

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian desain ergonomi yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

Dalam penelitian Susetyo (2008) mengenai analisa postur kerja terhadap kelelahan subjektif yang diterima oleh pekerja menyatakan bahwa posisi kerja yang buruk akan menimbulkan beberapa kelelahan berlebih secara fisik maupun secara motivasi. Dari sisi fisik yang dialami seperti kaku pada bahu, nyeri pada kelopak mata, dan nyeri pada punggung. Dari sisi motivasi yang dialami seperti tidak dapat berkonsentrasi dan susah berfikir. Hal tersebut akan mempengaruhi produktivitas dari pekerjaan yang menjadi tugas pekerja tersebut.

Menurut Makhsous (2005) dalam penelitiannya mengenai upaya pengurangan getaran yang dihasilkan untuk mengurangi cedera otot dan tulang. Dalam penelitian tersebut menyatakan bahwa dengan mengubah postur duduk menjadi WO-BPS dapat mengurangi getaran 20-43%, sehingga dapat mengurangi pula resiko dari cedera otot dan tulang.

Penelitian yang dilakukan oleh Grujicic (2010) mengenai upaya memperhitungkan pengaruh pengubahan kursi pengemudi untuk kendaraan jarak jauh menyatakan bahwa pemodelan sistem otot dan tulang dapat membantu mengetahui masalah dari berkendara jarak jauh. Selain itu efek kinetik juga perlu dipertimbangkan dalam merancang kursi pengemudi. Serta dalam mendesain sebuah kursi pengemudi perlu menggunakan literatur guna mengetahui hal apa saja yang diperlukan oleh pengemudi.

Dalam penelitian Kedar (2013) yang membahas mengenai desain kursi kemudi truk untuk meningkatkan ergonomi dan kenyamanan untuk pengemudi menyatakan bahwa faktor penting dalam mendesain sebuah kursi pengemudi adalah tingkat kenyamanan selama duduk, tinggi dan lebar sandaran, tinggi dan lebar alas duduk, topangan pinggang, tinggi leher, tinggi paha, dan tinggi tulang belakang. Model dapat dibuat dengan CAD dan tes kenyamanan duduk dapat dilakukan.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Susetyo (2008)	Makhsous (2005)	Grujicic (2010)	Kedar (2013)	Suryo (2013)
Judul Penelitian	Prevalensi Keluhan Subyektif Atau Kelelahan Karena Sikap Kerja Yang Tidak Ergonomis Pada Pengrajin Perak	<i>Reducing Whole-Body Vibration and Musculoskeletal injuri with a new car seat design</i>	<i>Musculoskeletal computational analysis of the influence of car seating design/ adjustments on long distance driving fatigue</i>	<i>Seat Design Of Truck Improved Ergonomics And Comfort For Driver</i>	Penerapan Analisis Biodinamik Pada Perancangan Ulang Kursi Pengemudi Taksi Untuk Mengurangi Resiko Overuse Disorder (OD) Dalam Berkendara
Objek Penelitian	Postur kerja	Getaran dari kursi pengemudi	Desain kursi pengemudi dengan berkendara jarak jauh	Kursi Truk	Kursi Pengemudi Taksi
Tools	Biomekanika pembebanan statis	<i>Whole-body Assesment & Interface Pressure Assesment</i>	<i>Musculoskeletal modeling, computational, and analysis</i>	Antropometri & CAD	<i>Free-Body Diagram, Overuse Disorder, Antropometri.</i>

2.2 Ergonomi

2.2.1 Definisi Ergonomi

Menurut Nurmianto (2008:1) dalam bukunya mendefinisikan ergonomi sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen, dan desain perancangan. Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan, dan kenyamanan manusia di tempat kerja, dirumah, dan tempat rekreasi. Di dalam ergonomi dibutuhkan studi tentang sistem dimana manusia, fasilitas kerja, dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja manusianya.

2.2.2 Studi Tentang Sistem Kerja Secara Global

Dalam penerapan ergonomi, adalah penting untuk secara langsung mengikutsertakan pembahasan tentang sistem secara menyeluruh agar tidak perlu adanya studi lanjut maupun re-desain.

Sebagai contoh dalam mendesain ruang kerja untuk pengemudi kendaraan misalnya, menurut Nurmianto (2008:6) hal-hal berikut yang perlu dipertimbangkan :

1. *Access* : masalah utama untuk mendesain interior alat transportasi.
2. *Restraint* : pemasangan sabuk pengaman pada alat transportasi.
3. *Visibility* : untuk para pejalan kaki, lampu parkir, alat transportasi, *blind spots*, dan lain-lain.
4. *Seating* : memberikan penyangga punggung, penyangga lengan, beban merata untuk distribusi berat tubuh pada tempat duduk, penyerap getaran, mampu diatur, dan lain-lain.
5. *Controls* : mudah dijangkau, mudah diidentifikasi dan operasi, posisi, dan pergerakan standar.
6. *Lingkungan* : cukup berventilasi, hindari pengaruh panas langsung yang berlebihan, hindari bentuk meruncing pada panel instrumen.

2.3 Musculoskeletal Disorder

Musculoskeletal Disorder adalah gangguan pada bagian otot skeletal yang disebabkan oleh karena otot menerima beban statis secara berulang dan terus menerus dalam jangka waktu yang lama dan akan menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon.

Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu:

1. Keluhan sementara (*reversible*)
Yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang bila pembebanan dihentikan.
2. Keluhan menetap (*persistent*)
Yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pembebanan kerja dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

Studi tentang MSDs pada berbagai jenis industri telah banyak dilakukan dan hasil studi menunjukkan bahwa bagian otot yang sering dikeluhkan adalah otot rangka (skeletal) yang meliputi otot leher, bahu, lengan, tangan, jari, punggung, pinggang dan otot-otot bagian bawah.

Musculoskeletal disorder mempengaruhi semua kelompok usia dan sering menyebabkan cacat, gangguan, dan merugikan. Terdiri dari berbagai penyakit yang berbeda yang menyebabkan rasa sakit atau ketidaknyamanan pada tulang, sendi, otot, atau struktur di sekitarnya, dan mereka dapat akut, kronis, lokal atau meluas.

2.4 Overuse Disorder (OD)

Menurut UnionSafe, *Overuse Disorder* (OD) adalah kondisi yang menunjukkan ketidaknyamanan pada otot, tendon dan jaringan halus lainnya. Kondisi ini biasanya disebabkan oleh proses kerja yang buruk dan kondisi kerja yang tidak nyaman sekaligus gerakan yang mengulang atau gerakan yang kuat atau postur-postur yang tegang atau posisi yang diam pada waktu yang lama.

Beberapa masalah yang dapat ditimbulkan oleh OD adalah :

1. *Carpal Tunnel Syndrome* adalah terjadinya tekanan pada tengah pergelangan tangan yang menyebabkan kaku pada jari dan tangan.
2. *Tenosynovitis* adalah rasa sakit pada tendon biasanya pada tangan dan pergelangan tangan.
3. *Epicondylitis* adalah rasa sakit pada otot dan tendon pada daerah siku.
4. *Static Muscle Strain* adalah rasa sakit yang dirasakan ketika otot pada tubuh digunakan terus dan kaku untuk waktu yang lama. Ini akan menyebabkan sakit dan kaku pada otot. Sering terjadi pada pundak, leher dan lengan atas.

Pekerjaan yang memiliki perulangan gerakan yang cepat, postur yang tetap untuk waktu yang lama, atau gerakan mengulang yang kuat beresiko menimbulkan OD. Berikut ini adalah faktor-faktor yang berkontribusi dalam terjadinya OD yaitu :

1. Buruknya desain peralatan dan stasiun kerja
2. Gerakan mengulang
3. Posisi dan gerakan yang aneh

Sebagai pekerja juga memiliki tanggung jawab untuk menjaga keamanan dan kesehatan tempat kerja. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mencegah OD yaitu :

1. Menggunakan peralatan dan stasiun kerja yang layak, seperti desain yang ergonomis, perabot yang dapat diatur, kursi, meja dan komputer.
2. Memastikan area kerja diatur sehingga material, peralatan dan kontrol dapat mudah diraih dan tanpa memutar tubuh.
3. Memastikan peralatan tangan untuk tugas yang berulang memiliki ukuran, bentuk, dan berat yang sesuai dengan pegangan yang nyaman serta tanpa usaha yang lebih dalam mengoperasikannya.
4. Pelatihan dan informasi kepada pekerja tentang praktek kerja aman seperti metode kerja dan postur yang sesuai dalam menggunakan alat, mesin dan peralatan lainnya.

5. Memastikan peralatan secara rutin dirawat dan ditaruh ulang seperlunya dan untuk alat yang baru perlu dilakukan penilaian untuk keamanan dan kesehatan sebelum membeli.

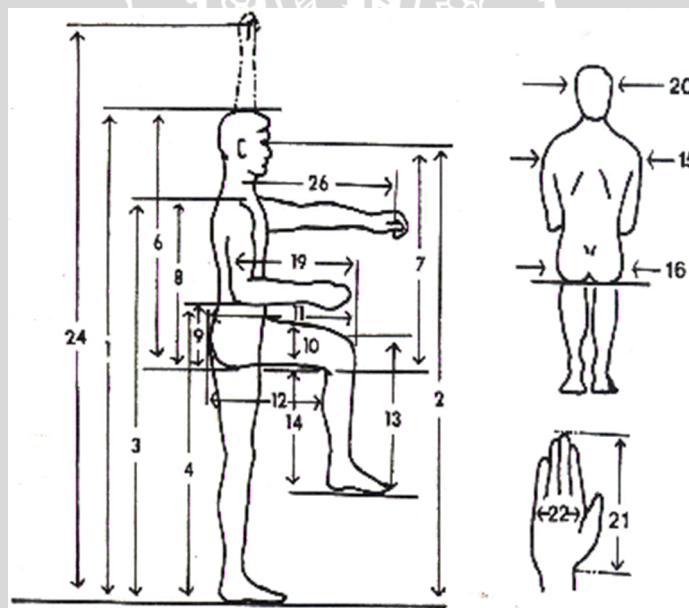
2.5 Antropometri

2.5.1 Definisi Antropometri

Antropometri menurut Stevenson (1989) dan Nurmianto (1991) adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk, dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Penerapan data antropometri ini akan dapat dilakukan jika tersedia nilai mean (rata-rata) dan SD (standar deviasi) nya dari suatu distribusi normal.

2.5.2 Dimensi-Dimensi Tubuh Manusia

Berikut ini adalah dimensi-dimensi antropometri pada tubuh manusia dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Dimensi Pengukuran Antropometri Pada Tubuh Manusia
Sumber : Nurmianto (2004:56)

Keterangan :

1. Tinggi tubuh posisi berdiri tegak
2. Tinggi mata
3. Tinggi bahu
4. Tinggi siku
5. Tinggi genggam tangan pada posisi relaks ke bawah

6. Tinggi badan pada posisi duduk
7. Tinggi mata pada posisi duduk
8. Tinggi bahu pada posisi duduk
9. Tinggi siku pada posisi duduk
10. Tebal paha
11. Jarak dari pantat ke lutut
12. Jarak dari lipat lutut ke pantat
13. Tinggi lutut
14. Tinggi lipat lutut
15. Lebar bahu
16. Lebar panggul
17. Tebal dada
18. Tebal perut
19. Jarak dari siku ke ujung jari
20. Lebar kepala
21. Panjang tangan
22. Lebar tangan
23. Jarak bentang dari ujung jari tangan kanan ke tangan kiri
24. Tinggi pegangan tangan pada posisi tangan vertikal keatas dan berdiri tegak
25. Tinggi pegangan tangan pada posisi tangan vertikal keatas dan duduk
26. Jarak genggam tangan ke punggung pada posisi tangan kedepan

2.6 Biomekanika

2.6.1 Definisi Biomekanika

Biomekanik adalah suatu ilmu yang menggunakan hukum-hukum fisika dan konsep keteknikan untuk mempelajari gerakan yang dialami oleh beberapa segmen tubuh dan gaya-gaya yang terjadi pada bagian tubuh tersebut selama aktivitas normal (Knudson, 2007). Dengan melakukan perhitungan gaya yang terjadi dalam suatu postur, maka akan dapat mengambil tindakan dengan upaya menurunkan gaya yang terjadi agar kelelahan yang dihasilkan tidak terlalu tinggi dan beresiko cidera.

2.6.2 Konsep Biomekanika

Dalam penggunaannya biomekanika terbagi menjadi 2 yaitu :

1. *General Biomechanic*

Adalah bagian dari biomekanika yang berbicara mengenai hukum-hukum dan konsep-konsep dasar yang mempengaruhi organ tubuh manusia baik dalam posisi diam maupun bergerak. Dibagi menjadi 2, yaitu :

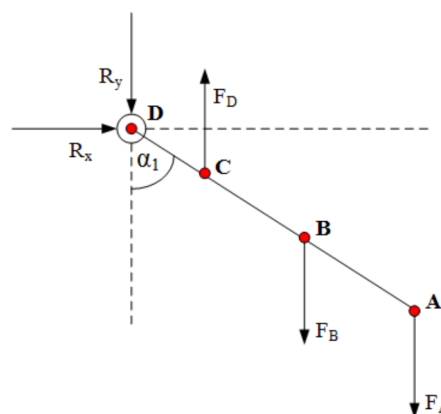
- a. *Biostatic* adalah bagian dari biomekanika umum yang hanya menganalisis tubuh pada posisi diam atau bergerak pada garis lurus dengan kecepatan seragam (uniform).
- b. *Biodinamic* adalah bagian dari biomekanika umum yang berkaitan dengan gambaran gerakan-gerakan tubuh tanpa mempertimbangkan gaya yang terjadi (kinematika) dan gerakan yang disebabkan gaya yang bekerja dalam tubuh (kinetik).

2. *Occupational Biomechanic*

Didefinisikan sebagai bagian dari biomekanika terapan yang mempelajari interaksi fisik antara pekerja dengan mesin, material, dan peralatan dengan tujuan untuk meminimumkan keluhan pada sistem kerangka otot agar produktifitas kerja dapat meningkat.

2.6.3 *Free Body Diagram* (FB Diagram)

Salah satu *tools* yang dapat digunakan untuk pemecahan masalah biomekanik adalah *Free Body Diagram* (FB Diagram). FB diagram merupakan penyederhanaan suatu postur tubuh menjadi perhitungan fisika sehingga lebih mudah untuk dicari gaya-gaya yang terlibat dan besar gayanya. Berikut ini adalah contoh penerapan FB diagram pada lengan tangan bawah.



Gambar 2.2 Penerapan *Free Body Diagram* Segmen Lengan Tangan Bawah

Pada gambar 2.2 merupakan penerapan FB diagram pada lengan tangan bawah. Beberapa gaya yang terlibat adalah beban pada titik A yang menimbulkan gaya F_A ,

berat segmen pada titik B yang menimbulkan gaya F_B , dan gaya angkat pada titik C yang menimbulkan gaya F_C . Sehingga pada FB diagram yang terlibat adalah panjang segmen, massa segmen, dan pusat massa segmen.

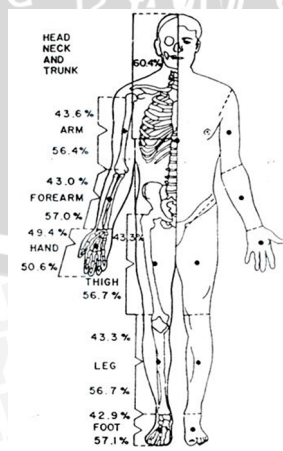
Pada penghitungan berat segmen dalam satuan Newton didapatkan dengan cara mengalikan massa segmen dengan gravitasi sebesar 10m/s^2 . Massa segmen didapatkan dengan pemodelan Dempster. Persentase massa segmen ditentukan berdasarkan pemodelan distribusi berat tubuh.

Tabel 2.2 Distribusi Massa Segmen Tubuh

Group Segment (%) of Total Body Weight		Individual Segmen (%) of Group Segment Weight	
Head and Neck	8,4 %	Head	73,80 %
		Neck	26,80 %
Torso	50,0 %	Thorax	43,80 %
		Lumbar	29,40 %
		Pelvis	26,80 %
Total Arm	5,10 %	Upperarm	54,90 %
		Forearm	33,30 %
		Hand	11,80 %
Total Leg	15,70%	Tight	63,70 %
		Shank	27,40 %
		Foot	8,90 %

Sumber : Svensson, 1989

Pada perhitungan pusat massa segmen didapatkan dengan cara mengalikan panjang segmen dengan persentase *center of mass* yang diadopsi dari penelitian Dempster (1955). Berikut ini adalah gambar persentase *center of mass*.



Gambar 2.3 Persentase Pusat Massa Segmen

Sumber: Dempster, 1955

2.6.4 Sistem Kerangka Dan Otot Manusia (*Musculoskeletal System*)

Di dalam tubuh manusia terdapat beberapa sistem koordinasi, dan salah satunya adalah sistem otot dan kerangka (*Musculoskeletal system*). Sistem ini sebenarnya tersusun oleh dua buah sistem, yaitu otot dan tulang. Keduanya saling berkaitan dalam menjalankan pergerakan tubuh manusia. Otot menempel pada bagian tulang untuk menggerakkan tulang rangka. Organ-organ tubuh manusia yang menyusun sistem ini meliputi :

1. Tulang

Bagian ini tersusun dari jaringan yang sangat keras berfungsi sebagai pembentuk kerangka dan pelindung dari organ dalam. Tulang dalam sistem gerak berfungsi pembentuk gerakan pasif. Tulang juga berperan penting proses pembentukan sel-sel darah merah di bagian sumsum.

2. Sambungan Tulang Rawan (*Cartilage*)

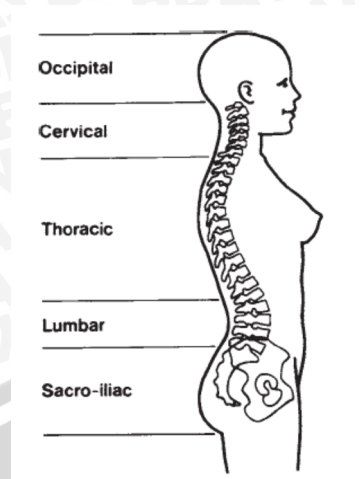
Jaringan ini berfungsi sebagai penghubung antar tulang seperti pada setiap sambungan. Dengan adanya jaringan ini pergerakan tulang relatif kecil, sehingga melindungi dari pergeseran tulang.

3. Ligamen

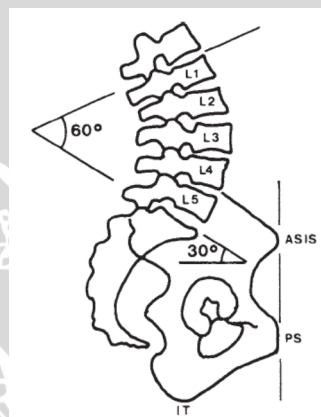
Berfungsi sebagai penghubung bagian sambungan dan menempel pada tulang pada ujungnya. Ligamen memiliki peranan penting dalam melindungi persendian. Ligamen tersebut untuk membatasi rentang gerak dari tulang yang dihubungkan

4. Otot

Penggerak utama dalam tubuh manusia adalah otot atau sering disebut sebagai alat gerak aktif. Sel-sel otot menghasilkan panas tubuh untuk menjaga kestabilan panas tubuh akibat pengaruh dari luar. Tendon merupakan otot panjang dengan kekuatan elastis yang tinggi.



Gambar 2.4 Profil Tulang Belakang Manusia
Sumber : Pheasant, 2003



Gambar 2.5 Bagian Lumbar Tulang Belakang
Sumber : Pheasant, 2003

2.7 Uji Distribusi Normal

Normalitas data adalah dimana suatu data memiliki nilai tengah, rata-rata, serta nilai yang sering muncul berada pada titik yang hampir setara. Pengujian kenormalan dapat dilakukan dengan menggunakan secara perhitungan manual maupun SPSS 19.0 serta dianalisis berdasarkan hasil *output* yang ada.

Berikut ini adalah rumus manual untuk menguji kenormalan data dengan uji Geary (Walpole 2007). Prosedurnya adalah sebagai berikut.

$$u = \frac{\sqrt{\frac{\pi}{2}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n} \right]}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}}$$

$$z = \frac{(u-1)\sqrt{n}}{0.2661}$$

Data dapat dikatakan berdistribusi normal jika $-z_{\alpha/2} < z < z_{\alpha/2}$

Sementara metode analisis yang digunakan menggunakan *1-sample ks* pada software SPSS 19, karena metode ini menguji kenormalan data tipe non parametrik secara dua arah sehingga data yang terdistribusi normal lebih banyak daripada analisa dengan menggunakan metode lain.

Langkah-langkah pengujian kenormalan data untuk seluruh dimensi:

1. H_0 : Data berdistribusi normal
 H_1 : Data tidak berdistribusi normal
2. Taraf signifikansi $\alpha = 0.05$
3. Kriteria pengujian:
 Jika nilai Sig. $\geq \alpha$ maka H_0 diterima
 Jika nilai Sig. $< \alpha$ maka H_0 ditolak

2.8 Uji Kecukupan Data

Apabila tingkat ketelitian yang digunakan sebesar 5% dan tingkat keyakinan sebesar 95%, maka jumlah data yang dibutuhkan dapat dilihat pada persamaan berikut ini. (Walpole 2007).

$$N = \left(\frac{40 \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i)^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}}{\sum_{i=1}^n x_i} \right)^2$$

Apabila nilai N dari hasil persamaan tersebut memiliki nilai yang lebih besar daripada jumlah data yang telah dikumpulkan, maka jumlah data dapat dikatakan sudah mencukupi. Sedangkan apabila nilai N lebih rendah, maka perlu dilakukan penambahan data.

2.9 *Prototype*

2.9.1 Definisi *Prototype*

Menurut Ulrich (2008:247), definisi dari *prototype* adalah perkiraan dari produk dengan 1 dimensi atau lebih. Dari pengertian tersebut, minimal ada 1 aspek dari produk yang diperhatikan untuk dijadikan *prototype*. Pengertian lain menyatakan bahwa *prototype* sebagai sketsa konsep, model matematika, simulasi, komponen test, dan keseluruhan dari pra-produk. Sehingga dengan *prototype* dapat memperkirakan bentuk dari produk.

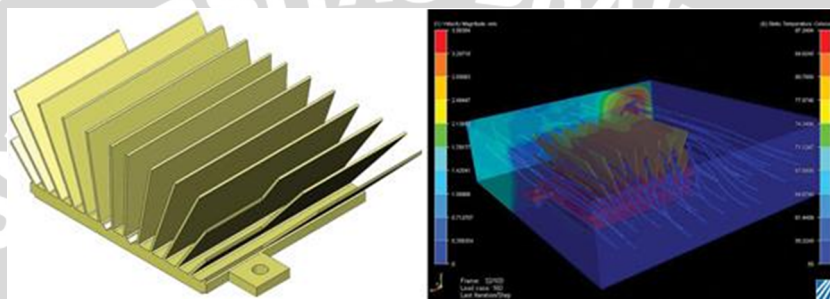
2.9.2 Jenis *Prototype*

Pembagian jenis dari *prototype* yang pertama yaitu menjadi jenis fisik dan analitik. *Prototype* jenis fisik adalah *prototype* yang berbentuk nyata. *Prototype* jenis ini digunakan untuk mengetahui bentuk secara nyata dari produk yang diwakili sehingga *prototype* dapat digunakan sebagaimana tujuan dari pembuatan produk tersebut secara nyata. Sedangkan *prototype* jenis analitik adalah *prototype* yang dibuat dengan mensimulasikan produk yang akan diwakili sehingga produk dapat dianalisa dengan model simulasi maupun perhitungan-perhitungan matematis. Masing-masing jenis *prototype* memiliki kelebihan dan kekurangan. *Prototype* jenis fisik lebih dapat menangkap fenomena-fenomena yang tidak terduga daripada *prototype* jenis analitik, namun *prototype* jenis analitik lebih fleksibel dan mudah diganti daripada *prototype* jenis fisik.

Pembagian jenis dari *prototype* yang kedua yaitu menjadi jenis fokus dan komprehensif. *Prototype* jenis fokus adalah memodelkan fokus pada bagian tertentu pada suatu produk, misal memodelkan roda pada mobil. Dengan *prototype* jenis ini akan lebih fokus dari hasil penelitian produk yang dimodelkan dengan *prototype*. Sedangkan *prototype* jenis komprehensif adalah memodelkan keseluruhan dari suatu produk, misal memodelkan keseluruhan komponen mobil untuk mengetahui hubungan antar komponen. Dengan *prototype* jenis ini akan lebih dapat menggambarkan kondisi dari kenyataan dari produk. Kelemahannya adalah proses yang lebih panjang dan biaya yang lebih tinggi. (Ulrich 2008:247)



Gambar 2.6 Prototipe Fisik



Gambar 2.7 Prototipe Analitik