

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Para peneliti pendahulu telah banyak melakukan penelitian yang tujuannya perancangan fasilitas sistem kerja untuk memperbaiki postur tubuh untuk mengurangi kelelahan *musculoskeletal*, diantaranya dilakukan oleh Kurnianingtyas & Dewi (2014) , dan Maulana & Sugiharto (2013). Sari (2014) melakukan penelitian yang sama dengan fokus pada perbaikan postur kerja dengan menambah fasilitas kerja. Sedangkan Nasution & Nazlina (2012) melakukan penelitian dengan tujuan merancang fasilitas kerja untuk mereduksi *Human Error*. Susanto (2014) melakukan penelitian yang berfokus pada perancangan meja kerja untuk alat pres yang ergonomis menggunakan metode rasional.

Kurnianingtyas & Dewi (2014) melakukan penelitian tentang perbaikan fasilitas kerja pada aktivitas memahat pada proses produksi di industri kerajinan batu alam dengan menganalisis postur tubuh metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Perancangan dilakukan dengan membuat fasilitas untuk proses memahat berupa meja dan kursi. Ukuran meja mengikuti ukuran dimensi bahan baku. Meja ini dilengkapi dengan penyangga, pin dan *bearing*. *Bearing* ini berfungsi untuk memutar kerangka meja bagian atas. Sedangkan dalam perancangan kursi, dilakukan perhitungan antropometri pengguna yaitu operator pengrajin batu alam. Hasil dari penelitian ini adalah harus adanya fasilitas yang mendukung proses memahat, sehingga peneliti merancang fasilitas tambahan berupa meja dan kursi untuk memperbaiki postur kerja dan menurunkan cedera *musculoskeletal* pekerja pengrajin batu alam.

Maulana & Sugiharto (2013) melakukan penelitian tentang usulan perbaikan fasilitas kerja pada stasiun pemotongan untuk mengurangi keluhan *musculoskeletal* di CV. XYZ dengan menggunakan pengumpulan data kuesioner SNQ (*Standard Nordic Questionnaire*), dan mengidentifikasi resiko postur kerja dengan QEC (*Quick Exposure Check*) serta pendekatan antropometri dalam perancangan fasilitas kerja. Hasil QEC mengidentifikasi postur tubuh pekerja yang kurang baik. Terbukti dari

beberapa pekerja sering mengalami keluhan dan rasa sakit pada bagian tungkai bawah, leher, punggung, pinggang, dan lengan kanan. Penyebab keluhan tersebut dikarenakan postur kerja para pekerja yang kurang baik yaitu dengan cara jongkok dalam proses aktivitas atau bekerja. Proses aktivitas dengan posisi jongkok membuat pekerjaan tersebut dalam katagori yang tidak aman dan perlu tindakan dalam waktu dekat.

Sari (2014) melakukan penelitian yang hampir sama yaitu perbaikan postur kerja untuk meminimalisasi keluhan *musculoskeletal* sehingga waktu proses pemahatan lebih cepat. Penelitian dilakukan di salah satu industri kecil menengah yang berada di *Ring Road Utara Java Art Stone* Yogyakarta. Perbaikan postur kerja dilakukan dengan menganalisis postur kerja dengan menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Penelitian ini membandingkan sebelum dan sesudah pemberian fasilitas berupa meja dan kursi terhadap waktu proses, dan keluhan *musculoskeletal*. Fasilitas kerja yang diberikan mampu memperbaiki keluhan *musculoskeletal* dengan skor RULA rendah dan mempercepat waktu proses memahat ditinjau dari waktu baku.

Nasution & Nazlina (2012) melakukan penelitian tentang perancangan kerja untuk mereduksi *human error* dengan menggunakan metode pengumpulan data kuesioner SNQ (*Standard Nordic Questionnaire*) dan QEC (*Quick Exposure Check*) untuk mengidentifikasi keluhan *musculoskeletal* para pekerja. Analisis *human error* dengan menggunakan metode HTA (*hierarchical task analysis*), HEART (*human error assessment and reduction technique*) dan FTA (*fault tree analysis*). Permasalahan dari penelitian ini adalah operator sering mengeluh pada bagian leher, bahu, punggung atas, siku, lengan, kaki, paha dan lutut dikarenakan tidak adanya fasilitas yang membantu pekerjaan atau aktivitas. Peneliti merancang produk menggunakan pendekatan antropometri dalam proses pengukuran fasilitas kerja. Fasilitas yang dirancang adalah meja dan kursi kerja.

Susanto (2014) melakukan penelitian dengan berfokus pada metode perancangan rasional dalam membuat meja kerja untuk alat pres yang ergonomis. Peneliti dalam proses pembuatan menggunakan beberapa tahap *Clarifying Objectives, Establishing Function, Setting Requirement, Determining Characteristics, Generating*

Alternatives, Evaluating Alternatives dan Improving Detail. Pembuatan meja dengan mempertimbangkan dimensi antropometri dengan uji keseragaman, uji kecukupan dan pemilihan persintil dalam perancangan. Alat press yang ergonomi ini membantu pekerja dan terlihat pada waktu baku proses press.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan di sebuah Industri Kecil dan Menengah batu alam *Java Art Stone*. Tujuan penelitian tidak lain untuk merancangan/memperbaiki fasilitas yang sudah ada berupa meja pahat dengan memasukan metode perancangan produk. Metode perancangan yang digunakan adalah metode perancangan rasional yang memiliki tahapan yang sistematis sehingga dapat memperbaiki kekurangan fasilitas yang sudah ada / yang sudah dirancang oleh peneliti sebelumnya. Penelitian sekarang tidak mengubah tujuan penelitian sebelumnya yaitu memperbaiki postur kerja untuk menurunkan keluhan *musculoskeletal* pada proses memahat pengrajin batu alam untuk meningkatkan produktivitas di *Java Art Stone*. Keluhan *musculoskeletal* para pekerja *Java Art Stone* diukur dengan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map*. Analisis postur kerja menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) dan REBA sebagai alat ukur untuk menilai resiko postur kerja.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Konsep Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari perilaku manusia dalam keterkaitannya dengan pekerjaan di dalam suatu sistem kerja. Istilah ergonomi itu sendiri berasal dari bahasa Latin yaitu *Ergon* (kerja) dan *Nomos* (hukum alam) sehingga ergonomi didefinisikan sebagai studi aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain /perancangan untuk mendapatkan suasana kerja yang sesuai dengan manusianya (Nurmianto, 2003). Ergonomi adalah ilmu, seni, dan penerapan teknologi untuk menyasakan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004). Manuaba (2000) dalam buku Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas oleh (Tarwaka, HA, &

Sudiajeng, 2004) ergonomi adalah Ilmu atau pendekatan multidisipliner yang bertujuan mengoptimalkan sistem manusia-pekerjaannya, sehingga tercapai alat, cara dan lingkungan kerja yang sehat, aman, nyaman, dan efisien.

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 pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman, sehat, nyaman, dan efisien. (Sutalaksana, 2006)

Penerapan ergonomi bertujuan untuk mencapai kualitas hidup manusia secara optimal, baik di tempat kerja, di lingkungan sosial maupun di lingkungan keluarga. Tujuan ergonomi secara umum menurut (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004) dari penerapan ergonomi adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja
- b. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif
- c. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek, yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis, dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Sudut pandang ergonomi harus memiliki garis keseimbangan antara tuntutan tugas dengan kapasitas kerja sehingga pencapaian performansi kerja tinggi. Tuntutan tugas pekerjaan tidak boleh terlalu rendah (*underload*) dan juga tidak boleh terlalu berlebihan (*overload*) dikarenakan dapat menyebabkan stress (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004).

2.2.2. Antropometri

Istilah antropometri berasal dari kata *anthro* yang berarti “manusia” dan *metri* yang berarti “ukuran”. Antropometri adalah studi tentang dimensi tubuh manusia (Pulat, 1992). Sritomo (2003) dalam Sari (2014), salah satu bidang keilmuan ergonomi yang dinyatakan sebagai suatu studi yang menyangkut pengukuran dimensi tubuh

manusia dan aplikasi rancangan yang menyangkut geometri fisik, massa, dan kekuatan tubuh.

Antropometri adalah suatu bidang kajian ergonomi yang mempelajari karakter ukuran-ukuran fisik tubuh manusia seperti dimensi linier, volume, dan berat tubuh yang mambagi 2 jenis antropometri menurut menurut Sutalaksana (2006) yaitu :

a. Antropometri Statis

Antropometri statis adalah tentang ciri-ciri fisik luar manusia dalam keadaan diam atau dalam posisi yang dibakukan

b. Antropometri Dinamis

Antropometri dinamis adalah tentang ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja tersebut melakukan kegiatannya.

Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan (desain) produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas menurut Wignjosoebroto, Gunani, & Pawennari (2012) antara lain dalam hal :

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

2.2.3. Aplikasi Antropometri dalam Perancangan / Fasilitas Kerja

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

- a. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim.

Disini rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 (dua) sasaran produk, yaitu :

- i. Bisa sesuai untuk ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau kecil bila dibandingkan dengan rata-ratanya.
 - ii. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).
- b. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu.

Disini rancangan bisa dirubah-rubah ukurannya sehingga cukup fleksibel dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh. Contoh yang paling umum dijumpai adalah perancangan kursi mobil yang mana dalam hal ini letaknya bisa digeser maju/mundur dan sudut sandarannya bisa dirubah-rubah sesuai dengan yang diinginkan. Dalam kaitannya untuk mendapatkan rancangan yang fleksibel, semacam ini maka data antropometri yang umum diaplikasikan adalah rentang nilai 5-th s/d 95-th *percentile*.

- c. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata.

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

- i. Pertama kali terlebih dahulu harus ditetapkan anggota tubuh yang mana yang nantinya akan difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.
- ii. Tentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan tersebut, dalam hal ini juga perlu diperhatikan apakah harus menggunakan data *struktural body dimension* ataupun *functional body dimension*.
- iii. Selanjutnya tentukan populasi terbesar yang harus diantisipasi, diakomodasikan 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.
- iv. Tetapkan prinsip ukuran yang harus diikuti semisal apakah rancangan tersebut untuk ukuran individual yang ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel (*adjustable*) ataupun ukuran rata-rata.

- v. Pilih prosentase populasi yang harus diikuti, 90-th, 95-th, 99-th ataukah nilai *percentile* yang lain yang dikehendaki.
- vi. Untuk setiap dimensi tubuh yang telah diidentifikasi selanjutnya pilih/tetapkan nilai ukurannya dari tabel data antropometri yang sesuai. Aplikasi data tersebut dan tambahkan faktor kelonggaran (*allowance*) bila diperlukan seperti halnya tambahan ukuran akibat faktor tebalnya pakaian yang harus dikenakan oleh operator, pemakaian sarung tangan (*glowes*), dan lain-lain.

2.2.4. Sikap dan Posisi Kerja

Sikap kerja adalah sikap tubuh (*posture*) manusia saat berinteraksi dengan alat /peralatan kerja. Sikap kerja yang baik adalah sikap kerja yang memungkinkan melaksanakan pekerjaan dengan efektif dan dengan usaha otot yang sedikit. Secara mendasar sikap tubuh dalam keadaan tidak melakukan gerakan atau pekerjaan adalah sikap berdiri, berbaring, berjongkok dan duduk (Pheasant, 1991) dalam (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004). Posisi dan sikap kerja para pekerja saat melakukan aktivitas ditempat kerja berpengaruh terhadap respon fisiologis pekerja tersebut. Sikap kerja yang tidak alamiah/ fisiologis merupakan penyebab munculnya berbagai gangguan pada sistem musculoskeletal (Manuaba, 2000) dalam (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004)

Wignjosoebroto, Gunani, & Pawennari (2012) dalam jurnal menyatakan bahwa tidak peduli apakah pekerja harus berdiri, duduk atau dalam sikap/posisi kerja yang lain, pertimbangan-pertimbangan ergonomis yang berkaitan dengan sikap/posisi kerja akan sangat penting. Beberapa jenis pekerjaan akan memerlukan sikap dan posisi tertentu yang kadang-kadang cenderung untuk tidak mengenakan. Kondisi kerja seperti ini memaksa pekerja selalu berada pada sikap dan posisi kerja yang "aneh" dan kadang-kadang juga harus berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Hal ini tentu saja akan mengakibatkan pekerja cepat lelah, membuat banyak kesalahan atau menderita cacat tubuh. Untuk menghindari sikap dan posisi kerja yang kurang *favourable* ini pertimbangan-pertimbangan ergonomis antara lain menyarankan hal-hal seperti :

- a. Mengurangi keharusan operator untuk bekerja dengan sikap dan posisi membungkuk dengan frekuensi kegiatan yang sering atau jangka waktu lama. Untuk mengatasi problema ini maka stasiun kerja harus dirancang- terutama dengan memperhatikan fasilitas kerjanya seperti meja kerja, kursi dll yang sesuai dengan data antropometri agar operator dapat menjaga sikap dan posisi kerjanya tetap tegak dan normal.
- b. Operator tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum yang bisa dilakukan. Pengaturan posisi kerja dalam hal ini dilakukan dalam jarak jangkauan normal (konsep/prinsip ekonomi gerakan). Disamping pengaturan ini bisa memberikan sikap dan posisi yang nyaman juga akan mempengaruhi aspek-aspek ekonomi gerakan.
- c. Operator tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja untuk waktu yang lama dengan kepala, leher, dada atau kaki berada dalam sikap atau posisi miring. Demikian pula sedapat mungkin menghindari cara kerja yang memaksa operator harus bekerja dengan posisi telentang atau tengkurap.
- d. Operator tidak seharusnya dipaksa bekerja dalam frekuensi atau periode waktu yang lama dengan tangan atau lengan berada dalam posisi diatas level

Posisi kerja yang didasarkan pada kebiasaan, kultur dan budaya yaitu dengan cara duduk bersila, duduk jongkok, dan duduk dengan salah satu kaki diangkat yang sering dilakukan di Aftika Utara, Timur Tengah, India, Asia Tenggara, Indonesia, Korea, Jepang, dan Amerika merupakan posisi kerja yang tidak biasa dan berdasarkan kebiasaan (Kroemer, Kroemer, & Elbert, 2001). Mereka menyebut posisi kerja dengan sebutan *long sitting*. *Long sitting* adalah posisi kerja dimana bagian tubuh punggung dan paha membentuk sudut 90 derajat. Posisi ini akan mengakibatkan *long hamstring muscle* dikarenakan berat badan tidak ada yang menopang dan posisi ini tidak direkomendasikan dalam duduk yang nyaman secara ergonomi. Posisi ini sangat ditentang akan tetapi menurut merka, posisi tersebut sangatlah nyaman dalam bekerja sehingga menimbulkan kontradikti terhadap posisi tersebut (Bridger, 1995)

Sikap kerja yang baik tentunya telah dianalisis postur kerja dan dikatakan aman. Analisis postur kerja bermacam-macam diantaranya *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *Ovako Working Posture Analysis*

System (OWAS), Loading on the Upper Body (LUBA), Baseline Risk Identification of Ergonomic Factors (BRIEF), Strain Index (SI), ManTra dan masih banyak lagi. Banyak metode yang dapat digunakan dalam mengevaluasi postur kerja akan tetapi yang dipilih adalah RULA dikarenakan para pekerja *Java Art Stone* dalam proses memahat sebagian besar aktivitasnya menggunakan bagian tubuh bagian atas seperti tangan, lengan, kepala, bahu, siku, dan punggung. RULA dianggap sangat mendetail dan cepat dalam proses penilaian postur tubuh.

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah sesuatu metode penilaian postur untuk menentukan risiko gangguan kesehatan yang disebabkan oleh tubuh bagian atas. RULA dikembangkan dalam usaha untuk penilaian empat faktor beban eksternal (jumlah gerakan, kerja otot statis, tenaga/kekuatan, dan postur kerja) (Atamney & Corlett, 1993) untuk :

- a. Memberikan sebuah metode penyaringan suatu populasi kerja dengan cepat, yang berhubungan dengan kerja yang beresiko yang menyebabkan gangguan pada anggota badan bagian atas.
- b. Mengidentifikasi usaha otot yang berhubungan dengan postur kerja, penggunaan tenaga dan kerja yang berulang-ulang yang dapat menimbulkan kelelahan otot.
- c. Memberikan hasil yang dapat digabungkan dengan sebuah metode penilaian ergonomi yaitu epidemiologi, fisik, mental, lingkungan, dan faktor organisasi

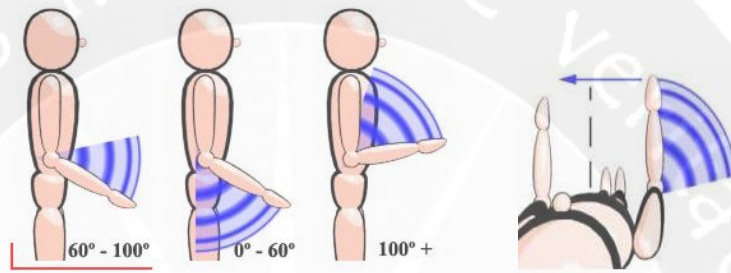
Ada empat hal yang menjadi aplikasi utama dari RULA, yaitu untuk :

- a. Mengukur resiko *musculoskeletal*, biasanya sebagai bagian dari perbaikan yang lebih luas dari ergonomi.
- b. Membandingkan beban *musculoskeletal* antara rancangan stasiun kerja yang sekarang dengan yang telah dimodifikasi.
- c. Mengevaluasi keluaran seperti produktifitas atau kesesuaian penggunaan peralatan.
- d. Melatih operator tentang beban *musculoskeletal* yang diakibatkan dari perbedaan postur kerja.

Tabel 2.1. Skor Bagian Lengan Atas

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*)

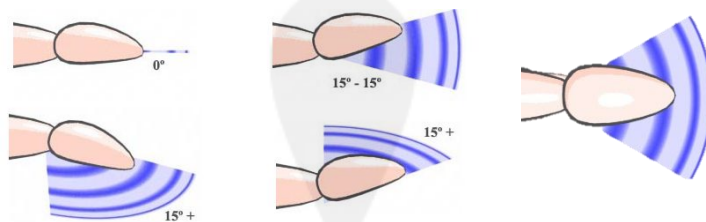


Gambar 2.3. Postur Tubuh Bagian Lengan Bawah (*Lower Arm*)
(Sumber : <http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.2. Skor Bagian Lengan Bawah

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° - $+60^{\circ}$ atau lebih dari $+100^{\circ}$	+2	

c. Pergelangan Tangan (*Wrist*)



Gambar 2.4. Postur Tubuh Bagian Pergelangan Tangan (*Wrist*)
(Sumber : <http://www.rula.co.uk/survey.html>)

Tabel 2.3. Skor Bagian Pergelangan Tangan

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

d. Putaran Pergelangan Tangan (*Wrist Twist*)



Gambar 2.5. Postur Tubuh Putaran Pergelangan Tangan (*Wrist Twist*)

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

Tabel 2.4. Skor Bagian Putaran Pergelangan Tangan

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

Penentuan skor postur A ditentukan setelah diketahui skor pada masing-masing bagian tubuh lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan dan putaran pergelangan tangan. Skor penentuan dilakukan dengan menggunakan Tabel 2.5. berikut ini.

Tabel 2.5. Skor Postur A

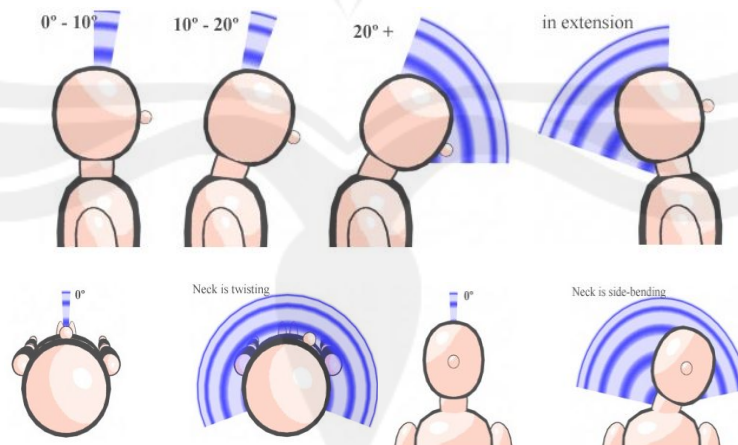
Upper Arm	Lower Arm	Wrist posture score							
		1		2		3		4	
		Wrist Twist							
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4

Lanjutan Tabel 2.5.

Upper Arm	Lower Arm	Wrist posture score							
		1	2	3	4				
		Wrist Twist							
		1	2	1	2	1	2	1	2
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Grup B

a. Leher (Neck)



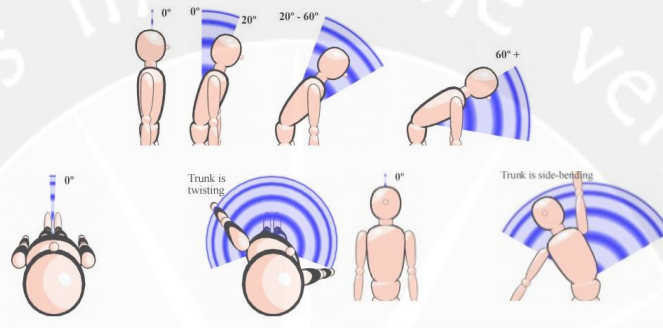
Gambar 2.6. Postur Tubuh Bagian Leher (Neck)

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

Tabel 2.6. Skor Bagian Leher

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

b. Batang Tubuh



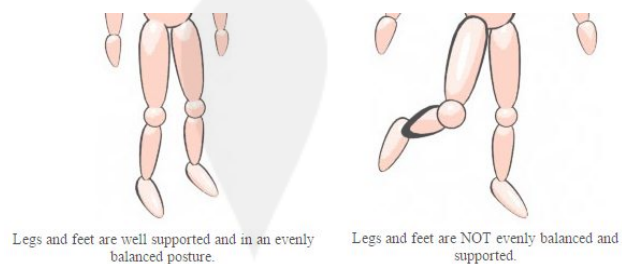
Gambar 2.7. Postur Tubuh Bagian Batang Tubuh (Trunk)

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

Tabel 2.7. Skor Bagian Batang Tubuh

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

c. Kaki (Legs)



Gambar 2.8. Postur Bagian Kaki (Legs)

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

Tabel 2.8. Skor Bagian Kaki

Pergerakan	Skor
Posisi kaki dan menopang dan menyeimbangkan posisi postur	+1
Posisi kaki dan tidak menopang dan tidak menyeimbangkan posisi postur	+2

Penentuan skor postur B ditentukan setelah diketahui skor pada masing-masing bagian tubuh leher, batang tubuh dan kaki. Skor penentuan dilakukan dengan menggunakan Tabel 2.9. berikut ini

Tabel 2.9. Skor Postur B

Neck	Trunk											
	1		2		3		4		5		6	
	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

Sistem pemberian skor kemudian dilanjutkan dengan menambahkan skor otot (*muscle use*) dan tenaga yang digunakan (*force/load*).

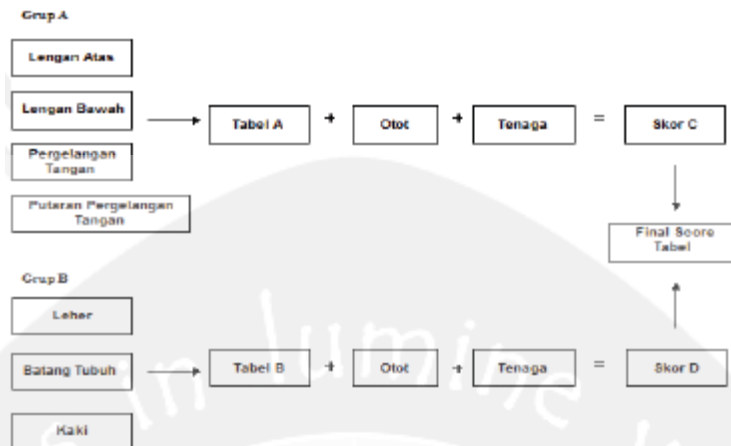
a. Skor untuk otot

Skor +1 jika postur statis (dipertahankan dalam waktu 1 menit) atau aktivitas diulang lebih dari 4 kali/menit.

b. Skor untuk tenaga

Skor 0 bila beban < 2 kg (pembebanan sesekali), Skor 1 bila beban 2-10 kg (pembebanan sesekali)., Skor 2 bila beban 2-10 kg (statis atau berulang berulang) dan Skor 3 bila beban >10 kg (berulang-ulang atau sentakan cepat)

Skor C merupakan hasil dari skor penambahan skor tabel A dengan skor otot dan tenaga yang diplotkan dengan skor penambahan skor tabel B dengan skor otot dan tenaga.



Gambar 2.9. Sistem Pemberian Skor RULA

(Sumber : Atamney & Corlett (1993) *RULA: a Survey Method for The Investigation of Work-Related Upper Limb Disorder, Applied Ergonomics*)

Skor akhir dilakukan dengan memplotkan skor C pada kolom menurun dan Skor D pada kolom mendatar di Tabel 2.10 dibawah ini.

Tabel 2.10 Skor Akhir

		Skor B + muscle use and force						
		1	2	3	4	5	6	7+
Skor A + muscle use and force	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

Skor ini merupakan skor akhir yang dapat disimpulkan kedalam beberapa katagori yaitu

- Skor 1 atau 2 menunjukkan bahwa postur ini bisa diterima jika tidak dipertahankan atau tidak berulang dalam periode yang lama.
- Skor 3 atau 4 yang menunjukkan bahwa diperlukan pemeriksaan lebih lanjut

- c. Skor 5 atau 6 menunjukkan bahwa diperlukan pemeriksaan lanjutan dan perubahan perlu segera mungkin
- d. Skor 7 menunjukkan bahwa kondisi ini berbahaya sehingga harus ada pemeriksaan secepatnya.

REBA merupakan salah satu metode yang digunakan dalam menganalisis pekerjaan berdasarkan postur tubuh pekerja. *Rapid Entire Body Assessment* dikembangkan oleh Dr. Sue Hignett dan Dr. Lynn Mc Atamney merupakan ergonom dari universitas di Nottingham (University of Nottingham's Institute of Occupational Ergonomics).

REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-207

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

 Step 1a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position

 Step 2a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs

 Adjust: 30-60°: +1, 60-80°: +2, 80-90°: +3, 90-100°: +4

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
 Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Step 5: Add Force/Load Score
 If load < 11 lbs: +0
 If load 11 to 22 lbs: +1
 If load > 22 lbs: +2
 Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Step 6: Score A, Find Row in Table C
 Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Scoring:
 1 = negligible risk
 2 or 3 = low risk, change may be needed
 4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
 8 to 10 = high risk, investigate and implement change
 11+ = very high risk, implement change

SCORES

Table A: Neck

	1	2	3
Legs	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Trunk Posture Score	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Neck Score	5 6 7 8	5 6 7 8	5 6 7 8

Table B: Lower Arm

	1	2
Wrist	1 2 3 4	1 2 3 4
Upper Arm Score	5 6 7 8	5 6 7 8
Lower Arm Score	9 10 11 12	9 10 11 12

Table C: Coupling Score

Score A (row)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
9	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
12	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Table D: Activity Score

Activity	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
9	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
12	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

 Step 7a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 8: Locate Lower Arm Position:

 Step 8a: Adjust...
 If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 9: Locate Wrist Position:

 Step 9a: Adjust...
 If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Step 11: Add Coupling Score
 Well fitting Handle and mid ring power grip: good: +0
 Acceptable but not ideal hand hold or coupling: fair: +1
 Hand hold not acceptable but possible: poor: +2
 No handles, awkward, unsafe with any body part: unacceptable: +3

Step 12: Score B, Find Column in Table C
 Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Step 13: Activity Score
 +1 if more body parts are held for longer than 1 minute (static)
 +1 Repeated small range actions (more than 4/s per minute)
 +1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Final REBA Score

Task name: _____ Reviewer: _____ Date: ____/____/____

This tool is provided without warranty. The author has provided this tool as a simple means for applying the concepts provided in REBA. © 2001 Human Learning, Inc. provided by Practical Ergonomics rbarker@ergosmart.com (816) 444-1967

Gambar 2.10. Worksheet REBA

(Sumber : Hignett & McAtamney (2000), *Rapid Entire Body Assessment, Applied Ergonomics*, 201-205)

Rapid Entire Body Assessment adalah sebuah metode yang dikembangkan dalam bidang ergonomi dan dapat digunakan secara cepat untuk menilai posisi kerja atau postur leher, punggung, lengan pergelangan tangan dan kaki seorang operator. Selain itu metode ini juga dipengaruhi faktor *coupling*, beban eksternal yang

melakukan *scoring* general pada daftar aktivitas yang mengindikasikan perlu adanya pengurangan resiko yang diakibatkan postur kerja operator (Hignett & McAtamney, 2000). REBA terbagi 2 segmen tubuh yaitu grup A dan grup B

Grup A

a. Leher (Neck)



Gambar 2.11. Postur Bagian Leher
(Sumber : *REBA Employee Assessment Worksheet*)

Tabel 2.11. Skor Bagian Leher (Neck)

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Antara 0°-20°	+1	+1 jika leher berputar/bengkok
Lebih dari 20°	+2	
In exstension	+2	

b. Batang Tubuh (Trunk)

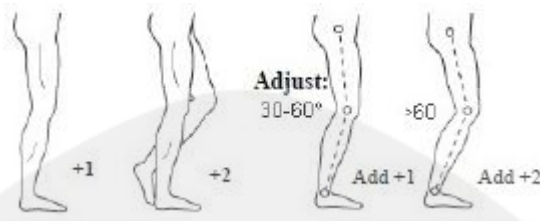


Gambar 2.12. Postur Bagian Tubuh
(Sumber : *REBA Employee Assessment Worksheet*)

Tabel 2.12. Skor Bagian Batang Tubuh (Thrunk)

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Posisi 0°	+1	+1 jika batang tubuh berputar/bengkok
In extension	+2	
Antara 0°-20°	+2	
Antara 20°-60°	+3	
Lebih dari 60°	+4	

c. Legs (kaki)



Gambar 2.13. Postur Bagian Kaki
(Sumber : *REBA Employee Assessment Worksheet*)

Tabel 2.13. Skor Bagian Kaki (Legs)

Pergerakan	Skor
Kaki Tertopang, bobot tersebar merata, jalan atau duduk	+1
Kaki tidak tertopang, bobot tersebar merata postur tidak stabil	+2

Skor dari bagian dari grup A diketahui, kemudia dimasukkan dalam Tabel A dengan menggunakan Tabel 2.14.

Tabel 2.14. Skor Tabel A

Tabel A	Neck												
		1				2				3			
	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	8
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Nilai grup A didapatkan dari penambahan skor A dengan nilai pembebanan. Skor pembebanan dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15. Penilaian Beban

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Kurang dari 5 kg	0	+1 jika dalam keadaan kaget
Antara 5-10 kg	+1	
Lebih dari 10 kg	+2	

Grup B

a. Lengan Atas (*Upper Arm*)



Gambar 2.14. Postur Bagian Kaki
(Sumber : *REBA Employee Assessment Worksheet*)

Tabel 2.16. Skor Bagian Lengan Atas

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Antara -20^0 - $+20^0$	+1	+1 jika bahu naik +1 jika lengan berputar/bengkok
In extension Lebih dari $+200$	+2	
Antara 20^0 - 45^0	+2	
Antara 45^0 - 90^0	+3	
Lebih dari 90^0	+4	

b. Lengan Bawah

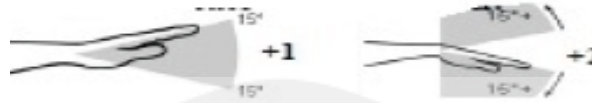


Gambar 2.15. Postur Lengan Bawah
(Sumber : *REBA Employee Assessment Worksheet*)

Tabel 2.17. Skor Bagian Lengan Bawah

Pergerakan	Skor
Antara 60^0 - 100^0	+1
Antara 0^0 - 60^0 atau dari 100^0	+2

c. Pergelangan Tangan



Gambar 2.16. Postur Pergelangan Tangan
(Sumber : *REBA Employee Assessment Worksheet*)

Tabel 2.18. Skor Bagian Pergelangan Tangan

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
Posisi- 15^0 - $+15^0$	+1	+1 jika pergelangan tangan menjauhi sisi tengah
Kurang dari -15^0 atau lebih dari 15^0	+2	

Skor masing-masing nantinya akan diplotkan kedalam Tabel B. Penentuan skor dapat dilihat pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19. Skor Tabel B

Tabel B	Lower Arm						
	Wrist	1			2		
		1	2	3	1	2	3
Upper Arm	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Nilai Grup B didapatkan dari penambahan skor B dengan nilai genggam. Penilaian genggam dapat dilihat pada Tabel 2.20.

Tabel 2.20. Penilaian Genggam

Pergerakan	Skor
Kondisi baik, pegangan mudah di genggam	0
Cukup baik, pegangan cukup baik tapi tidak ideal	+1
Kurang baik, pegangan tidak baik meskipun dapat digunakan	+2
Tidak aman atau tidak ada pegangan	+3

Skor Akhir didapatkan dari kombinasi nilai akhir skor grup A yang diplotkan dengan nilai akhir skor grup B pada Tabel C. Tabel C dapat dilihat pada Tabel 2.21

Tabel 2.21. Skor Tabel C

Score A (Table A+load)	Table C											
	Tabel B (tabl B value + couplings core)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Skor Reba didapatkan dari Skor Tabel C ditambah dengan skor nilai aktivitas. Skor penilaian aktivitas dapat dilihat pada Tabel 2.22.

Tabel 2.22. Penilaian Aktivitas

Pergerakan	Skor
Jika satu atau lebih bagian tubuh pada posisi statis, misalkan postur tetap selama lebih dari 1 menit	+1
Jika terjadi aktivitas yang berulang pada area yang relatif kecil, misalkan berulang lebih dari 4 kali/menit (tidak termasuk jalan)	+1
Jika aktivitas menyebabkan perubahan besar atau pada pijakan yang tidak stabil	+1

Skor hasil kombinasi postur kerja dan penambahan aktivitas dapat diklasifikasikan level resiko. Tabel 2.23 merupakan tabel katagori level katagori dan tindakan.

Tabel 2.23. Katagori Level Resiko dan Tindakan

Skor REBA	Level Tindakan	Kategori	Tindakan
1	0	Minimum	Aman
2-3	1	Kecil	Mungkin perlu dilakukan tindakan
4-7	2	Sedang	Diperlukan beberapa waktu ke depan

Lanjutan Tabel 2.23.

Skor REBA	Level Tindakan	Kategori	Tindakan
8-10	3	Tinggi	Tindakan dalam waktu dekat
11-12	4	Sangat tinggi	Tindakan sekarang juga

2.2.5. Keluhan Musculoskeletal

Keluhan pada sistem musculoskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot rangka atau skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen atau tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya diistilahkan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem *musculoskeletal* (Grandjean, 1993) dalam (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004).

Secara garis besar keluhan *musculoskeletal* dapat dikelompokkan menjadi dua menurut Tarwaka, HA, & Sudiajeng (2004), yaitu :

- Keluhan sementara (*reversible*), yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pemberian beban dihentikan
- Keluhan tetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap walaupun pembebanan dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut

Pengukuran dan mengenali sumber penyebab untuk melakukan evaluasi ergonomi terdapat banyak cara, antara lain *check list*, model biomekanik, tabel psikofisik, model fisik, pengukuran dengan *videotape*, pengamatan melalui monitor, metode analitik dan *Nordic Body Map*.

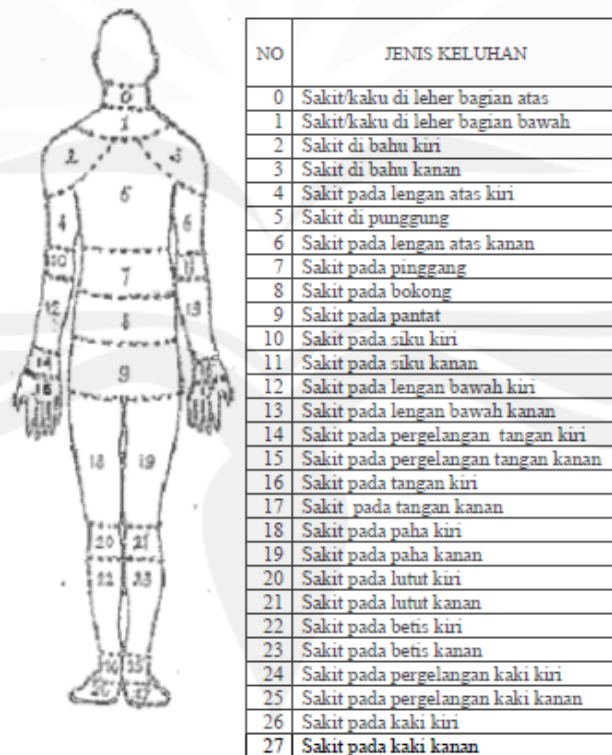
2.2.6. Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM)

Nordic Body Map (NBM) adalah salah satu cara untuk mengenali sumber penyebab untuk melakukan evaluasi ergonomi. Kuesioner *Nordic Body Map* yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan pada para pekerja, dan kuesioner ini paling sering digunakan karena sudah terstandarisasi dan tersusun rapi (Tarwaka,

HA, & Sudiajeng, 2004). Pengisian kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui bagian tubuh dari pekerja yang terasa sakit sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan. Kuesioner ini menggunakan gamabr 9 bagian utama tubuh yaitu :

- a. Leher
- b. Bahu
- c. Punggung bagian atas
- d. Siku
- e. Punggung bawah
- f. Pergelangan tangan bawah
- g. Pergelangan tangan
- h. Pinggang
- i. Lutu
- j. Rumit

Nordic Body Map (NBM) dapat dilihat pada Gambar 2.17 yang sering digunakan untuk mengetahui keluhan pada bagian-bagian tubuh.



Gambar 2.17. Nordic Body Map

(Sumber : Corlett,1992. *Static Muscle Loading and the Evaluation of posture*)

Metode *Nordic Body Map* merupakan metode penilaian yang sangat subjektif artinya keberhasilan aplikasi metode ini sangat tergantung dari kondisi dan situasi yang dialami pekerja pada saat dilakukannya penelitian dan juga tergantung dari keahlian dan pengalaman observer yang bersangkutan. Kuesioner *Nordic Body Map* ini telah secara luas digunakan oleh para ahli ergonomi untuk menilai tingkat keparahan gangguan pada sistem *musculoskeletal* dan mempunyai validitas dan reliabilitas yang cukup (Tarwaka, HA, & Sudiajeng, 2004)

2.2.7. Metode Perancangan

Metode perancangan adalah prosedur, teknik-teknik, bantuan, atau alat yang biasanya digunakan dalam merancang. Metode perancangan menggambarkan beberapa aktivitas yang memungkinkan perancangan menggunakan dan mengkombinasikan proses perancangan keseluruhan. Metode perancangan dibagi menjadi 2 kelompok besar yaitu metode kreatif dan metode rasional (Cross, 1994)

a. Metode kreatif

Ada beberapa metode perancangan dalam membantu mendorong pemikiran kreatif. Pada umumnya mereka bekerja dengan usaha untuk meningkatkan aliran ide dengan menghilangkan batas mental yang menghambat kreativitas atau dengan memperluas area penelitian. Beberapa cara yang digunakan dalam metode ini antara lain :

i. Brainstorming

Brainstorming merupakan metode yang digunakan dalam membangkitkan ide-ide yang nantinya akan dibuang, tetapi beberapa ide yang teridentifikasi akan dipergunakan. Metode ini dilakukan dalam suatu group kecil yang terbagi menjadi 4 sampai 8 orang. *Group* ini nantinya akan menyeleksi ide-ide, yang kemudian pemimpin *group* mengevaluasi ide-ide tersebut. Peraturan yang utama dari *brainstorming* adalah tidak ada kritikan selama pertemuan, besarnya jumlah ide yang diinginkan, ide-ide yang tidak masuk akal dan gila diterima, menjaga semua ide-ide singkat dan tajam dan mencoba mengkombinasikan dan memperbaiki ide yang lainnya.

ii. Synetic

Pemikiran yang kreatif seringkali digambarkan pada pemikiran analogis pada kemampuan untuk melihat antara persamaan dan ketidaksamaan antar topik. Penggunaan pemikiran analogis yang terbentuk dari metode

perancangan kreatif disebut *synectics*. Sama seperti *brainstroming*, *synetic* adalah kelompok aktivitas yang mengkritik anggota kelompok yang berusaha membangun, mengkombinasikan dan mengembangkan ide-ide penyelesaian kreatif dalam menyelesaikan masalah. Perbedaan dengan *brainsroming*, dimana kelompok tersebut mencoba untuk bekerja sama untuk menyelesaikan masalah dengan memberikan solusi. *Synectic* memiliki beberapa tipe analogi yaitu *direct analogies*, *personal analogics*, *symbolic analogies*, dan *fantasyanalogies*

iii. Perluasan Daerah Penelitian

Penghalang dalam berpikir kreatif adalah berasumsi batasan yang lebih sempit dimana solusi dilihat. Pembatasan terhadap ide-ide kreatif akan membuat perancang dalam merancang sukar dalam mencari solusi yang tepat terhadap pekerjaan. Pemikiran kreatif harus diperluas dengan ide-ide perancang sehingga dapat memperoleh hasil yang optimal. Beberapa teknik yang digunakan dalam memperluas area penelitian adalah *Transformation*, *Random Input*, *Why? Why? Why?* dan *Counter planning*

i. Proses Kreatif

Metode-metode di atas dipergunakan dalam merancang dalam berpikir kreatif, Terkadang, Keaslian ide muncul karena spontanitas atau ketidaksengajaan tanpa harus berpikir kreatif. Proses kreatif ini dapat diartikan munculnya keaslian ide secara spontan. Terdapat susunan umum yang berurutan yaitu *Recognition* merupakan realisasi pertama atau pengakuan masalah yang ada. *Preparation* adalah aplikasi dari usaha hati-hati untuk mengerti suatu masalah. Setelah *preparation* adalah *Incubation*. *Illumination* adalah persepsi atau formulasi dari sebuah kunci dari ide dan yang terakhir adalah *Verification* yang didefinisikan sebagai pekerjaan berat dari peningkatan dan percobaan sebuah ide.

b. Metode Rasional

Metode rasional merupakan suatu metode yang sistematis dalam perancangan. Tujuan metode rasional hampir sama dengan metode kreatif, yaitu memperluas daerah pencarian untuk mendapat solusi potensial atau memfasilitasi kelompok kerja dan kelompok pengambil keputusan. Metode rasional dengan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak benar metode rasional merupakan

lawan dari metode kreatif. Beberapa perancang mencurigai bahwa metode rasional dapat mengekang kreativitas. Hal ini merupakan kesalahpahaman dari maksud perancangan sistematis, yang berarti untuk meningkatkan keputusan kualitas rancangan dan kualitas akhir dari produk. Metode rasional menggabungkan aspek prosedural dari suatu perancangan dengan aspek struktural dari masalah perancangan. Proses perancangan dan metode-metode rasional yang relevan dan paling luas penggunaannya dapat diuraikan sebagai berikut :

i. Klarifikasi Tujuan

Tahap pertama yang terpenting dalam perancangan adalah bagaimana mencoba untuk menjelaskan tujuan perancangan. Tahap ini sangat membantu pada keseluruhan langkah perancangan untuk mendapatkan ide yang jelas terdapat sasaran, walaupun sasaran itu dapat berubah selama perancangan. Sasaran awal dan sementara dapat berubah, meluas dan lebih singkat atau benar-benar berubah sepanjang permasalahan menjadi lebih dimengerti dan sepanjang penyelesaian ide-ide dapat berkembang. Metode yang dapat digunakan dalam menjelaskan tujuan tersebut adalah menggunakan metode *Objectives Tree*. Metode ini menawarkan format yang jelas dan berguna untuk menyatakan tujuan. Selain itu juga metode ini menunjukan sasaran dan maksud umum untuk pencapaian tujuan 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 suatu *Objectives Tree* membantu menjelaskan sasaran-sasaran dan meraih persetujuan diantara klien, manager dan anggota tim perancangan.

Langkah-langkah dalam pembuatan *Objectives Tree* adalah sebagai berikut

- Menyiapkan daftar tujuan perancangan.

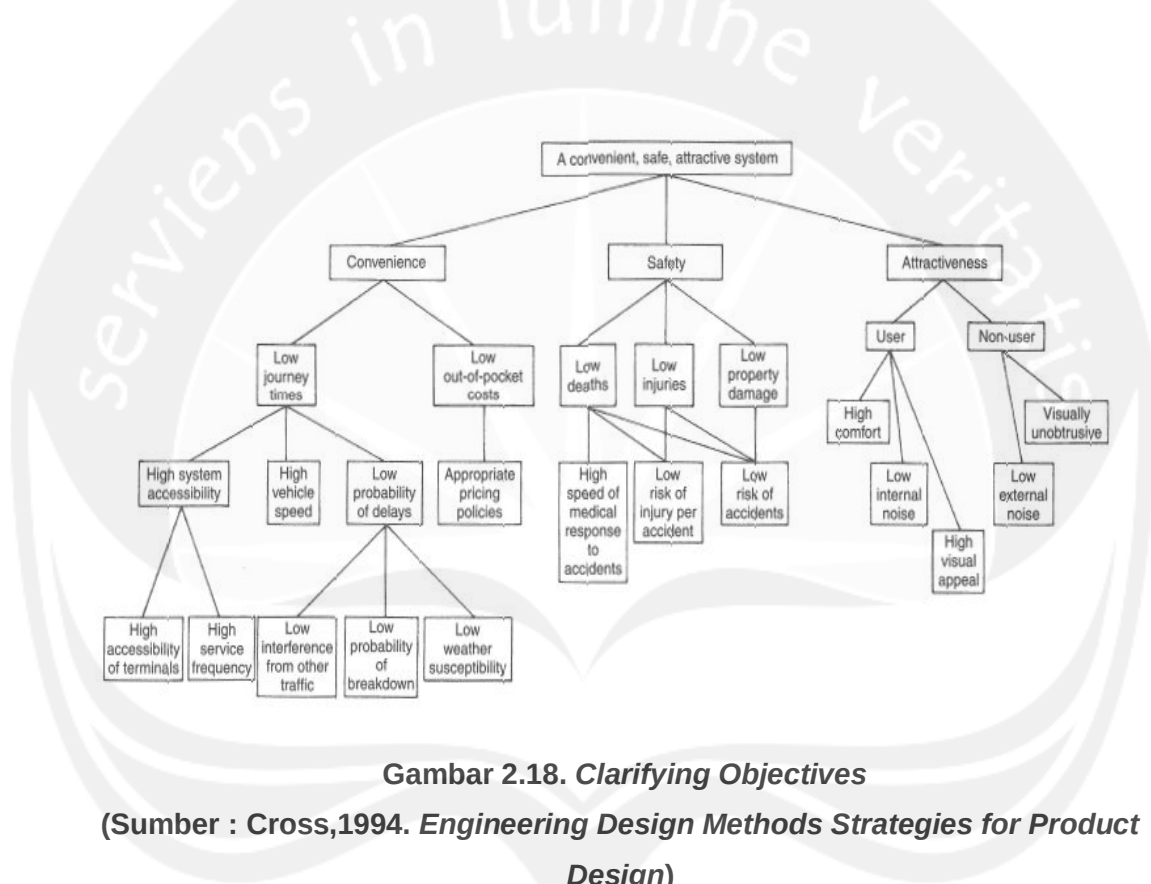
Daftar ini harus diambil dari ringkasan perancangan dari pernyataan kepada klien dan dari diskusi di dalam perancangan. Sehingga tujuan perancangan dapat juga disebut kebutuhan konsumen dan fungsi produk itu sendiri.

- Menyusun daftar dalam kumpulan tujuan level tinggi dan level rendah.

Dengan perluasan daftar tujuan dan sub tujuan akan terlihat jelas adanya tingkat kepentingan yang lebih tinggi antara satu dengan yang lain, dan semua ini dikumpulkan ke dalam tingkatan hierarki.

- Menggambarkan diagram *Objectives Tree* yang menunjukkan hierarki dan garis hubungan.

Cabang-cabang pada pohon tujuan menunjukan hubungan yang mengusulkan bagaimana mencapai tujuan.



Gambar 2.18. Clarifying Objectives

(Sumber : Cross,1994. *Engineering Design Methods Strategies for Product Design*)

ii. Penetapan Fungsional

Analisis fungsi merupakan suatu analisis yang membantu untuk menentukan dan membatasi tingkatan permasalahan dimana penyelesaian dapat dipecahkan serta dihasilkan rancangan yang sesuai dengan fungsi essensialnya. Metode ini menawarkan cara-cara untuk mempertimbangkan fungsi-fungsi dasar dan tingkat masalahnya. Fungsi dasar tersebut adalah fungsi di mana alat-alat, produk, dan sistem yang akan dirancang harus

meyakinkan dan tidak peduli dengan komponen fisik yang digunakan. Langkah-langkah dalam penetapan fungsi adalah sebagai berikut

- Menentukan fungsi perancangan secara keseluruhan dalam perubahan *input* menjadi *output*.

Cara yang paling sederhana untuk mengekspresikan hal tersebut adalah dengan *Black Box* sederhana yang mengubah *input* tertentu menjadi *output* yang diinginkan.

- Membagi fungsi kebeberapa sub-sub fungsi.

Sub fungsi-fungsi terdapat di *black box* dengan tujuan menjabarkan dengan cara memecahnya dimana setiap sub fungsi memiliki input dan output sendiri

- Menggambarkan diagram blok yang menggambarkan interaksi antara sub fungsi.

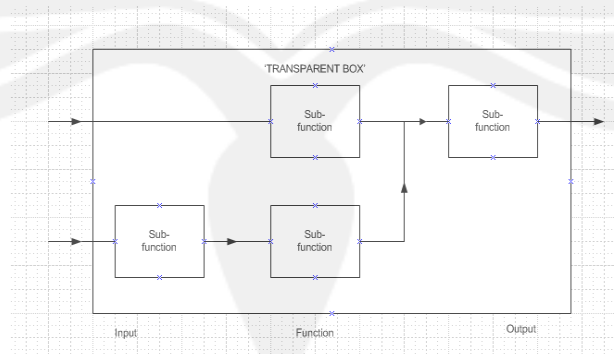
Black Box dibuat 'tembus pandang', jadi sub fungsi dan hubungan menjadi jelas.

- Menggambarkan batasan sistem.

Batasan sistem didefinisikan sebagai batasan bagi produk yang akan dirancang.

- Mencari komponen yang sesuai untuk setiap sub fungsi dan hubungan antara mereka.

Banyak komponen alternative yang sesuai untuk fungsi



Gambar 2.19. Model Transparent Box

(Sumber :_ Cross,1994. *Engineering Design Methods Strategies for Product Design*)

iii. Setting Requirement

Tahap ini untuk menetapkan spesifikasi kinerja yang akurat dari suatu alternative solusi rancangan produk sesuai dengan kebutuhan dan keinginan konsumen berdasarkan data yang diperoleh dari bagian pemasaran. Metode yang digunakan adalah *Performance Specification*, yang bertujuan untuk membuat spesifikasi yang akurat dari kebutuhan pelaksanaan suatu solusi perancangan.

iv. Penentuan karakteristik (*Determining Characteristics*)

Metode yang dapat digunakan dalam tahap ini adalah *Quality Function Deployment* (QFD). Tujuannya adalah untuk menetapkan target teknis yang akan dicapai oleh karakteristik teknis produk yang dapat memenuhi keinginan konsumen. Sembilan tahap penyusunan QFD dapat digambarkan dengan matrik yang berbentuk sebuah rumah yang disebut rumah kualitas atau *House of Quality* (HOQ). Berikut ini pada Gambar 2.20. adalah struktur matrik HOQ. Secara garis besar matriks ini adalah upaya untuk mengkonversi *voice of costumer* secara langsung terhadap persyaratan teknis atau spesifikasi teknis dari produk atau jasa yang dihasilkan. Perusahaan akan berusaha mencapai persyaratan teknis yang sesuai dengan target yang telah ditetapkan, dengan sebelumnya melakukan *benchmarking* terhadap produk pesaing. *Benchmarking* dilakukan untuk mengetahui posisi-posisi relatif produk yang ada di pasaran yang merupakan *competitor*.



Gambar 2.20. House of Quality

(Sumber : _ Cross,1994. *Engineering Design Methods Strategies for Product Design*)

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 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 2.21. Contoh *House of Quality* untuk Pintu Mobil

(Sumber : _ Cross,1994. *Engineering Design Methods Strategies for Product Design*)

v. Penentuan alternatif (*Generating Alternatives*)

Metode yang digunakan adalah *Morphological Chart*, yang bertujuan untuk membangkitkan *range* lengkap dari solusi-solusi perancangan alternatif dan memperluas pencarian terhadap solusi baru yang potensial. Langkah-langkah pembentukan *Morphological Chart* adalah sebagai berikut :

- Membuat daftar fitur atau fungsi produk yang mendasar.

Daftar tersebut mampu secara luas mencakup fungsi-fungsi umum pada tingkat yang tepat.

- Untuk setiap fitur atau fungsi, urutkan berdasarkan kemungkinan pencapaiannya.
- Menggambarkan peta yang mencakup seluruh sub solusi yang memungkinkan.
- Mengidentifikasi kombinasi sub solusi yang layak. Total nomor kombinasi yang ada dapat sangat besar, maka pencarian strategis harus diarahkan pada batasan-batasan kriteria.

Berikut ini pada Gambar 2.22. merupakan contoh peta morfologi untuk perancangan *Forklift Truck*.

Parameters	Possible solutions				
	Wheels	Air cushion	Tracks	Slides	Spheres
Support					
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 2.22. Peta Morfologi untuk Perancangan *Forklift Truck*
 (Sumber : Cross,1994. *Engineering Design Methods Strategies for Product Design*)

Berdasarkan alternatif pada Gambar 2.22. diperoleh banyak kombinasi alternatif, sehingga perlu dilakukan eliminasi pada alternatif-alternatif yang dianggap kurang penting. Pada akhirnya akan diperoleh alternatif yang terbaik untuk diterapkan dalam perancangan.

vi. Evaluasi Alternatif (*Evaluating Alternatives*)

Metode yang digunakan adalah *Weighted Objectives*, yang bertujuan untuk membandingkan nilai guna alternatif usulan perancangan dasar performansi dengan keseragaman pembobotan objektif. 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*.

Tabel 2.24. Pairwise Comparison Objectives

(Sumber : Cross,1994. *Engineering Design Methods Strategies for Product Design*)

Objectives	A	B	C	D	E	RowTotal
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 skala 9 poin (0-8) atau skala 11 poin (0-10) dengan penilaian dari jelek ke baik. Tabel 2.25. berikut menampilkan performansi skala untuk 11 poin dan 5 poin.

Tabel 2.25. Performansi Skala 11 Poin dan 5 Poin

(Sumber : Cross,1994. *Engineering Design Methods Strategies for Product Design*)

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		

Lanjutan Tabel 2.25

<i>11 Point Scale</i>	<i>Meanings</i>	<i>5 Point Scale</i>	<i>Meanings</i>
4	<i>Tolerable solution</i>	3	<i>Satisfactory</i>
5	<i>Adequate solution</i>		
6	<i>Satisfactory solution</i>		
7	<i>Good solution</i>	4	<i>Good</i>
8	<i>Very good solution</i>		
9	<i>Excellent</i>	5	<i>Excellent</i>
10	<i>Perfect or ideal</i>		

Pemilihan alternatif terbaik diperoleh hasil penjumlahan dari perkalian bobot kriteria dengan poin masing-masing kriteria, Alternatif yang terbaik memiliki jumlah nilai yang paling tinggi.

vii. Penyempurnaan Rancangan (*Improving Details*)

Metode yang digunakan adalah *Value Engineering*, yang bertujuan untuk membandingkan produk lama dengan produk hasil rancangan secara fungsional. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan nilai jual produk baru yang jauh lebih unggul daripada produk sebelumnya. Beberapa tahapan/prosedur yang perlu dilakukan dalam teknik *value engineering* adalah :

- Pembuatan daftar komponen-komponen produk, identifikasi fungsi dari setiap komponen.
- Perbandingan nilai dari setiap fungsi yang telah diidentifikasi (nilai disini adalah nilai yang dirasakan oleh konsumen).
- Perbandingan biaya dari setiap komponen (setelah komponen selesai dirakit).
- Pencarian solusi untuk pengurangan biaya tanpa pengurangan performansi/nilai fungsional produk atau penambahan performansi/nilai fungsional tanpa penambahan biaya. Dalam hal ini perlu adanya suatu teknik kreatif yang kritis.
- Pengevaluasian alternatif dan pemilihan pengembangan yang dilakukan.

2.2.8. Pengetahuan Bahan

a. Besi

Besi dapat dibedakan menurut bentuknya yaitu besi berbentuk *angel* (siku), *Hrolled*, *H-welded*, *I-bean*, *Channel* pipa dan lain-lain. Material yang berbentuk siku digunakan sebagai bahan produk industri, otomotif, bangunan, kontruksi dan pabrikan seperti bengkel las dan bengkel bubut. Besi siku pada umumnya mempunyai dimensi yang sama yaitu equal dengan ukuran dan ketebalan yang berbeda sesuai dengan standart dan kebutuhan user.

Tabel 2.26. Ukuran Besi Siku

Sectional Dimension						Sectional Properties											
	A x B mm mm	t mm	K mm	r1 mm	r2 mm	Center of grav. (c) cm	Sec.of Area cm ²	Unit Weight kg/m	Geometrical Moment of Inertia (cm ⁴)			Radius of Gyration of Area (cm)			Modulus of Section (cm ³)		
									Ix=Iy	Iv	Iu	ix=iy	iv	iu	Sx=Sy	Sv	Su
L 25 x 25		3.0	7.0	4.0	2.0	0.72	1.43	1.12	0.80	0.33	1.26	0.75	0.48	0.94	0.45	0.33	0.71
L 30 x 30		3.0	7.0	4.0	2.0	0.84	1.73	1.36	1.42	0.59	2.26	0.91	0.58	1.14	0.66	0.50	1.07
L 40 x 40		3.0	7.5	4.5	2.0	1.09	2.34	1.84	3.53	1.46	5.60	1.23	0.79	1.55	1.21	0.95	1.98
		4.0	10.0	6.0	3.0	1.12	3.08	2.42	4.48	1.87	7.12	1.21	0.78	1.52	1.55	1.18	2.52
		5.0	9.5	4.5	3.0	1.17	3.76	2.95	5.42	2.25	8.59	1.20	0.77	1.51	1.92	1.36	3.04
L 45 x 45		4.0	10.5	6.5	3.0	1.24	3.49	2.74	6.50	2.70	10.30	1.36	0.88	1.72	1.99	1.54	3.24
		5.0	11.5	6.5	3.0	1.28	4.30	3.38	7.91	3.29	12.50	1.36	0.87	1.70	2.46	1.82	3.93
L 50 x 50		4.0	10.5	6.5	3.0	1.37	3.89	3.05	9.06	3.76	14.40	1.53	0.98	1.92	2.50	1.94	4.07
		5.0	11.5	6.5	3.0	1.41	4.80	3.77	11.10	4.58	17.50	1.52	0.98	1.91	3.09	2.30	4.95
		6.0	12.5	6.5	4.5	1.44	5.64	4.43	12.60	5.23	20.00	1.49	0.96	1.88	3.54	2.57	5.66

Besi berbentuk pipa juga sering digunakan dengan ukuran yang berbeda-beda. Berikut ini ukuran besi pipa

Tabel 2.27. Ukuran Pipa Besi

Sectional Dimension					Sectional Properties				
Nominal Size in	Outside Diameter D mm	Inside Diameter d mm	Thickness (t) mm	Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Geometrical Moment of Inertia (I) cm ⁴	Radius of Gyration of Area (i) cm	Modulus of Section cm ³	Outside Surface Area m ² /m
1/8	10.5	6.5	2.0	0.5	0.42	0.051	0.309	0.097	0.03
1/4	13.8	9.2	2.3	0.8	0.65	0.143	0.415	0.207	0.04
3/8	17.3	12.7	2.3	1.1	0.85	0.312	0.537	0.361	0.05
1/2	21.7	15.1	2.8	1.9	1.31	0.833	0.661	0.768	0.07
3/4	27.2	21.6	2.8	2.1	1.68	1.618	0.868	1.189	0.09
1	34.0	27.6	3.2	3.1	2.43	3.709	1.095	2.182	0.11
1 1/4	42.7	35.7	3.5	4.3	3.38	8.341	1.391	3.907	0.13
1 1/2	48.6	41.6	3.5	5.0	3.89	12.678	1.599	5.217	0.15

b. Kayu

Kayu jati merupakan kayu yang paling banyak diminati karena kualitasnya, ketahanannya terhadap kondisi cuaca, tahan rayap, dan seratnya yang menarik. Kayu ini merupakan kayu kelas satu yang banyak diolah menjadi furniture berkelas. Jenis furniture ini pun sangat diminati oleh penduduk mancanegara

sehingga permintaan ekspor selalu meningkat dari tahun ke tahun. Warna kayu jadi adalah coklat muda, coklat kelabu hingga coklat tua kemerahan. Sekalipun keras dan kuat kayu ini mudah dipotong dan dibentuk. Kayu jati berdasarkan kelas kuat kayu berada pada kelas kuat II dan kelas awet I dan II. Tabel 2.29 adalah tabel yang menyatakan kelas dari kayu jati

Tabel 2.28. Kelas Kuat Kayu
(Sumber : PPKI,1979 dalam Wibowo,2011)

Kelas Kuat	Berat jenis	Tekan-Tarik // Serat (Kg/cm ²)		Tarik $\perp$ 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 2.29. Kelas Awet Kayu Jati
(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

c. Kain Oscar

Sofa merupakan perabotan pengisi ruangan yang banyak disukai. Bentuknya yang fleksibel 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 yang umum digunakan sebagai penutup sofa adalah bahan *oscar*. Walaupun sebenarnya pilihan atas bahan mana yang digunakan, bergantung pada selera pemakai dan kesesuaiannya dengan desain sofa. *Oscar* adalah bahan sintetis yang menyerupai kulit. Secara fisik, tampilan *oscar* mirip dengan kulit. Namun, kualitasnya tentu berbeda. Selain digunakan sebagai bahan pelapis sofa, *oscar* juga digunakan sebagai pelapis kursi makan atau kursi kantor.

2.2.9. 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 factor tunggal adalah rasio dari output terhadap salah satu jenis input. Perhitungan produktivitas parsial terdapat produktivitas tenaga kerja, material, modal, energy dan input lainnya.

2.2.10. Uji Statistik

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