. Setelah itu, tidak lagi akan terjadi pertumbuhan, bahkan justru akan cenderung berubah menjadi pertumbuhan menurun ataupun penyusutan yang dimulai sekitar umur 40 tahunan.

b. Jenis kelamin (*sex*)

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

c. Suku bangsa (*ethnic*)

Setiap suku bangsa ataupun kelompok *ethnic* akan 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. Posisi tubuh (*posture*)

Sikap ataupun posisi tubuh akan berpengaruh terhadap ukuran tubuh oleh karena itu harus posisi tubuh standar harus diterapkan untuk survei pengukuran.

Menurut Sritomo Wignjosoebroto (1995) dalam Kusumawati (2011) berkaitan dengan posisi tubuh manusia anthropometri dibagi atas dua bagian, yaitu :

a. Antropometri Statis (*structural body dimensions*)

Pengukuran manusia pada posisi diam dan linear pada permukaan tubuh. Ada beberapa metode pengukuran tertentu agar hasilnya *representative*. Disebut juga pengukuran dimensi struktur tubuh dimana tubuh diukur dalam berbagai posisi standar dan tidak bergerak (tetap tegak sempurna). Dimensi tubuh diukur dengan posisi tetap antara lain meliputi 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.

b. Anthropometri Dinamis (*functional body dimensions*)

Anthropometri dinamis adalah pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja tersebut melaksanakan kegiatannya. Hasil yang diperoleh merupakan ukuran tubuh yang nantinya akan berkaitan erat dengan gerakan-gerakan nyata yang diperlukan tubuh untuk melaksanakan fungsinya yang dinamis akan banyak diaplikasikan dalam proses perancangan fasilitas ataupun ruang kerja.

Terdapat tiga kelas pengukuran anthropometri dinamis, yaitu :

- i. Pengukuran tingkat keterampilan sebagai pendekatan untuk mengerti keadaan mekanis dari suatu aktifitas
Contoh : Dalam mempelajari performansi atlet.
- ii. Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan saat kerja.
Contoh : Jangkauan tangan dari gerakan tangan dan kaki efektif pada saat bekerja yang dilakukan dengan berdiri atau duduk.
- iii. Pengukuran variabilitas kerja
Contoh : Analisis kinematika dan kemampuan jari-jari tangan dari seorang juru ketik atau operator komputer

2.2.3. Aplikasi Data Anthropometri dalam Perancangan Fasilitas Kerja

Faktor ergonomi sangat perlu diperhatikan dalam proses rancang bangun fasilitas dalam sekarang ini adalah merupakan sesuatu yang tidak dapat ditunda lagi. Hal ini tidak dapat terlepas dari pembahasan mengenai ukuran anthropometri tubuh pengguna fasilitas maupun data anthropometrinya.

Menurut Sutalaksana (2006), didalam perancangan yang menggunakan data anthropometri terdapat tiga prinsip yang harus diperhatikan. Tiga prinsip tersebut adalah :

- a. Prinsip perancangan fasilitas berdasarkan individu ekstrim (minimum atau maksimum)

Perancangan fasilitas berdasarkan individu ekstrim dapat dibagi menjadi dua. Pertama, perancangan dengan data nilai persentil tinggi (90%, 95%, atau 99%). Kedua, perancangan fasilitas dengan data persentil kecil atau rendah (1%, 5% atau 10%). Desain- desain untuk individu ekstrim diperlukan agar suatu rancangan dapat dipergunakan oleh individu yang mempunyai ukuran ekstrim untuk karakteristik anthropometri tertentu. Misalnya untuk menentukan lebar kursi, digunakan persentil 95%, yang berarti 95% orang dapat duduk dikursi tersebut dengan nyaman, sedangkan 5% sisanya harus menggunakan desain khusus.

- b. Perancangan fasilitas yang dapat disesuaikan

Di sisi rancangan dapat diubah-ubah ukurannya sehingga cukup fleksibel bila dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh.

- c. Perancangan fasilitas berdasarkan rata-rata pemakainya.

Di sini produk yang akan dirancang dan dibuat bagi mereka yang berukuran rata-rata, ukuran rata-rata ini mendekati persentil 50. Prinsip ini digunakan bila prinsip berdasarkan individu ekstrim tidak mungkin dilakukan dan tidak praktis untuk merancang dengan prinsip penyesuaian.

2.2.4. Rapid Upper Limb Assesment (RULA)

Rapid Upper Limb Assesment (RULA) merupakan sebuah metode penilaian postur kerja yang secara khusus digunakan untuk meneliti dan menginvestigasi gangguan pada tubuh bagian atas. RULA pertama kali dikembangkan oleh Dr.Lynn McAtamney dan Dr.Nigel Corlett dari University of Nottingham's Institute of Occupational Ergonomics. Metode ini tidak membutuhkan peralatan spesial dalam penetapan penilaian postur leher, punggung, dan tubuh bagian atas (McAtamney, 1993) dalam (Sari, 2014). Metode RULA dikembangkan sebagai

metode untuk mendeteksi postur kerja yang merupakan faktor resiko (*risk factors*) dan di desain untuk menilai para pekerja dan mengetahui beban *musculoskeletal* yang kemungkinan dapat menimbulkan gangguan pada anggota badan atas. Faktor resiko yang telah diinvestigasi sebagai faktor beban eksternal, yaitu:

- a. Jumlah gerakan
- b. Kerja otot statis
- c. Tenaga/kekuatan
- d. Penentuan postur kerja oleh peralatan
- e. Waktu kerja tanpa istirahat

Ada 4 faktor beban eksternal (jumlah gerakan, kerja otot statis, tenaga/ kekuatan, dan postur) yang ditinjau dalam penilaian RULA dan dikembangkan untuk :

1. Memberikan sebuah metode penyaringan suatu populasi kerja dengan cepat, yang berhubungan dengan kerja yang beresiko.
2. Mengidentifikasi usaha otot yang berhubungan dengan postur kerja, penggunaan tenaga dan kerja yang berulang-ulang, yang dapat menimbulkan kelelahan (*fatigue*) otot.
3. Memberikan hasil yang dapat digabungkan dengan sebuah metode penilaian *ergonomic* yaitu epidemiologi, fisik, mental, lingkungan dan faktor organisasi.

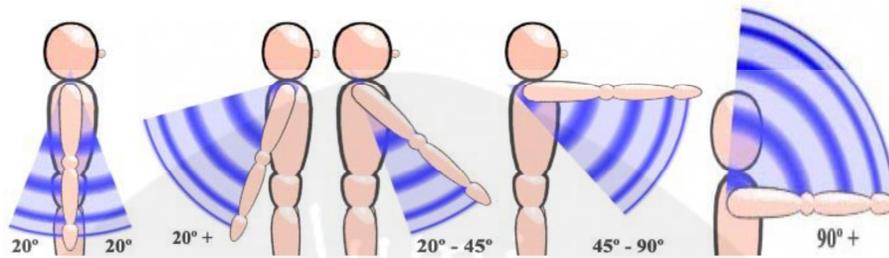
Penilaian dengan menggunakan metode RULA memiliki 3 tahapan pengembangan, yaitu:

1. Pengidentifikasi dan pencatatan postur kerja

Tubuh dibagi menjadi dua bagian yang membentuk dua grup yaitu, grup A yang terdiri dari Lengan atas (*Upper Arm*), Lengan bawah (*Lower Arm*), pergelangan tangan (*Wrist*), Putaran pergelangan tangan (*Wrist twist*), dan grup B yang terdiri dari Leher (*Neck*), Punggung (*Trunk*), dan kaki (*Legs*). Hal ini memastikan bahwa seluruh postur tubuh dicatat sehingga postur kaki, badan, dan leher yang terbatas yang mungkin mempengaruhi postur bagian atas dapat masuk dalam pemeriksaan.

Grup A

a. Lengan atas (*Upper Arm*)



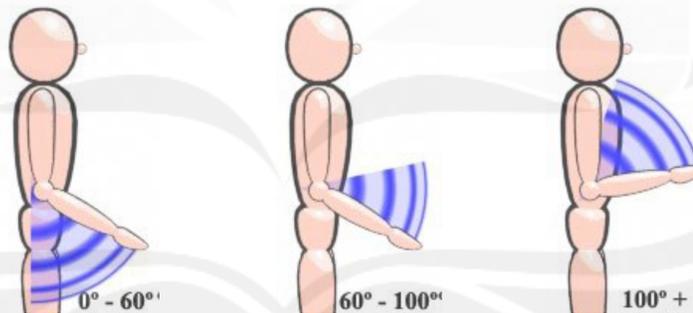
Gambar 2.1. Postur Tubuh Bagian Lengan Atas (*Upper Arm*)

(Sumber : <http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.2. Skor Bagian Lengan Atas (*Upper Arm*)

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Antara -20° - $+20^{\circ}$	+1	+1 jika bahu naik +1 jika lengan atas terbuka +1 jika lengan mendukung
Lebih dari -20° atau antara 20° - $+45^{\circ}$	+2	
Antara $+45^{\circ}$ - $+90^{\circ}$	+3	
Lebih dari $+90^{\circ}$	+4	

b. Lengan bawah (*Lower Arm*)



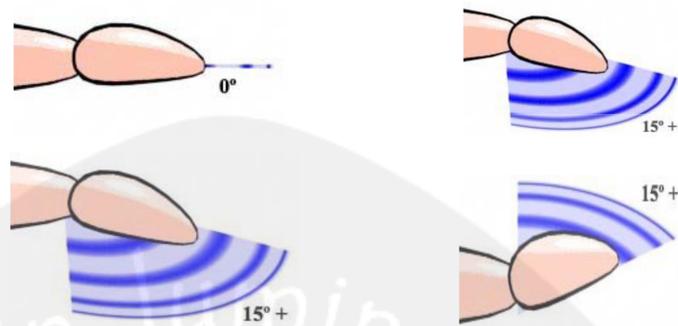
Gambar 2.2. Postur Tubuh Bagian Lengan Bawah (*Lower Arm*)

(Sumber : <http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.3 Skor Bagian Lengan Bawah (*Lower Arm*)

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Antara -60° - $+100^{\circ}$	+1	+1 Jika lengan bekerja melewati garis tengah badan +1 Jika keluar dari sisi tubuh
Antara 0° - 60° atau lebih dari $+100^{\circ}$	+2	

c. Pergelangan tangan (*Wrist*)



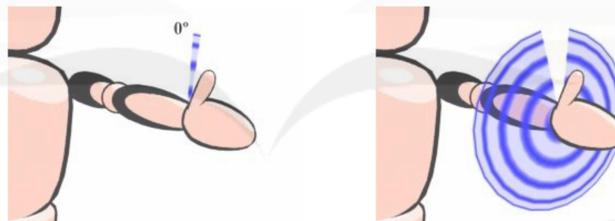
Gambar 2.3. Postur Tubuh Bagian Pergelangan Tangan (*Wrist*)

(Sumber : <http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.4. Skor Bagian Pergelangan Tangan (*Wrist*)

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Posisi 0^0	+1	+1 Jika pergelangan tangan menjauhi sisi tengah (<i>midline</i>)
Antara 15^0+ keatas - 15^0+ kebawah	+2	
Antara 15^0+ keatas dan 15^0+ kebawah	+3	

d. Putaran Pergelangan Tangan (*Wrist Twist*)



Gambar 2.4. Postur Tubuh Bagian Putaran Pergelangan Tangan (*Wrist Twist*)

(Sumber : <http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.5. Skor Bagian Putaran Pergelangan Tangan (*Wrist Twist*)

Pergerakan	Skor
Posisi tengah dari putaran	+1
Posisis pada atau mendekati putaran	+2

Skor pada postur A ditentukan setelah diketahui masing-masing skor pada bagian tubuh lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan dan putaran

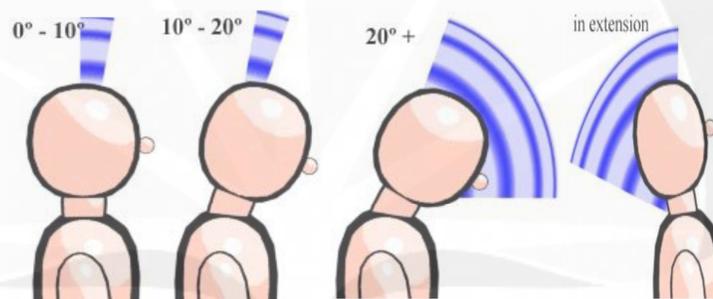
pergelangan tangan. Penentuan skor dapat dilihat dengan menggunakan Tabel 2.6. berikut ini.

Tabel 2.6. Skor Postur A

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Posture Score																	
		1		2		3		4											
		Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist										
1	1	1	2	2	2	3	3	3	2	1	2	2	2	3	3	3			
	2	2	2	2	2	3	3	3		2	2	2	2	3	3	3			
	3	2	3	3	3	3	3	4		4	3	3	3	3	4	4	4		
2	1	2	3	3	3	3	4	4	3	1	2	3	3	3	4	4			
	2	3	3	3	3	4	4	4		2	3	3	3	4	4	4			
	3	3	4	4	4	4	4	5		5	3	3	4	4	4	4	5		
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5	4	1	3	3	4	4	4	5	5	
	2	3	4	4	4	4	4	5	5		2	3	4	4	4	4	5	5	
	3	4	4	4	4	4	4	5	5		3	4	4	4	4	4	5	5	
4	1	4	4	4	4	4	4	5	5	5	1	4	4	4	4	4	5	5	
	2	4	4	4	4	4	4	5	5		2	4	4	4	4	4	5	5	
	3	4	4	4	5	5	5	6	6		3	4	4	4	5	5	5	6	
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7	6	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7		2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8		3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9	7	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9		2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9		3	9	9	9	9	9	9	9	9

Grup B

a. Leher (Neck)



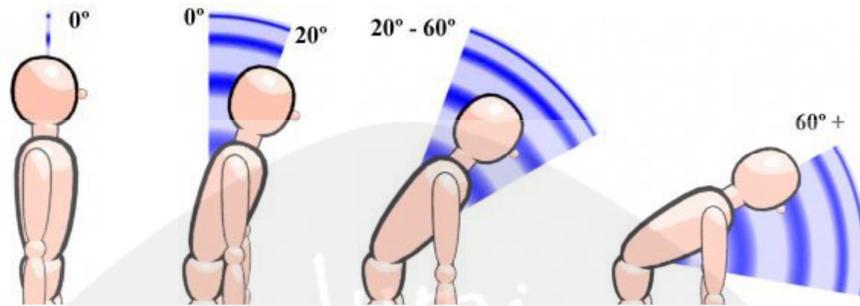
Gambar 2.5. Postur Tubuh Bagian Leher (Neck)

(Sumber : <http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.7. Skor Bagian Leher (Neck)

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Antara 0° - +10°	+1	+1 Jika leher berputar +1 Jika leher bengkok / patah
Antara 10° - +20°	+2	
Lebih dari 20°	+3	
Ekstensi	+4	

b. Batang Tubuh (*Trunk*)



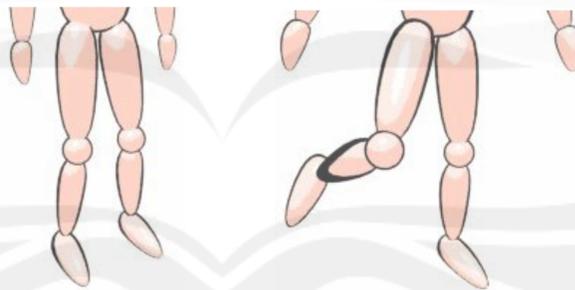
Gambar 2.6. Postur Tubuh Bagian Batang Tubuh (*Trunk*)

(Sumber : <http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.8 Skor Bagian Batang Tubuh (*Trunk*)

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Posisi duduk -20° atau antara 0° - $+10^{\circ}$	+1	+1 Jika batang tubuh berputar +1 Jika batang tubuh bengkok / patah
Antara 0° - $+20^{\circ}$	+2	
Antara $+20^{\circ}$ - $+60^{\circ}$	+3	
Lebih dari $+60^{\circ}$	+4	

c. Kaki (*Legs*)



Gambar 2.7. Postur Tubuh Bagian Kaki (*Legs*)

(Sumber : <http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.9. Skor Bagian Kaki (*Legs*)

Pergerakan	Skor
Posisi kaki normal atau seimbang	+1
Posisi kaki tidak seimbang	+2

Skor pada postur B ditentukan setelah diketahui masing-masing skor pada bagian tubuh leher, batang tubuh dan kaki. Penentuan skor dapat dilihat dengan menggunakan Tabel 2.10. berikut ini.

Tabel 2.10. Skor Postur B

		Table B: Trunk Posture Score											
Neck Posture Score	1		2		3		4		5		6		
	Legs		Legs		Legs		Legs		Legs		Legs		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7	
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8	
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	

2. Pemberian skor

Skor untuk tiap gerakan dalam bekerja diberikan sesuai dengan ketetapan yang ada.

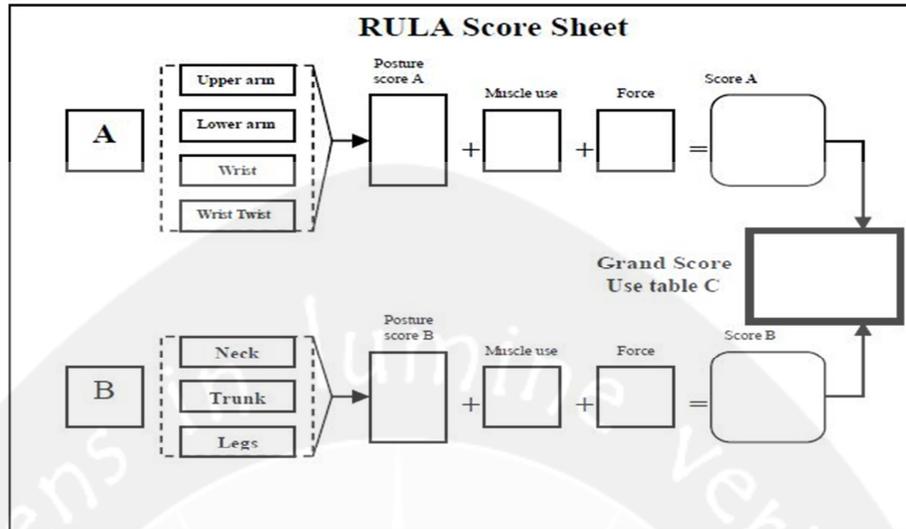
a. Pemberian nilai (skor) untuk Grup A

$$\text{Nilai Grup A} = \text{Posture} + \text{Muscle use} + \text{Force/ Load}$$

- Posture = nilai (skor) tiap posisi dalam ketegori grup A
- Muscle use (penggunaan otot) = +1 jika postur statis (dipertahankan dalam waktu 1 menit) atau aktivitas diulang lebih dari 4 kali/ menit.
- Force/ load (beban), diberi skor:
 - 0 untuk beban < 2kg (pembebanan sesekali)
 - 1 untuk beban 2-10 kg (pembebanan sesekali)
 - 2 untuk beban 2-10 kg (pembebanan statis atau berulang-ulang)
 - 3 untuk beban > 10 kg (berulang-ulang atau sentakan cepat)

b. Pemberian nilai (skor) untuk Grup B

$$\text{Nilai Grup B} = \text{Posture} + \text{Muscle use} + \text{Force/ Load}$$



Gambar 2.8. Sistem Pemberian Skor RULA
(Sumber : <http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Skor akhir dilakukan dengan memplotkan skor A pada kolom menurun dan skor B pada kolom mendatar pada Tabel 2.11. berikut ini.

Tabel 2.11. Skor Akhir

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

3. Penentuan level tindakan

Skala level tindakan yang menyediakan sebuah pedoman pada tingkat resiko yang ada dan dibutuhkan untuk mendorong penilaian yang lebih detail berkaitan dengan analisis yang didapat. Penentuan level tindakan dapat dilihat pada Tabel 2.12. berikut ini.

Tabel 2.12. Level Tindakan

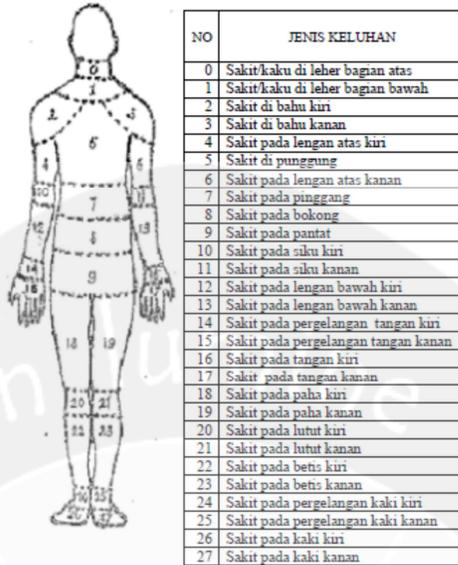
Kategori tindakan	Level resiko	Tindakan
1 – 2	Minimum	Aman
3 – 4	Kecil	Diperlukan pemeriksaan lebih lanjut
5 – 6	Sedang	Pemeriksaan lanjutan dan perlu perubahan segera mungkin
7	Tinggi	Berbahaya dan perbaikan saat itu juga

2.2.5. Kuisisioner *Nordic Body Map* (NBM)

Nordic Body Map (NBM) merupakan metode yang dilakukan dengan menganalisis peta tubuh (NBM). Menurut Tarwaka, dkk (2004) dalam Prianto (2015), *Nordic Body Map* (NBM) adalah salah satu cara untuk mengenali sumber penyebab untuk melakukan evaluasi ergonomi. Kuisisioner *Nordic Body Map* yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan pada para pekerja, dan kuisisioner ini paling sering digunakan karena sudah terstandarisasi dan tersusun rapi. Pengisian kuisisioner ini bertujuan untuk mengetahui bagian tubuh dari pekerja yang terasa sakit sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan. Kuisisioner ini menggunakan 9 bagian utama tubuh yaitu :

1. Leher
2. Bahu
3. Punggung bagian atas
4. Siku
5. Punggung bawah
6. Pergelangan tangan bawah
7. Pergelangan tangan
8. Pinggang
9. Lutut

Nordic Body Map (NBM) dapat dilihat pada Gambar 2.9. yang sering digunakan untuk mengetahui keluhan-keluhan pada bagian-bagian tubuh.



Gambar 2.9. *Nordic Body Map*
(Sumber : Corlett, 1992)

2.2.6. Keluhan *Musculoskeletal*

Keluhan *musculoskeletal* adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligament, dan tendon. Aktivitas dengan pengulangan tinggi dapat menyebabkan kelelahan pada otot, merusak jaringan, hingga kesakitan dan ketidaknyamanan. Ini bisa terjadi walaupun tingkat gaya yang dikeluarkan ringan dan postur kerja memuaskkan (OHSCO, 2007) dalam (Sari, 2014). Keluhan dan kerusakan inilah yang dinamakan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* (MDSS) atau keluhan pada sistem *musculoskeletal*. Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

- a. Keluhan sementara (*reversible*), yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan
- b. Keluhan menetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

2.2.7. Metode Perancangan

Metode perancangan adalah prosedur, teknik, bantuan, atau alat untuk merancang. Metode perancangan menggambarkan jumlah macam-macam aktivitas dengan jelas yang memungkinkan perancang menggunakan dan mengkombinasikan ke dalam proses perancangan secara keseluruhan. Tujuan utama dari metode baru ini adalah usaha untuk membawa prosedur rasional ke dalam proses perancangan.

Proyek perancangan modern banyak yang terlalu kompleks untuk dipecahkan secara memuaskan dengan menggunakan metode konvensional. Terdapat juga banyak kesalahan yang dibuat dengan jalan kerja metode konvensional, dan metode konvensional sangat tidak berguna, ketika kerja tim dibutuhkan. Metode perancangan mencoba untuk mengatasi permasalahan tersebut, dan mencoba untuk memastikan bahwa hasil produk yang lebih baik berasal dari metode perancangan yang baru. Metode perancangan diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu metode kreatif dan metode rasional (Cross, 1994)

a. Metode Kreatif

Ada beberapa perancangan yang diharapkan membantu mendorong pemikiran kreatif. Pada umumnya, metode kreatif bekerja dengan mencoba meningkatkan aliran ide-ide, dengan menghilangkan rintangan-rintangan yang menghambat kreativitas, atau dengan memperluas area dimana pencarian solusi dibuat. Cara-cara yang terdapat dalam metode ini antara lain :

i. *Brainstorming*

Brainstorming merupakan metode-metode untuk membangkitkan sejumlah besar ide-ide, yang sebagian besar kemudian akan dibuang tetapi dengan kemungkinan, sedikit ide-ide yang teridentifikasi, berharga untuk ditindak lanjuti. *Brainstorming* normalnya diadakan oleh kelompok pembahasan kecil yang terdiri dari empat sampai delapan orang.

ii. *Synerics*

Synerics merupakan aktivitas kelompok yang mengesampingkan kritik atau kecaman, dan anggota kelompok mencoba membangun, mengkombinasi dan mengembangkan ide-ide ke arah pemecahan kreatif terhadap kumpulan masalah. *Synerics* berbeda dari *Brainstorming* dalam hal kelompok mencoba untuk bekerja secara kolektif ke arah pemecahan khusus, jarang sekali membangkitkan sejumlah besar ide-ide. Dalam

sidang *Synetics*, kelompok dianjurkan untuk menggunakan tipe analogi khusus.

iii. Perluasan tempat pencarian (*enlarging the search space*)

Suatu bentuk umum rintangan untuk berpikir kreatif adalah mengambil batasan yang sempit dalam mencari penyelesaian. Banyak teknik kreatif yang digunakan untuk membantu memperluas area pencarian, yaitu transformasi, input acak, dan perencanaan banding.

iv. Proses kreatif (*The creative process*)

Dalam proses kreatif, ide yang asli dapat juga terjadi secara spontan, tanpa penggunaan beberapa bantuan atau metode untuk berpikir kreatif, bagaimanapun, penerapan dari ide cemerlang yang datang tiba-tiba tidak terjadi tanpa pertimbangan latar belakang masalah pola umum aliran proses kreatif adalah pengenalan-persiapan-inkubasi-penerangan-pembuktian (*Recognition-Preparation-Incubation-Illumination-Verification*).

b. Metode Rasional

Metode rasional menganjurkan suatu pendekatan sistematis dalam perancangan. Tetapi metode rasional sering memiliki tujuan yang hampir sama dengan metode kreatif, seperti memperluas daerah pencarian untuk mendapat solusi potensial, atau memfasilitasi kelompok kerja dan kelompok pengambil keputusan. Jadi tidak sepenuhnya benar bahwa metode rasional merupakan lawan atau kebalikan dari metode kreatif.

Beberapa perancang melihat bahwa metode rasional dapat menghambat kreativitas. Hal ini merupakan kesalahpahaman dari maksud perancangan sistematis, yang berarti untuk meningkatkan keputusan kualitas rancangan dan kualitas akhir dari suatu produk.

Beberapa tahapan dalam proses perancangan berdasarkan metode rasional adalah :

i. Klarifikasi Tujuan (*Clarifying Objectives*)

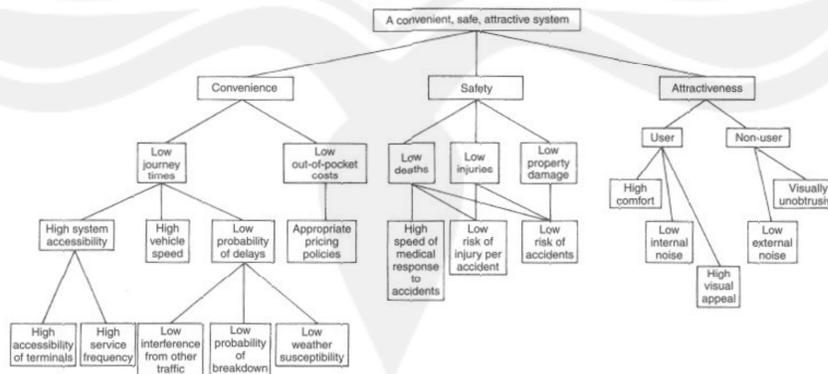
Tahapan pertama dalam perancangan adalah bagaimana mencoba untuk menjelaskan tujuan pada keseluruhan tahap perancangan, bila tujuan perancangan sudah jelas, walaupun tujuan itu dapat berubah selama proses perancangan. Tujuan awal dan sementara dapat berubah, meluas atau menyempit, atau benar-benar berubah asalkan permasalahan

menjadi dimengerti dan sepanjang penyelesaian ide-ide dapat berkembang.

Salah satu metode yang bisa dipakai dalam menjelaskan tujuan adalah metode pohon tujuan (*Objective Tree*). Metode ini menawarkan format yang jelas dan berguna untuk pernyataan tujuan. *Objective Tree* menunjukkan tujuan dan maksud umum untuk pencapaian tujuan yang sedang dalam pertimbangan. Metode ini menunjukkan bentuk diagramatis dimana tujuan-tujuan yang berbeda dihubungkan satu sama lain, serta pola hierarki tujuan dan sub tujuan. Prosedur dalam *Objective Tree* membantu menjelaskan tujuan dan mencapai persetujuan diantara klien, manager, dan anggota tim perancangan.

Langkah-langkah dalam pembuatan *Objective Tree* adalah :

- Menyiapkan daftar tujuan perancangan
Daftar ini harus diambil dari ringkasan perancangan, dari pernyataan klien dan dari diskusi di dalam perancangan.
- Daftar disusun ke dalam kumpulan tujuan tingkat tinggi dan tingkat rendah, perluasan daftar tujuan dan sub tujuan secara kasar dapat dikelompokkan ke dalam tingkatan hierarki
- Menggambarkan diagram *Objective Tree*, hubungan hierarki dan garis hubungannya. Cabang-cabang atau akar dalam pohon menggambarkan hubungan yang mengusulkan bagaimana mencapai tujuan.



Gambar 2.10. Clarifying Objectives

(Sumber : Cross, N. 1994)

ii. Penetapan Fungsi (*Establishing Functions*)

Salah satu yang dipakai dalam metode ini adalah analisis fungsi. Metode ini menawarkan cara-cara untuk mempertimbangkan fungsi-fungsi dasar dan tujuan tingkat masalahnya. Fungsi dasar tersebut adalah fungsi dimana alat-alat, produk dan sistem yang akan dirancang harus meyakinkan, tidak peduli dengan komponen fisik yang digunakan. Tingkat permasalahan ditentukan dengan menentukan batasan sekitar sub kumpulan fungsi yang logis.

Prosedur-prosedur dari metode ini adalah :

- Menjelaskan keseluruhan fungsi perancangan dalam hal perubahan *input* menjadi *output*.

Awal dari metode ini adalah menetapkan apa yang harus dicapai dengan desain yang baru, bukan bagaimana mencapainya. Cara yang paling sederhana untuk memperlihatkan hal ini adalah dengan membayangkan produk yang akan dirancang sebagai “kotak hitam” sederhana mengubah *input* tertentu menjadi *output* yang diinginkan.

- Memecah keseluruhan fungsi menjadi sub-fungsi dasar.

Proses perubahan *input* menjadi *output* dalam “kotak hitam” adalah hal yang sangat rumit. Oleh karena itu fungsi dalam “kotak hitam” dipecah menjadi beberapa sub fungsi yang memiliki input dan output sendiri.

- Menggambarkan diagram blok yang menggambarkan interaksi antara sub fungsi.

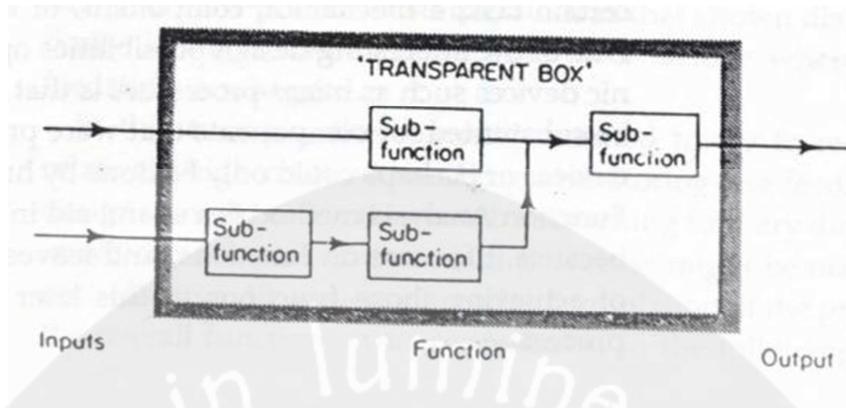
“kotak hitam” dibuat “tembus pandang”. Jadi sub fungsi dan hubungan menjadi jelas.

- Menggambarkan batas sistem.

Batas sistem diartikan sebagai batasan bagi produk yang akan dirancang.

- Mencari komponen yang tepat untuk menampilkan sub fungsi dan interaksinya.

Pada tahap ini dicari komponen yang sesuai untuk tiap sub fungsi.



Gambar 2.11. Model *Transparent Box*
(Sumber : Cross, N. 1994)

iii. Menyusun Kebutuhan (*Setting Requirements*)

Metode yang dipakai pada tahap ini adalah *The Performance Spesification Methods*. Metode ini bertujuan membantu menentukan masalah perancangan.

Langkah-langkah metode ini adalah sebagai berikut :

- Menimbang perbedaan tingkatan umum penyelesaian yang dapat diterima
Misal ada beberapa pilihan alternatif produk, tipe produk dan ciri-ciri produk.
- Menentukan tingkatan umum yang nantinya akan dioperasikan. Keputusan ini biasanya dibuat oleh konsumen. Tingkatan umum yang lebih tinggi memberikan kebebasan yang lebih untuk perancangan.
- Mengidentifikasi atribut yang dibutuhkan.
Atribut harus dinyatakan secara bebas untuk solusi tertentu.
- Menyebutkan persyaratan yang diperlukan atribut dengan tepat dan teliti.
Bila dimungkinkan, spesifikasi harus dalam bentuk kuantitatif dan mengidentifikasi jarak antar batas.

iv. Penentuan Karakteristik (*Determaining Characteristics*)

Pada tahap ini perancang mulai membuat keputusan tentang sifat fisik produk dan karakteristiknya. Kemudian menentukan atribut produk, yang memenuhi kebutuhan dan permintaan konsumen. Pada tahap ini dilakukan penerjemahan keinginan konsumen ke dalam spesifikasi perancangan produk yang sesuai.

Metode yang digunakan adalah QFD (*Quality Function Deployment*) dan diharapkan karakteristik produk yang dihasilkan sesuai dengan keinginan konsumen.

Langkah-langkah dalam pembuatan QFD (*Quality Function Deployment*) adalah sebagai berikut :

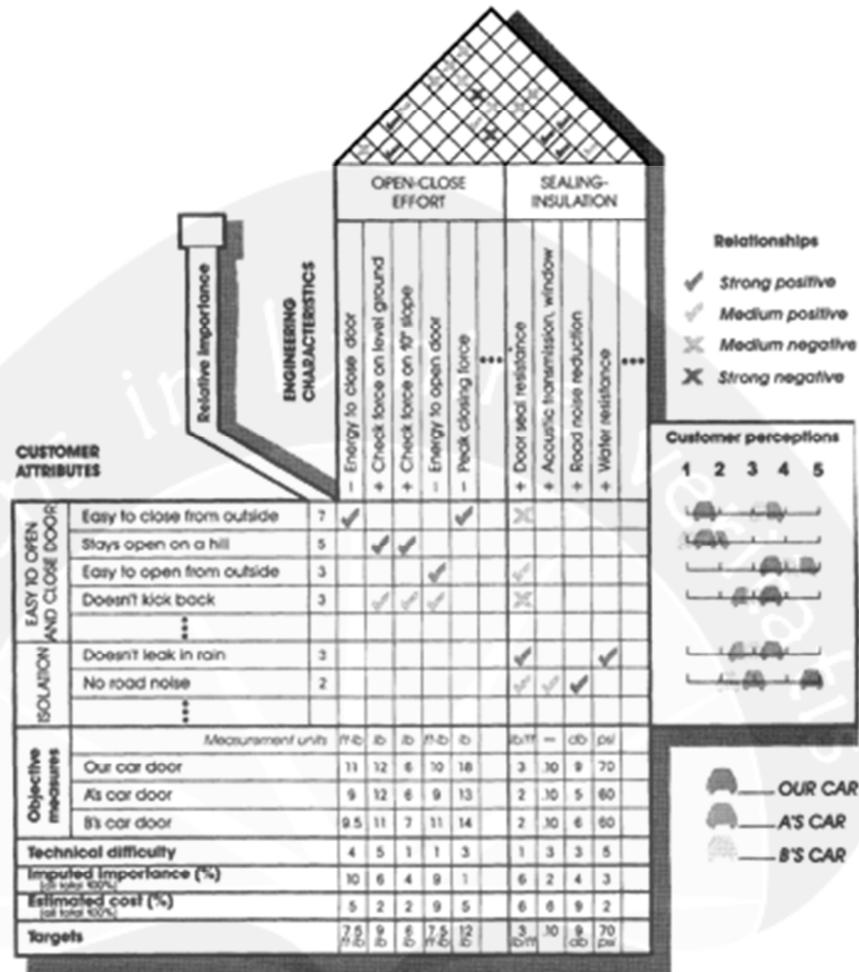
- Mengidentifikasi kebutuhan konsumen dalam hal atribut dalam sebuah produk.
- Menentukan beberapa atribut yang relatif penting.
- Mengevaluasi atribut produk saingan.
- Menggambar matrik atribut produk melawan karakteristik teknik.
- Mengidentifikasi hubungan antara karakteristik teknik dan atribut produk.
- Mengidentifikasi beberapa hubungan yang relevan antar karakteristik teknik.
- Menetapkan gambaran target yang akan dicapai pada karakteristik teknik.



Gambar 2.12. House of Quality
(Sumber : Cross, N. 1994)

Tembok sebelah kiri (Bagian A) berisikan data atau informasi yang diperoleh dari penelitian pasar atas kebutuhan dan keinginan konsumen. Suara konsumen ini merupakan input dalam HOQ. Metode identifikasi kebutuhan konsumen yang biasa digunakan dalam suatu penelitian adalah wawancara, baik secara grup atau perorangan.

Tembok rumah sebelah kanan (Bagian B) adalah matriks perencanaan. Matriks ini merupakan komponen yang digunakan untuk menerjemahkan persyaratan pelanggan menjadi rencana-rencana untuk memenuhi atau melebihi persyaratan yang ditentukan pelanggan. Matriks ini meliputi tiga langkah data seperti menggambarkan persyaratan pelanggan pada suatu matriks dan proses pemanufakturan pada matriks lainnya, memprioritaskan persyaratan pelanggan, dan mengambil perbaikan yang dibutuhkan dalam proses pemanufakturan. Persyaratan pelanggan dipenuhi maka perusahaan mengusahakan spesifikasi kinerja tertentu dan mensyaratkan pemasoknya untuk melakukan hal yang sama. Langkah ini terdapat pada bagian langit-langit rumah (Bagian C). Pada bagian tengah rumah (Bagian D) adalah tempat di mana persyaratan pelanggan dikonversikan ke dalam aspek-aspek pemanufakturan. Pada bagian atap (Bagian E), langkah yang dilakukan adalah mengidentifikasi pertukaran yang berhubungan dengan persyaratan manufaktur. Pertanyaan yang akan dijawab dalam bagian E adalah apa yang terbaik yang dapat dilakukan organisasi dengan mempertimbangkan persyaratan pelanggan dan kemampuan pemanufakturan organisasi. Pada bagian bawah rumah (Bagian F) merupakan daftar prioritas persyaratan proses manufaktur. Gambar 2.13. berikut merupakan contoh matriks *House of Quality*.



Gambar 2.13. House of Quality untuk Pintu Mobil
(Sumber : Cross, N. 1994)

v. Penentuan Alternatif (*Generating Alternatives*)

Pada tahap ini mulai dicari solusi-solusi yang mungkin. Metode yang bisa dipakai adalah *Morphological Chart Method*. Metode ini berguna untuk memperluas daerah pencarian solusi baru yang potensial dalam pengembangan alternatif (Cross, 1994). Tujuan dari pembangkitan alternatif adalah untuk membangkitkan solusi-solusi rancangan alternatif atau memperluas ruang pencarian terhadap solusi-solusi baru yang potensial. Kombinasi yang berbeda dari sub solusi dapat dipilih dari *morphological chart*, dan diharapkan dapat memunculkan solusi baru yang belum pernah teridentifikasi sebelumnya.

Langkah-langkah dalam pembuatan Peta Morphologi (*Morphology Chart*) adalah sebagai berikut :

- Membuat daftar fitur atau fungsi yang penting bagi produk.
- Membuat daftar cara-cara untuk mencapai fitur atau fungsi tersebut.
- Menggambarkan bagan yang memuat semua sub solusi yang memungkinkan.
- Mengidentifikasi kombinasi sub solusi yang memungkinkan.

Contoh peta morfologi untuk perancangan *Forklift Truck* dapat lihat pada Gambar 2.14. berikut

<i>Para-meters</i>	<i>Possible solutions</i>				
Support	Wheels	Air cushion	Tracks	Slides	Spheres
Steering	Turning wheels	Rails	Air thrust		
Stopping	Reverse power	Brakes	Blocks under wheels	Drag a weight on the floor	
Moving	Air thrust	Power to wheels	Hauling along a cable	Linear induction motor	
Power	Electric	Bottled gas	Petrol	Diesel	Steam
Transmission	Hydraulic	Gears and shafts	Belts or chains	Flexible cable	
Lifting	Screw	Hydraulic ram	Rack and pinion	Chain or rope hoist	
Operator	Seated at front	Seated at rear	Standing	Walking	Remote control

Gambar 2.14. Peta Morfologi untuk Perancangan *Forklift Truck*
(Sumber : Cross, N. 1994)

Berdasarkan Gambar 2.14. akan diperoleh banyak kombinasi alternatif sehingga diperlukan eliminasi pada alternatif-alternatif yang dianggap kurang penting. Akhirnya akan diperoleh alternatif yang terbaik untuk diterapkan dalam perancangan fasilitas.

vi. Evaluasi Alternatif (*Evaluating Alternatives*)

Dalam evaluasi alternatif ini nantinya akan terpilih alternatif terbaik dari kombinasi-kombinasi alternatif yang ada. Metode yang dipakai adalah metode *Weighted Objectives* (pembobotan obyektif). Tujuan dari metode ini untuk mengambil suatu keputusan alternatif dalam pengembangan alternatif-alternatif yang sudah ada (Cross, 1994). Penentuan pembobotan didasarkan pada kombinasi-kombinasi dari alternatif yang ada. Kombinasi alternatif yang telah ada ini selanjutnya dipilih alternatif yang terbaik dengan menentukan perbedaan pembobotan obyektif dengan metode *pairwise comparison*.

Langkah-langkah yang dibutuhkan dalam pengerjaan metode *Weighted Objectives* adalah :

- Membuat daftar tujuan perancangan
Pohon obyektif dapat juga sebagai tambahan berguna untuk metode ini.
- Mengurutkan tingkatan tujuan.
Perbandingan dapat membantu menyusun urutan tingkatan.
- Menentukan pembobotan relatif tujuan.
- Menghitung dan membandingkan nilai kegunaan relatif perancangan alternatif.

Tabel 2.13. *Pairwise Comparison Objectives*

(Sumber : Cross, N. 1994)

Objectives	A	B	C	D	E	Row Total
A	-	0	0	0	1	1
B	1	-	1	1	1	4
C	1	0	-	1	1	3
D	1	0	0	-	1	2
E	0	0	0	0	-	0

Metode ini menggunakan skala ordinal dan kriteria yang lebih unggul diberi nilai 1, sedangkan kriteria yang dinilai kurang diberi nilai 0. Skala yang biasanya digunakan adalah skala 5 (0-4), tetapi akan lebih baik jika digunakan skal 9 poin (0-8) atau skala 11 poin (0-10) dengan penilaian dari jelek ke baik. Tabel 2.14. berikut menampilkan performansi skala untuk 11 poin dan 5 poin.

Tabel 2.14. Performansi Skala 11 Poin dan 5 poin
(Sumber : Cross, N. 1994)

11 Point Scale	Meanings	5 Point Scale	Meanings
0	Totally useless solution	1	Inadequate
1	Inadequate solution		
2	Very poor solution	2	Weak
3	Poor solution		
4	Tolerable solution	3	Satisfactory
5	Adequate solution		
6	Satisfactory solution		
7	Good solution	4	Good
8	Very good solution		
9	Excellent	5	Excellent
10	Perfect or ideal		

Pemilihan alternatif terbaik dilakukan berdasarkan jumlah dari *score* dikalikan bobot kriteria dengan poin masing-masing kriteria yang menghasilkan angka terbesar

vii. Penyempurnaan Rancangan (*Improving Details*)

Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan atau mempertahankan nilai dari produk kepada pembelinya sambil mengurangi biaya pada produsennya. Pada tahap ini menggunakan metode *value engineering* yang berfokus pada nilai fungsional dan tujuan untuk meningkatkan selisih antara biaya dan nilai sebuah produk dengan menurunkan biaya atau meningkatkan nilai, atau keduanya.

Langkah-langkah yang dibutuhkan pada tahap ini adalah :

- Mendaftarkan komponen dari sebuah produk secara terpisah, dan mengidentifikasi fungsi masing-masing komponen.
- Menentukan nilai dari fungsi yang teridentifikasi
- Menentukan biaya dari komponen-komponen.
- Mencari cara untuk mengurangi biaya tanpa mengurangi nilai, atau menambah nilai tanpa menambah biaya.
- Mengevaluasi alternatif dan memilih perbaikan.

2.2.8. Faktor Lingkungan Fisik

Menurut Wignjosoebroto (1995) dan Satalaksana dkk (2006) dalam Sari (2014), beberapa faktor lingkungan fisik yang dapat mempengaruhi aktivitas kerja manusia adalah

a. Temperatur

Tubuh manusia dapat menyesuaikan diri dengan temperatur luar jika perubahan temperatur luar tidak melebihi 20% untuk kondisi panas dan 35% untuk kondisi dingin. Dalam keadaan normal tubuh manusia memiliki temperatur yang berbeda, seperti pada bagian mulut sekitar 37°C, bagian dada sekitar 35°C, dan bagian kaki sekitar 28°C. Tubuh manusia bisa menyesuaikan diri karena kemampuannya untuk melakukan proses konveksi, radiasi, dan penguapan jika terjadi kekurangan atau kelebihan panas yang membebani.

Berikut ini adalah pengaruh yang ditimbulkan dari tingkat temperatur yang diberikan kepada manusia.

± 49°C : Manusia dapat bertahan pada temperatur ini selama 1 jam, tetapi jauh di atas kemampuan fisik dan mental.

± 30°C : Aktivitas mental dan daya tanggap mulai menurun dan cenderung untuk melakukan kesalahan dalam pekerjaan dan akan timbul kelelahan fisik.

± 24°C : Kondisi optimum.

± 10°C : Kelakuan fisik yang ekstrem mulai muncul.

Produktivitas manusia akan mencapai tingkat yang paling tinggi pada temperatur sekitar 24°C - 27°C.

b. Kelembaban (*humidity*)

Kelembaban adalah banyaknya kandungan air yang terkandung dalam udara yang dinyatakan dalam %. Kelembaban dipengaruhi oleh temperatur udara. Suatu keadaan dimana udara yang sangat panas dan kelembaban tinggi akan menimbulkan pengurangan panas dari tubuh secara besar-besaran, karena ada penguapan. Pengaruh lainnya adalah semakin cepatnya denyut jantung karena peredaran darah semakin aktif untuk memenuhi kebutuhan oksigen.

c. Siklus Udara (*ventilation*)

Udara disekitar kita mengandung 21% oksigen, 0,03% karbondioksida, dan 0,9% gas lainnya. Oksigen merupakan gas yang paling dibutuhkan makhluk hidup untuk bermetabolisme. Oksigen dapat dikatakan kotor jika kandungan

zat lain selain oksigen meningkat. Hal ini bisa kita rasakan ketika pernapasan kita mulai terasa sesak, jika hal ini dibiarkan, maka akan mempengaruhi kesehatan dan akan mempercepat proses kelelahan. Hal tersebut dapat ditangani dengan memberi ventilasi yang cukup pada tempat kerja dan menambahkan tanaman untuk memenuhi kebutuhan oksigen.

d. Pencahayaan (*lighting*)

Pencahayaan dibutuhkan untuk melihat benda-benda disekitar dengan jelas, jika pencahayaan kurang, kita akan kesulitan dalam melihat benda-benda disekitar kita dengan jelas dan pada akhirnya mata kita juga akan kelelahan karena harus melakukan usaha lebih baik untuk melihat dengan lebih jelas. Lelahnya mata dapat juga mengakibatkan kelelahan mental bagi para pekerja dan akibatnya terburuknya adalah kerusakan mata.

Kemampuan mata untuk dapat melihat objek dengan jelas ditentukan oleh ukuran objek, derajat kontras antara objek dan sekelilingnya, luminensi, dan lamanya melihat. Yang dimaksud dengan kontras adalah perbedaan derajat terang relatif antara objek dengan sekelilingnya, sedangkan luminensi berarti arus cahaya yang dipantulkan oleh objek. Intensitas penerangan yang dibutuhkan di masing-masing tempat kerja ditentukan dari jenis dan sifat pekerjaan yang dilakukan. Semakin tinggi tingkat ketelitian suatu pekerjaan, maka akan semakin besar kebutuhan intensitas penerangan yang diperlukan. Standar penerangan di Indonesia telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Perburuhan (PMP) No.7 Tahun 1964, Tentang syarat-syarat kesehatan, kebersihan dan penerangan di tempat kerja. Skala intensitas pencahayaan di ruang kerja dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15. Intensitas Pencahayaan di Ruang Kerja
(Sumber : Sujudi, 2002)

Jenis Kegiatan	Tingkat Pencahayaan Minimal (LUX)	Keterangan
Pekerjaan kasar dan tidak terus-menerus	100	Ruang penyimpanan & ruang peralatan/instalasi yang memerlukan pekerjaan yang kontinyu
Pekerjaan kasar & terus-menerus	200	Pekerjaan dengan mesin dan perakitan kasar
Pekerjaan rutin	300	R. administrasi, ruang kontrol, pekerjaan mesin & perakitan/penyusun
Pekerjaan agak halus	500	Pembuatan gambar atau bekerja dengan mesin kantor pekerja pemeriksaan atau pekerjaan dengan mesin
Pekerjaan halus	1000	Pemilihan warna, pemrosesan tekstil, pekerjaan mesin halus & perakitan halus
Pekerjaan amat halus	1500 tidak menimbulkan bayangan	Mengukir dengan tangan, pemeriksaan pekerjaan mesin dan perakitan yang sangat halus
Pekerjaan terinci	3000 Tidak menimbulkan bayangan	Pemeriksaan pekerjaan, perakitan sangat halus

Secara umum jenis penerangan atau pencahayaan dibedakan menjadi dua yaitu penerangan buatan (penerangan artifisial) dan penerangan alamiah (dari

sinar matahari). Tingkat penerangan pada tiap-tiap pekerjaan berbeda tergantung sifat dan jenis pekerjaannya.

Menurut Grandjean (1993) penerangan yang tidak didesain dengan baik akan menimbulkan gangguan atau kelelahan penglihatan selama kerja. Pengaruh dari penerangan yang kurang memenuhi syarat akan mengakibatkan :

- Kelelahan mata sehingga berkurangnya daya dan efisiensi kerja.
- Kelelahan mental.
- Keluhan pegal di daerah mata dan sakit kepala di sekitar mata.
- Kerusakan indra mata.
- Kecelakaan kerja dll.

Selanjutnya pengaruh kelelahan pada mata tersebut akan bermuara kepada penurunan performansi kerja, termasuk:

- Kehilangan produktivitas
- Kualitas kerja rendah.
- Banyak terjadi kesalahan.
- Kecelakaan kerja meningkat.

e. Kebisingan

Kebisingan adalah bunyi-bunyian yang tidak dikehendaki oleh telinga kita, karena dalam jangka pendek dapat mengurangi ketenangan kerja, mengganggu konsentrasi, dan menyulitkan komunikasi. 3 aspek yang menentukan kualitas suatu bunyi terhadap tingkat gangguan pada manusia adalah lama, intensitas, dan frekuensinya. Intensitas diukur dengan satuan desibel (dB). Hal ini menunjukkan besarnya arus per satuan luas. Skala intensitas yang biasa terjadi disuatu tempat kerja akibat alat atau keadaan dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.16. Intensitas Kebisingan dan Contoh Keberadaannya
(Sumber : Sutalaksana, 2006)

	Desibel	Batas Dengar Tinggi
Menulikan	101-120	Halilintar Meriam Mesin Uap
Sangat Kuat	81-100	Jalan Hiruk-pikuk Pabrik sangat gaduh Peluit polisi

Tabel 2.16. Lanjutan

	Desibel	Batas Dengar Tinggi
Kuat	61-80	Kantor gaduh Jalan pada umumnya Radio perusahaan
Sedang	41-60	Rumah gaduh Kantor umumnya Percakapan kuat Radio perlahan
Tenang	21-40	Rumah tenang Kantor perorangan Auditorium Percakapan
Sangat Tenang	0-20	Suara daun-daun Berdesis Batas dengar terendah

f. Getaran Mekanis

Getaran mekanis adalah getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis, yang sebagian dari getaran ini sampai ke tubuh kita dan menimbulkan akibat-akibat yang tidak diinginkan oleh tubuh kita. Besarnya getaran ditentukan oleh intensitas (meter/detik) dan frekuensi getarnya (getar/detik). Getaran mekanis sangat mengganggu karena ketidakteraturannya, sedangkan organ-organ tubuh manusia mempunyai frekuensi yang alami. Getaran mekanis yang terjadi pada tubuh manusia dapat mengganggu dalam hal mempengaruhi konsentrasi saat bekerja, mempercepat datangnya kelelahan, menyebabkan beberapa gangguan pada saraf mata, peredaran darah, otot-otot, tulang-tulang, dan lain-lain. Efek jangka panjangnya adalah terkena *white finger*.

g. Bau-bauan

Bau-bauan dapat dianggap sebagai salah satu pencemaran, terlebih jika bau-bauan tersebut dapat mengganggu konsentrasi dalam bekerja. Efek jangka panjang, bau-bauan akan merusak kepekaan dalam penciuman. Penggunaan air conditioning dapat digunakan sebagai salah satu cara menghilangkan bau-bauan yang mengganggu di sekitar lingkungan kerja.

h. Warna

Warna yang dimaksud dalam faktor lingkungan adalah warna tembok ruangan dan objek-objek dominan di dalam ruangan. Selain mempengaruhi kemampuan mata dalam melihat, warna juga dapat mempengaruhi manusia dalam hal psikologis. Pengaturan warna ruangan harus disesuaikan dengan aktivitas kerjanya. Beberapa contoh sifat warna merah memberikan kesan merangsang, kuning memberikan kesan luas atau lega, hijau dan biru memberikan kesan segar, sejuk, dan aman, warna gelap memberikan kesan sempit, dan warna terang memberikan kesan leluasa.

2.2.9. Uji Statistik

Uji statistik diperlukan untuk menguji data yang diperoleh dan dianalisis dengan menggunakan software. Salah satu software yang digunakan adalah minitab. Program minitab merupakan salah satu software yang sangat besar kontribusinya sebagai media pengolahan data statistik. Menurut Triyanto (2009) dalam Prianto (2015), software ini menyediakan berbagai jenis perintah yang memungkinkan proses pemasukan data, manipulasi data, pembuatan grafik dan berbagai analisis statistik. Uji yang dilakukan adalah uji normalitas untuk membuktikan bahwa data yang didapat tidak menyimpang. Metode *Paired T-Test* untuk membandingkan 2 rata-rata sampel sebelum dan sesudah perbaikan.

2.2.10. Produktivitas

Secara umum dapat dikatakan bahwa produktivitas adalah perbandingan dari berbagai keluaran dan masukan. Keluaran adalah hasil yang bermanfaat bagi manusia yang diperoleh melalui kegiatan dalam bentuk barang atau jasa, sedangkan masukan adalah sumber daya. Model pengukuran produktivitas dengan pendekatan rasio output/input. Pendekatan rasio output/input merupakan model pengukuran produktivitas yang paling sederhana yang menghasilkan 3 jenis ukuran yaitu produktivitas parsial, produktivitas faktor total, dan produktivitas total. Produktivitas parsial atau disebut juga faktor tunggal adalah rasio dari output terhadap salah satu jenis input. Perhitungan produktivitas parsial terdapat produktivitas tenaga kerja, material, modal, energi dan input lainnya.

2.2.11. Material Teknik

a. Kayu Jati

Kayu jati merupakan kayu dengan serat dan tekstur paling indah. Kayu jati memiliki karakteristik yang stabil, kuat dan tahan lama sehingga menjadi pilihan utama sebagai material untuk pertukangan. Warna kayu jati yang baik adalah cokelat muda, cokelat kelabu hingga cokelat tua kemerahan. Kayu jati termasuk kayu dengan Kelas Awet I, II dan Kelas Kuat I, II. Kayu jati juga terbukti tahan terhadap jamur, rayap dan serangga lainnya karena kandungan minyak di dalam kayu itu sendiri. Kelas kuat kayu dan kelas awet kayu dapat dilihat pada Tabel 2.17. dan Tabel 2.18.

Tabel 2.17. Kelas Kuat Kayu
(Sumber : PPKI, 1979 dalam Wibowo, 2011)

Kelas Kuat	Berat jenis	Tekan-Tarik // Serat (Kg/cm ²)		Tarik ⊥ Serat (Kg/cm ²)		Kuat Lentur (Kg/cm ²)	
		Absolut	Izin	Absolut	Izin	Absolut	Izin
I	≥ 0.90	> 650	130	-	20	> 1100	150
II	0.6--0.90	425-650	85	-	12	725-1100	100
III	0.40-0.90	300-425	60	-	8	500-725	75
IV	0.30-0.40	215-300	45	-	5	360-725	50
V	≤ 0.30	< 215	-	-	-	< 360	-

Tabel 2.18. Kelas Awet Kayu
(Sumber : PPKI, 1979 dalam Wibowo, 2011)

Kondisi Tempat Kayu Dipakai	Kelas Awet				
	I	II	III	IV	V
Selalu berhubungan dengan tanah lembab	8 tahun	5 tahun	3 tahun	Sangat pendek	Sangat pendek
Hanya dipengaruhi cuaca, tapi dijaga supaya tidak terendam air dan kekurangan udara	20 tahun	15 tahun	10 tahun	Beberapa tahun	Sangat pendek
Di bawah atap, tidak berhubungan dengan tanah lembab dan tidak kekurangan udara	Tak terbatas	Tak terbatas	Sangat lama	Beberapa tahun	Pendek
Di bawah atap, tidak berhubungan dengan tanah lembab dan tidak kekurangan udara dan dipelihara dengan baik serta dicat dengan teratur	Tak terbatas	Tak terbatas	Tak terbatas	20 tahun	20 tahun
Serangan rayap tanah	Tidak	Jarang	Cepat	Sangat cepat	Sangat cepat
Serangan bubuk kayu kering	Tidak	Tidak	Hampir tidak	Tidak berarti	Sangat cepat

b. Kain Vinyl

Sofa merupakan perabotan pengisi ruangan yang banyak disukai. Bentuknya yang *flexible* dan dudukan yang empuk membuat sofa mampu memberikan kenyamanan ketika digunakan, baik untuk duduk maupun berbaring. Selain fungsi, sofa juga dipilih sebagai bagian dari interior karena kesanggupannya

menciptakan nilai estetika pada ruang tempat sofa tersebut diletakkan. Salah satu bahan umum yang digunakan sebagai penutup sofa adalah kain *vinyl*. pemilihan atas bahan mana yang digunakan, bergantung pada selera pemakai dan kesesuaiannya dengan desain sofa. *Vinyl* sering disebut sebagai bahan kulit sintetis. Secara penampilan, bahan *vinyl* memiliki warna dan bentuk yang bagus dan terkesan mewah. Selain digunakan sebagai bahan pelapis sofa, kain *vinyl* juga dalam penerapannya juga digunakan sebagai tas-tas wanita atau pelapis *hardcase* / peti instrumen musik maupun sebagai pelapis kursi kantor atau kursi makan.

