

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar, rumusan dan konsep yang melatar belakangi, yang nantinya digunakan dalam perhitungan berdasarkan referensi secara elemen mesin dan simulasi *software* yaitu perhitungan gaya dan energi tumbukan, perhitungan poros, dan analisa struktur serta penelitian-penelitian yang telah dilakukan terdahulu. Dalam *equipment* ini menggunakan 2 prinsip kerja yaitu grafitasi *roller* dan energi potensial.

2.1 PENGERTIAN MODIFIKASI

Kata modifikasi berasal dari bahasa inggris yaitu *modification*. Berikut ini beberapa pengertian:

- Modifikasi: perubahan, pergantian atau penambahan sesuatu (KBBI, hal. 653).
- Modify: memodifikasi, mengubah, membatasi, mengurangi (John M. Echols, Kamus Inggris-Indonesia, hal. 384).
- Modification: modifikasi, perubahan (John M. Echols, Kamus Inggris-Indonesia, hal. 384).

Inti dari modifikasi adalah merubah dari kondisi semula. Modifikasi troli *warehouse* adalah merubah desain yang semula hanya sebagai alat pengantar dimana barang yang diantar tidak berpindah sendiri, menjadi alat pengantar barang dimana barang yang diantar mampu berpindah sendiri sehingga lebih menghemat tenaga manusia.

2.2 SEJARAH TROLI

Ialah Sylvan Nathan Goldman, pria yang lahir pada 15 November 1898 merupakan pemilik sebuah toko grosir makanan *Standart Food Market* di Oklahoma, Amerika Serikat. Ia memperoleh ide revolusioner untuk menyediakan keranjang belanja yang memiliki roda. Seperti halnya sebuah sepeda yang mempermudah aktifitas berpindah seseorang, begitu pula dengan keranjang belanja beroda yang akan memudahkan para pelanggan mengangkut barang belanjanya.

Pada saat itu penemuan troli tidak berjalan semulus yang diperkirakan. Hal tersebut disebabkan asumsi bahwa pria makhluk yang kuat dan memiliki kejantanan sehingga ketika menggunakan troli, mereka seperti perempuan yang lemah dan feminim. Sedangkan para wanita sendiri beranggapan seolah sedang mendorong bayi dalam stoler (kereta dorong bayi). Menurut wanita, mendorong stoler menimbulkan rasa ketidaknyamanan dan menurunkan rasa percaya diri.



Gambar 2.1 Penemu troli

Melihat hal itu Goldman tidak putus asa. Ia pun memasang iklan di koran agar troli kembali diminati. “*Ini temuan baru dan sensasional, tidak perlu lagi keranjang jinjing*”. Hingga akhirnya Goldman menyewa seorang model pria dan wanita untuk bepose dengan membawa troli. Iklan tersebut berhasil memunculkan pesan bahwa belanja membawa troli dianggap *fashionable* dan kekinian pada masa itu.

Troli merupakan suatu alat manual pemindah barang yang sangat membantu, guna mempermudah perpindahan suatu barang dalam skala yang cukup banyak ke tempat yang dituju. Penggunaan troli dapat dilakukan di *indoor* maupun *outdoor* tanpa

harus ragu roda akan bermasalah. *Trolley* memiliki kapasitas beban yang beragam, mulai dari 150 kg, 300 kg, 400 kg, dan 500 kg. Juga terdapat *trolley stainless steel*, memiliki 3 rak berbentuk cekung disetiap tingkatnya, sangat baik digunakan untuk menunjang kegiatan operasional tanpa harus khawatir benda-benda yang diletakkan dalam troli akan jatuh.

Kini setiap mengunjungi suatu tempat, akan banyak dijumpai troli. Seperti hotel, mall, rumah sakit, supermarket bahkan rumah makan sekalipun. Karena troli dapat memudahkan untuk membawa barang bawaan yang banyak ataupun barang belanjaan yang berat.

2.3 KONSEP ERGONOMI

2.3.1 Pengertian ergonomi

Menurut pusat kesehatan kerja Departemen Kesehatan Kerja RI, pengertian ergonomi yaitu ilmu yang mempelajari perilaku manusia dalam kaitannya dengan pekerjaan mereka. Sasaran penelitian ergonomi ialah manusia pada saat bekerja dalam lingkungan. Secara singkat dapat dikatakan bahwa ergonomi ialah penyesuaian tugas pekerjaan dengan kondisi tubuh manusia untuk menurunkan stres yang akan dihadapi.

Pusat kesehatan kerja Departemen Kesehatan RI juga menjelaskan bahwa upaya ergonomi antara lain berupa menyesuaikan ukuran tempat kerja dengan dimensi tubuh agar tidak melelahkan, pengaturan suhu, cahaya dan kelembaban bertujuan agar sesuai dengan kebutuhan tubuh manusia.

2.3.2 Ergonomi fisik

Ergonomi fisik membahas mengenai antropometri, lingkungan fisik di tempat kerja, dan biomekanik. Topik-topik yang relevan dalam ergonomi fisik antara lain: posisi tubuh (duduk, berdiri), posisi tubuh pada saat mengangkat dan menjinjing beban.

a. Antropometri dan aplikasinya dalam ergonomi

Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam memerlukan interaksi manusia. Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal:

- Perancangan areal kerja (*work station*, interior mobil dan lain-lain)
- Perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas (*tools*) dan sebagainya
- Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, meja atau kursi komputer dan lain-lain
- Perancangan lingkungan kerja fisik

Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam memerlukan interaksi manusia. Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas dalam hal perancangan areal kerja, perancangan peralatan kerja, perancangan produk konsumtif, perancangan lingkungan kerja fisik. Data ini akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk tersebut.

Antropometri merupakan bagian dari ilmu ergonomi yang berhubungan dengan dimensi tubuh manusia yang meliputi bentuk, ukuran dan kekuatan serta penerapannya untuk kebutuhan perancangan fasilitas aktivitas manusia. Data antropometri sangat diperlukan untuk perancangan peralatan dan lingkungan kerja karena kenyamanan menggunakan alat bergantung pada kesesuaian ukuran alat dengan ukuran manusia. Jika tidak sesuai maka dalam jangka waktu tertentu akan mengakibatkan stres tubuh antara lain dapat berupa lelah, nyeri dan pusing.

DIMENSI TUBUH	PRIA				WANITA			
	5%	X	95%	S.D	5%	X	95%	S.D
1. Tinggi Tubuh Posisi berdiri Tegak	1.532	1.632	1.732	61	1.464	1.563	1.662	60
2. Tinggi Mata	1.425	1.520	1.615	58	1.350	1.446	1.542	58
3. Tinggi Bahu	1.247	1.338	1.429	55	1.184	1.272	1.361	54
4. Tinggi Siku	932	1.003	1.074	43	886	957	1.028	43
5. Tinggi Genggaman Tangan (<i>Knuckle</i>) pada Posisi Relaks ke bawah	655	718	782	39	646	708	771	38
6. Tinggi Badan pada Posisi Duduk	809	864	919	33	775	834	893	36
7. Tinggi Mata pada Posisi Duduk	694	749	804	33	666	721	776	33
8. Tinggi Bahu pada Posisi Duduk	523	572	621	30	501	550	599	30
9. Tinggi Siku pada Posisi Duduk	181	231	282	31	175	229	283	33
10. Tebal Paha	117	140	163	14	115	140	165	15
11. Jarak dari Pantat ke Lutut	500	545	590	27	488	537	586	30
12. Jarak dari Lipat Lutut (<i>popliteal</i>) ke Pantat	405	450	495	27	488	537	586	30
13. Tinggi Lutut	448	496	544	29	428	472	516	27
14. Tinggi Lipat Lutut (<i>popliteal</i>)	361	403	445	26	337	382	428	28
15. Lebar Bahu (<i>bideltoid</i>)	382	424	466	26	342	385	428	26
16. Lebar Panggul	291	330	371	24	298	345	392	29
17. Tebal Dada	174	212	250	23	178	228	278	30
18. Tebal Perut (<i>abdominal</i>)	174	228	282	33	175	231	287	34
19. Jarak dari Siku ke Ujung Jari	405	439	473	21	374	409	287	34
20. Lebar Kepala	140	150	160	6	135	146	157	7
21. Panjang Tangan	161	176	191	9	153	168	183	9
22. Lebar Tangan	71	79	87	5	64	71	78	4
23. Jarak Bentang dari Ujung Jari Tangan Kanan ke Kiri	1.520	1.663	1.806	87	1.400	1.523	1.646	75
24. Tinggi Pegangan Tangan (<i>grip</i>) pada Posisi Tangan Vertikal ke Atas & Berdiri Tegak	1.795	1.923	2.051	78	1.713	1.841	1.969	79
25. Tinggi Pegangan Tangan (<i>grip</i>) pada Posisi Tangan Vertikal ke Atas & Duduk	1.065	1.169	1.273	63	945	1.030	1.115	52
26. Jarak Genggaman Tangan (<i>grip</i>) ke Punggung pada Posisi Tangan ke Depan (<i>horisontal</i>)	649	708	767	37	610	661	712	31

Tabel 2.1 Antropometri berdasarkan Sumakmur

b. Pertimbangan desain antropometri dan faktor manusia

- Setiap manusia mempunyai bentuk yang berbeda-beda, seperti tinggi-pendek, kurus-gemuk, tua-muda, normal-cacat
- Manusia mempunyai keterbatasan fisik, contohnya letak tombol operasional atau kontrol panel yang tidak sesuai dengan bentuk tubuh menyebabkan terjadinya sikap paksa ataupun salah operasional

Cara penggunaan antropometri dalam ergonomi fisik adalah dapat digunakan untuk memperkirakan posisi tubuh yang baik dalam bekerja. Pengukuran dimensi struktur tubuh (pengukuran dalam dalam berbagai

posisi standar dan tidak bergerak seperti berat, tinggi saat duduk atau berdiri, ukuran kepala, tinggi, panjang lutut saat berdiri atau duduk, panjang lengan. Hal ini dapat dilakukan dengan tujuan mencegah terjadinya *fatigue* atau kelelahan pada pekerja pada saat melakukan pekerjaannya.

c. Pedoman kerja posisi duduk

Pedoman kerja yang mengatur ketinggian landasan kerja pada posisi duduk perlu pertimbangan sebagai berikut:

- Pekerjaan dilakukan pada waktu yang lama
- Jika memungkinkan menyediakan meja yang dapat diatur turun dan naik
- Ketinggian landasan dan tidak memerlukan fleksi tulang belakang yang berlebihan
- Landasan kerja harus memungkinkan lengan menggantung pada posisi rileks dari bahu, dengan lengan bawah mendekati posisi horizontal atau sedikit menurun.

d. Pedoman kerja posisi berdiri

Kerja posisi berdiri lebih melelahkan dari pada posisi duduk dan energi yang dikeluarkan lebih banyak 10% - 15% dibandingkan posisi duduk. Ketinggian landasan kerja posisi berdiri sebagai berikut:

- Pekerjaan dengan ketelitian, tinggi landasan adalah 5-10cm di atas tinggi siku berdiri
- Pekerjaan ringan, tinggi landasan adalah 10-15cm di bawah tinggi siku berdiri
- Pekerjaan dengan penekanan, tinggi landasan adalah 15-40cm di bawah tinggi siku berdiri.

e. Posisi duduk-berdiri

Mempunyai keuntungan secara biomekanis dimana tekanan pada tulang belakang dan pinggang 30% lebih rendah dibandingkan dengan posisi duduk maupun berdiri terus menerus.

- Kerja suatu saat duduk dan suatu saat berdiri
- Kerja perlu menjangkau sesuatu >40cm ke depan atau 15cm di atas landasan

f. Tinjauan umum tentang mengangkat beban

Bermacam-macam cara dalam mengangkat beban, yakni dengan kepala, bahu, tangan, punggung dan sebagainya. Beban yang terlalu berat dapat menimbulkan cedera tulang punggung, jaringan otot dan persendian akibat gerakan yang berlebihan.

- Menjinjing beban

- Beban yang diangkat tidak melebihi aturan yang ditetapkan ILO sebagai berikut:

- Laki-laki dewasa 40 kg
 - Wanita dewasa 15-20 kg
 - Laki-laki (16-18 th) 15-20 kg
 - Wanita (16-18 th) 12-15 kg.

g. Metode mengangkat beban

Semua pekerja harus diajarkan mengangkat beban. Metode kinetik dari pedoman penanganan harus dipakai yang didasarkan pada dua prinsip:

- Otot lengan lebih banyak digunakan dari pada otot punggung
- Untuk memulai gerakan horizontal, digunakan momentum berat badan.

Metode ini termasuk 5 faktor dasar, yaitu:

- Posisi kaki yang benar
- Punggung harus kuat
- Posisi lengan dekat dengan tubuh
- Mengangkat dengan benar
- Menggunakan berat badan.

2.4 PENGERTIAN PERANCANGAN

Perancangan adalah penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh (Nafisah, 2003). Dalam merancang suatu alat atau produk, perancang harus memperhatikan kaidah dalam proses perancangan agar menghasilkan suatu alat atau produk yang baik ditinjau dari aspek teknis, ergonomis, estetika dan ekonomis.

2.4.1 Aspek teknis

Aspek teknis merupakan pertimbangan secara teknis agar alat yang dirancang dapat dilakukan permesinan dalam produksinya. Aspek teknis menyangkut hal-hal penting seperti material, perhitungan teknik, kualitas dan teknologi.

2.4.2 Aspek ergonomis

Menurut IEA (*International Ergonomics Association*) ergonomi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan elemen-elemen lain dalam suatu sistem dan pekerjaan yang mengaplikasikan teori, prinsip, data dan metode untuk merancang suatu sistem yang optimal dilihat dari sisi manusia dan kinerjanya. Ergonomi sangat erat kaitannya dengan antropometri. Menurut Wignjosoebroto dalam buku “Ergonomi: Studi Gerak dan Waktu” (2008), antropometri adalah studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Dalam perancangan, aspek ergonomi harus dipertimbangkan agar hasil perancangan dapat dioperasikan secara aman dan nyaman.

2.4.3 Aspek estetika

Estetika adalah ilmu yang mempelajari tentang seni dan keindahan serta tanggapan manusia terhadapnya. Dalam perancangan, aspek estetika menjadi poin penting sebagai daya tarik suatu alat agar terlihat indah dari sisi visual.

2.4.4 Aspek ekonomis

Aspek ekonomis menentukan besaran biaya yang akan dikeluarkan pada hasil perancangan yang akan diproduksi. Hal ini berkaitan erat dengan harga jual suatu alat atau produk. Semakin tinggi biaya produksi, semakin tinggi pula harga jualnya.

2.5 METODE VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) 2221

Menurut Hurst dalam buku “*Engineering Design Principles*” (1999), proses desain dalam bentuk yang paling sederhana adalah proses pemecahan masalah. Definisi desain itu sendiri yaitu suatu aktifitas keseluruhan yang diperlukan untuk menetapkan dan menentukan solusi dari masalah yang belum terpecahkan sebelumnya dengan menggunakan metode yang sistematis. Tujuan pemakaian proses desain sistematis

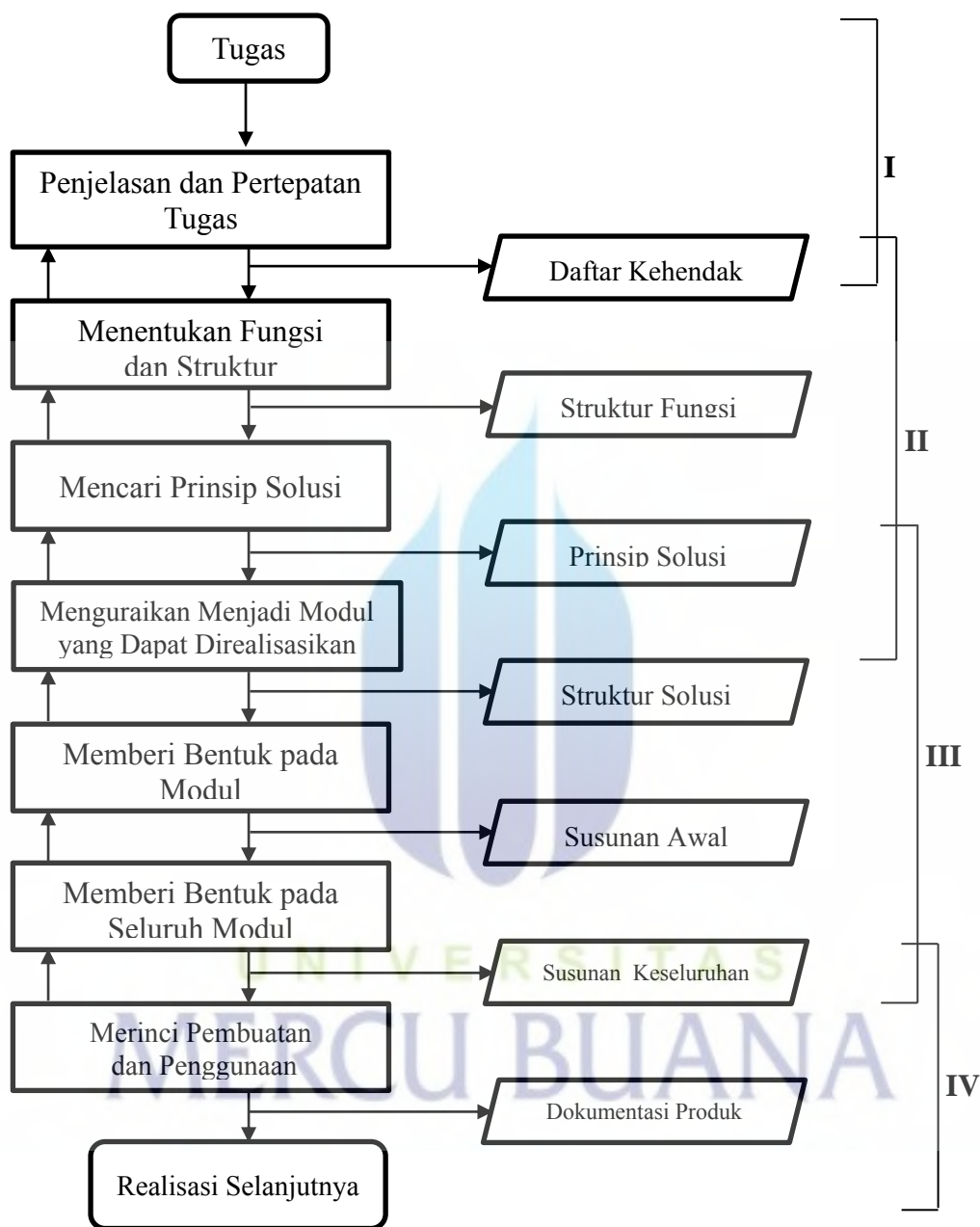
adalah untuk mempermudah perancang dengan dibantu suatu kerangka kerja atau metodologi. Tanpa desain sistematis, seorang perancang akan dihadapkan dengan masalah dalam perancangan dan tidak tahu bagaimana akan memulainya.

Dari permasalahan tersebut, persatuan insinyur Jerman (*Verein Deutscher Ingenieure/ VDI*) membuat suatu metode perancangan yang dikenal dengan metode VDI 2221. Metode tersebut adalah “Pendekatan Sistematis Terhadap Desain” yang dijabarkan oleh Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz pada bukunya yang berjudul “*Engineering Design-A Systematic Approach*” (1977). Secara keseluruhan langkah kerja yang terdapat dalam VDI 2221 terdiri dari 7 tahap, yang dikelompokkan menjadi 4 fase yaitu:

1. Penjabaran tugas (*Task Clarification*)
2. Penentuan konsep rancangan (*Conceptual Design*)
3. Perancangan wujud (*Embodiment Design*)
4. Perancangan rinci (*Detail Design*)



Langkah-langkah kerja yang dikelompokkan dalam 4 fase diatas dapat digambarkan dalam diagram alir berikut ini:



Gambar 2.2 Diagram alir metode VDI 2221

2.5.1 Penjabaran tugas (*task clarification*)

Penjabaran tugas meliputi pengumpulan informasi mengenai permasalahan dan kendala yang dihadapi lalu dirumuskan dan dibuat daftar persyaratan yang disesuaikan dengan kehendak serta keinginan konsumen dan perancang. Hasil yang

diperoleh dari perumusan dan persyaratan tersebut ialah daftar kehendak (*requirement list*). Daftar kehendak menjabarkan data kuantitatif dan kualitatif yang diidentifikasi sebagai suatu keharusan (*demand*) atau keinginan (*wishes*). *Demand* (keharusan) adalah persyaratan yang harus terpenuhi pada setiap kondisi, atau dengan kata lain apabila persyaratan itu tidak terpenuhi maka perancangan tidak diterima atau gagal. *Wishes* (keinginan) adalah persyaratan yang harus dipertimbangkan apabila memungkinkan. Keinginan yang dipertimbangkan harus diklasifikasikan sebagai kepentingan major, medium, atau minor.

Daftar kehendak harus ditangani secara teratur dan sistematis menurut pedoman spesifikasi. Untuk mempermudah penyusunan daftar spesifikasi, dapat dilakukan dengan meninjau aspek-aspek tertentu seperti aspek geometri, kinematika, gaya, energi, ergonomi, dan lain sebagainya.

Tabel 2.2 Daftar pengecekan untuk pedoman spesifikasi

Judul utama	Contoh-contoh
Geometri	Lebar, tinggi, panjang, diameter, jarak
Kinematika	Tipe gerakan, arah gerakan, kecepatan, percepatan
Gaya	Arah gaya, besar gaya, frekuensi, berat, deformasi, kekuatan, elastisitas, gaya inersia
Energi	Output, efisiensi, kerugian energi, gesekan tekanan, temperatur, pemanasan, pendinginan, kapasitas
Material	Aliran dan transportasi material, pengaruh fisika dan kimia dari material pada awal dan akhir periodik, material tambahan
Sinyal	Input, output, bentuk, <i>display</i> , peralatan kontrol
Keselamatan	Sistem proteksi langsung, keselamatan operasional dan lingkungan
Ergonomi	Hubungan operator mesin, tipe pengoperasian, penerangan dan keserasian bentuk
Produksi	Batasan pabrik, kemungkinan dimensi maksimum, produksi yang dipilih
Kontrol kualitas	Kemungkinan dilakukan kalibrasi dan standarisasi
Perakitan	Aturan khusus, instalasi, pondasi

Perawatan	Jangka waktu <i>service</i> , penggantian dan reparasi, pengecatan dan pembersihan
Biaya	Biaya maksimum produksi
Jadwal	Tanggal penyerahan

2.5.2 Penentuan konsep perancangan (*conceptual design*)

Adapun yang dibahas dalam perancangan konsep ini adalah:

1. Abstraksi

Tujuan dari abstraksi adalah untuk menentukan spesifikasi yang merupakan bagian penting dan berlaku umum. Pada saat melakukan langkah-langkah abstraksi dan formulasi, hal penting yang harus diperhatikan adalah membedakan sebuah persyaratan, apakah sebagai suatu keharusan (*demand*) atau keinginan (*wishes*). Langkah-langkah abstraksi dan formulasi adalah sebagai berikut:

- Keinginan/ *wishes* dihilangkan
- Kebutuhan/ *demands* yang tidak menentukan fungsi dihilangkan
- Merubah pernyataan kuantitatif menjadi kualitatif
- Menyusun dan merumuskan abstraksi 1-3
- Formulasikan abstraksi 4 menjadi solusi

2. Menentukan fungsi dan strukturnya

Dalam menentukan fungsi dan strukturnya hal-hal yang dibahas meliputi struktur fungsi keseluruhan dan subfungsi.

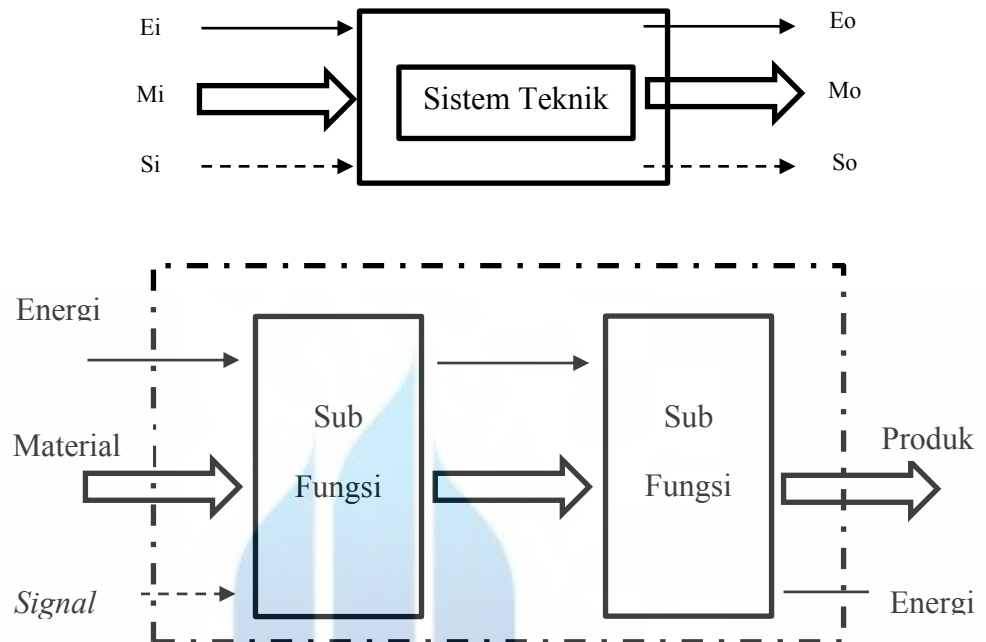
3. Struktur fungsi keseluruhan

Setelah masalah utama diketahui, kemudian dibuat struktur fungsi secara keseluruhan. Struktur fungsi ini digambarkan dengan blok diagram yang menunjukkan hubungan *input* dan *output*. *Input* dan *output* berupa aliran energi, material, atau sinyal.

4. Subfungsi

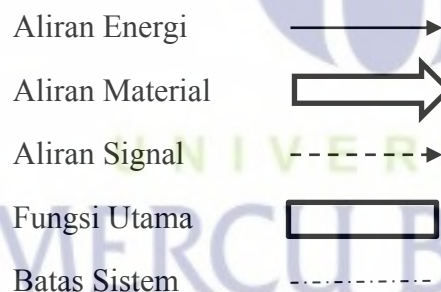
Apabila fungsi keseluruhan cukup rumit maka cara mengantisipasinya adalah membagi menjadi beberapa subfungsi. Pembagian ini akan memberikan keuntungan sebagai berikut:

- Menentukan subfungsi untuk memudahkan pencarian prinsip solusi
- Menggabungkan subfungsi menjadi struktur fungsi yang sederhana



Gambar 2.3 Struktur fungsi dan subfungsi

Keterangan:



5. Mencari prinsip solusi dan struktur solusi

Dasar-dasar pemecahan masalah diperoleh dengan mencari prinsip solusi dari masing-masing subfungsi. Dalam tahap ini dicari sebanyak mungkin variasi solusi. Metode pencarian prinsip pemecahan masalah menurut Pahl-Beitz dibagi kedalam tiga kategori, yaitu:

- Metode konvensional

Metode ini meliputi pencarian dalam literatur, *textbook*, jurnal teknik, dan brosur yang dikeluarkan oleh suatu perusahaan.

- Metode intuitif

Metode ini menggunakan pemahaman dalam pencarian dan pemikiran panjang untuk menghasilkan sebuah solusi kemudian dikembangkan dan diperbaiki.

- Metode kombinasi

Metode ini mempertimbangkan pendekatan kemungkinan solusi yang ada. Metode yang digunakan adalah metode bentuk matrik, dimana subfungsi dan prinsip solusi dimasukkan ke dalam suatu format berbentuk kolom dan baris.

6. Menguraikan menjadi varian yang dapat direalisasikan

Apabila kombinasi yang ada terlalu banyak, proses untuk memilih kombinasi terbaik akan membutuhkan waktu yang lama. Agar tidak terjadi hal tersebut maka jumlah kombinasi harus dikurangi. Prosedur yang dilakukan adalah dengan mengeliminasi dan memilih kombinasi yang terbaik. Berikut beberapa kriteria yang perlu diperhatikan diantaranya:

- Sesuai dengan fungsi keseluruhan
- Terpenuhinya *demand* yang tercantum dalam daftar spesifikasi
- Dapat dibuat atau direalisasikan
- Pengetahuan atau informasi tentang konsep yang bersangkutan memadai
- Kunggulan dalam kinerja dan kemudahan produksi
- Kemudahan dirakit
- Kemudahan perawatan.
- Faktor biaya
 - Segi keamanan dan kenyamanan
 - Kemungkinan pengembangan lebih lanjut

7. Evaluasi

Evaluasi berarti menentukan nilai, kegunaan atau kekuatan yang kemudian dibandingkan dengan sesuatu yang dianggap ideal. Secara garis besar, langkah yang ditempuh adalah sebagai berikut:

- Menentukan kriteria evaluasi yang didasarkan pada spesifikasi yang dibuat

- Pemberian bobot kriteria.
Langkah ini merupakan kriteria yang dipilih yang mempunyai tingkat varian konsep. Sebaiknya evaluasi dititikberatkan pada sifat utama yang diinginkan pada solusi akhir
- Menentukan parameter kriteria evaluasi. Agar perbandingan sifat varian konsep dapat dilihat dengan jelas, maka dipilih sesuatu parameter atau besaran yang dipakai oleh varian konsep
- Memperkirakan ketidakpastian evaluasi. Kesalahan evaluasi bisa disebabkan oleh beberapa hal diantaranya:
 - Kesalahan subjektif, seperti kurangnya informasi
 - Kesalahan perhitungan parameter

2.5.3 Perancangan wujud (*embodiment design*)

Perancangan wujud dimulai dengan konsep produk teknik, kemudian dengan menggunakan kriteria teknik dan ekonomi perancangan dikembangkan dengan menguraikan struktur fungsi kedalam struktur modul untuk memperoleh elemen-elemen pembangun struktur fungsi yang memungkinkan dapat dimulainya perancangan yang lebih rinci. Tahap perancangan wujud ini meliputi beberapa langkah perancangan yaitu menguraikan menjadi modul-modul sesuai daftar kehendak/ *requirement list*, memberi bentuk pada modul (susunan awal/ *preliminary layout*) dan memberi bentuk diseluruh modul (susunan keseluruhan/ *definitive layout*).

1. Susunan awal (*preliminary layout*)

Hasil dari prinsip solusi diwujudkan berupa gambar yang mengacu pada pedoman spesifikasi. Pada tahap ini, rancangan diberi bentuk sesuai struktur fungsi yang dipilih berdasarkan persyaratan yang lebih banyak memenuhi spesifikasi dan unggul dalam aspek teknis dan ekonomis.

2. Susunan keseluruhan (*definitive layout*)

Susunan awal dikembangkan menjadi susunan keseluruhan dengan melakukan perhitungan dan pertimbangan menurut hal-hal sebagai berikut:

- Fungsi
- Prinsip kerja
- Pemilihan bentuk, ukuran, dan toleransi
- Perhitungan teknik

- Faktor keselamatan (*safety*)
- Ergonomi
- Manufaktur dan perakitan
- Transportasi
- Estimasi Biaya

2.5.4 Perancangan rinci (*detail design*)

Tahap ini merupakan akhir metode perancangan sistematis yang berupa presentasi hasil. Pada langkah ini dilakukan pekerjaan merinci gambar akhir, termasuk gambar detail mengenai tiap-tiap bagian atau elemen dari produk. Merinci setiap data dan data-data lain yang berhubungan dengan persiapan produksi atau pembuatan. Pada akhir tahap ini dievaluasi kembali untuk melihat apakah produk mesin atau sistem teknik tersebut sudah memenuhi spesifikasi dan semua gambar dokumen produk lainnya telah selesai dan lengkap. Dokumen produk meliputi:

- Gambar dokumen
- Gambar detail komponen
- Daftar komponen (*bill of material*)
- Catatan perhitungan
- Catatan operasi dan perawatan
- Rencana anggaran biaya

2.6 DASAR-DASAR SOLIDWORK

SolidWorks adalah perangkat lunak untuk proses perancangan berbantuan komputer yang menggunakan prinsip *feature-based*, *parametric* dan *mechanical design automation software*. Hal ini memungkinkan seorang perancang untuk mengubah sketsa 2D menjadi model solid 3D dengan mudah. Secara garis besar, SolidWorks untuk menggambar produk terbagi menjadi 3 bagian:

1. *Part mode*

Pada *part mode*, merupakan lingkungan perancangan produk berbasis fitur (*feature-based*) dengan memasukkan parameter yang bersesuaian dengan fitur yang dibuat.

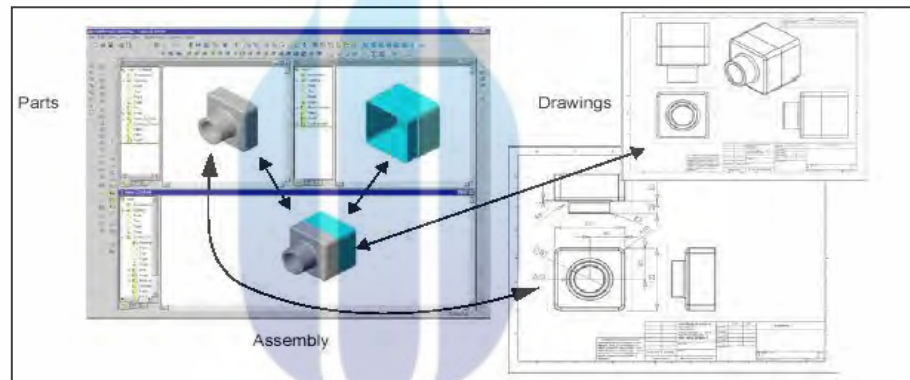
2. *Assembly mode*

Dalam *assembly mode*, komponen atau *part* yang dibuat pada *part mode* dapat dirakit dengan komponen lain. Adapun proses perakitan sebuah produk memiliki 2 pendekatan yaitu *bottom-up assembly* dan *top-down assembly*.

3. *Drawing mode*

Drawing mode digunakan untuk membuat dokumentasi dari komponen dan rakitan yang sudah dibuat pada mode sebelumnya. Sedangkan cara untuk mendapatkan dokumentasi dari komponen dan rakitan dapat dilakukan dengan 2 cara: *generative drafting* dan *interactive drawing*.

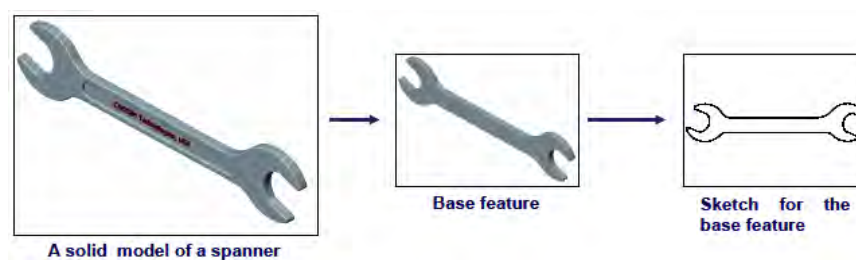
Hubungan antara ketiga mode, dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.4 Keterkaitan antara *part assembly* dan *drawing* pada SolidWorks

(Sumber: Solidworks *Library*)

Prinsip yang dipakai untuk menggambar komponen berbasis fitur adalah setiap benda atau komponen ataupun produk adalah sekumpulan fitur yang saling berkaitan satu sama lain. Keterkaitan didasari dengan fitur dasar (*base feature*) yang dapat diperoleh dengan melakukan proses ekstrusi dari sketsa fitur dasar. (Lihat gambar 2.5)

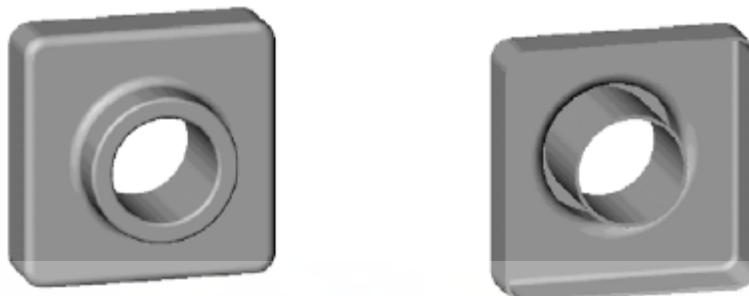


Gambar 2.5 Proses pembuatan komponen SolidWorks dari sketsa

(Sumber: SolidWorks *Library*)

Menggambar *Part* atau Komponen:

Pada bagian awal, kita akan menggambar sebuah *part* yang memiliki bentuk seperti pada gambar di bawah ini:

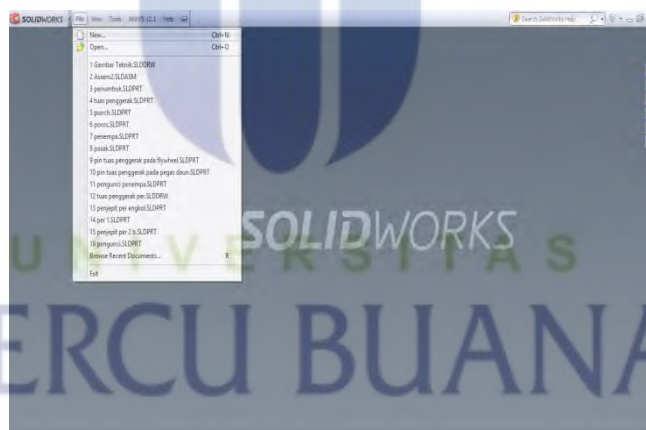


Gambar 2.6 Contoh *part* 3D

(Sumber: SolidWorks *Library*)

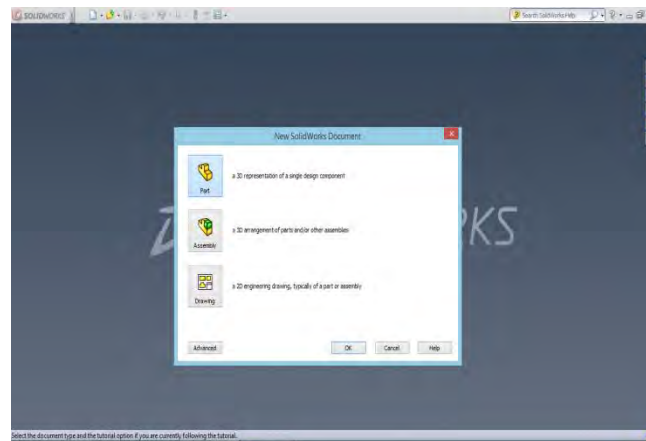
2.6.1 Membuat dokumen *part* baru

1. Untuk membuat *part* baru Klik *New Document* pada tampilan SolidWorks. Klik *New* pada *Standard Toolbar*, atau Klik *File, New*. Maka tampilan *New SolidWorks Document* akan muncul



Gambar 2.7 Langkah membuat *part* baru

(Sumber: Solidworks *Library*)



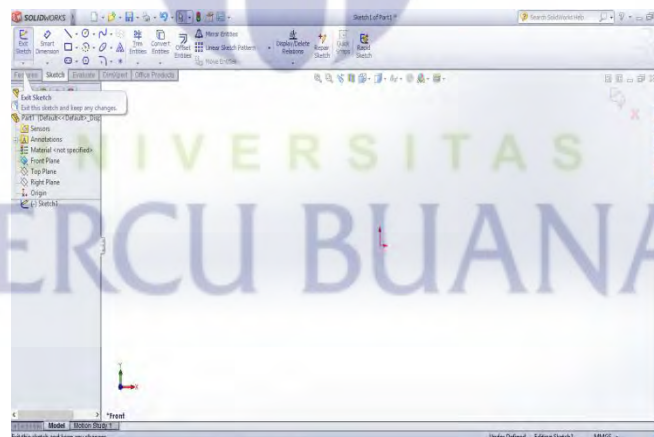
Gambar 2.8 Langkah membuat *part*
(Sumber: Solidworks *Library*)

2. Klik *Icon Part*, Klik OK.

2.6.2 Membuat sketsa (*sketch*)

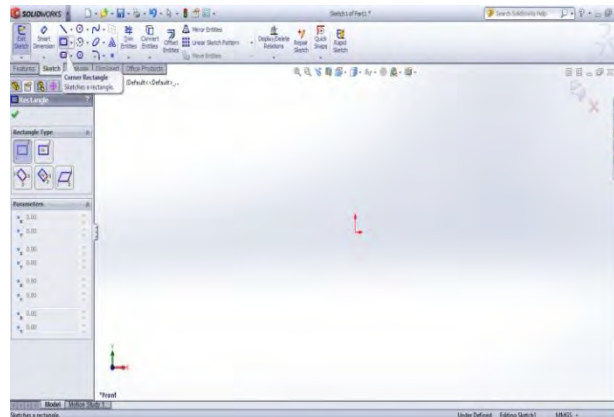
Feature yang pertama kali harus dibuat adalah kotak yang diperoleh dari sketsa persegi panjang

1. Untuk membuka *toolbar Sketch*, Klik *Sketch* pada *Sketch toolbar*, atau Klik *Insert, Sketch*. Maka sketsa akan terbuka pada bidang *Front* (depan).



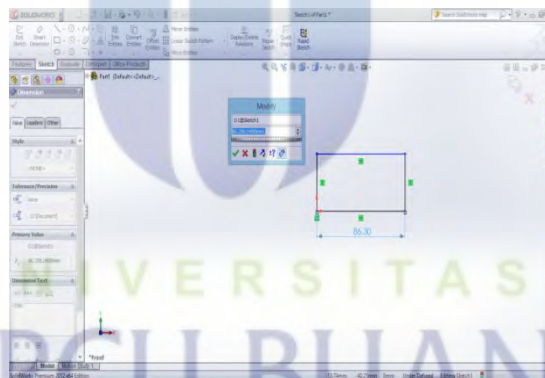
Gambar 2.9 Langkah membuat *sketch*
(Sumber: Solidworks *Library*)

2. Klik *Rectangle* atau Klik *Tools, Sketch Entity, Rectangle*



Gambar 2.10 Langkah membuat *rectangle*
(Sumber: Solidworks *Library*)

3. Klik *Dimension* pada *toolbar Sketch Relations toolbar*, atau Klik *Tools, Dimensions, Parallel*. Maka *pointer* akan berubah bentuk menjadi Klik sisi atas persegi panjang dan kemudian Klik lokasi untuk meletakkan dimensi, kemudian masukkan dimensi.

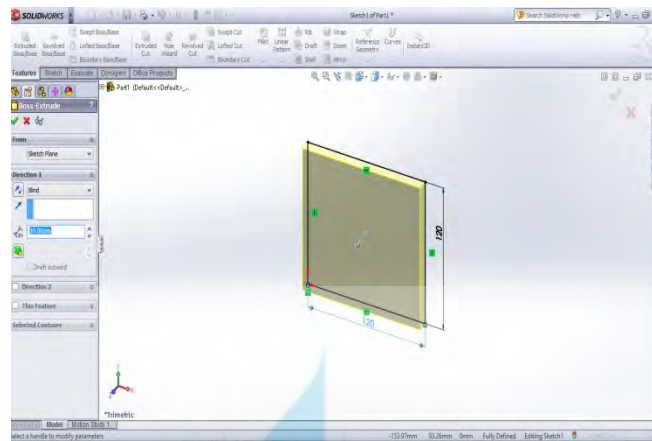


Gambar 2.11 Langkah membuat dimensi
(Sumber: Solidworks *Library*)

4. Klik sisi kanan persegi panjang kemudian Klik lokasi untuk meletakkan dimensi, kemudian masukkan dimensi.

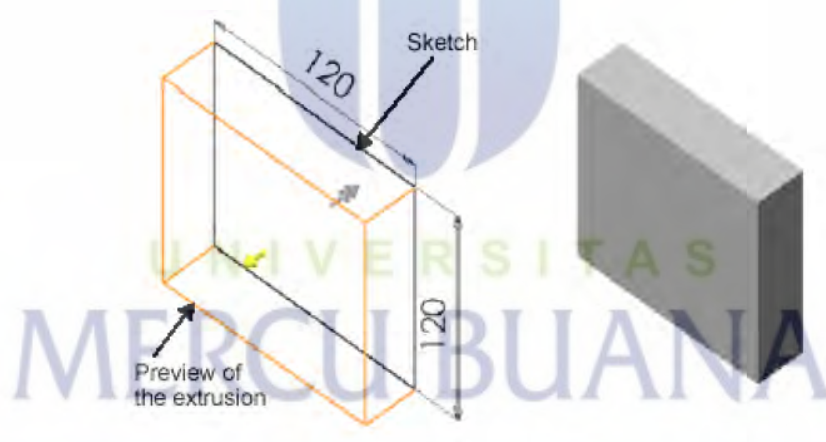
Ekstrusi fitur dasar (*Extruding the Base Feature*). *Feature* pertama pada setiap *part* disebut *base feature*. Kita dapat membuat *feature* ini dengan meng-*extrude* sketsa persegi panjang yang sudah dibuat.

1. Klik *Extruded Boss/Base* pada *Features toolbar*, atau Klik *Insert, Base, Extrude*. Maka akan muncul *Base-Extrude Property Manager* pada sisi kiri sketsa.



Gambar 2.12 Langkah membuat *extrude boss*
(Sumber: Solidworks Library)

2. Pada *Direction 1*, lakukan *Set End Condition* ke *Blind*



Gambar 2.13 Hasil *extrude boss*
(Sumber: Solidworks Library)

3. Klik *Save* pada *Standard toolbar*, atau klik *File, Save*
4. Ketik *Tutor 1* and klik *Save, file* akan mendapatkan tambahan akhiran *.sldprt*

2.6.3 Membuat sketsa *fitur boss (sketching a boss)*

Untuk membuat fitur tambahan pada *part* maka kita harus membuat sketsa di atas model yang sudah ada yaitu pada permukaan atau bidang dan kemudian di-*extrude*.

1. Klik *Hidden Lines Removed* pada *toolbar View*, atau Klik *View, Display, Hidden Lines Removed*
2. Klik *Select* pada *toolbar Sketch*, jika belum dipilih
3. Pilih permukaan depan benda kerja
4. Klik *Sketch* pada *toolbar Sketch*, atau dengan klik kanan pada sembarang area pada gambar dan pilih *Insert Sketch*
5. Klik *Circle* pada *toolbar Sketch Tool*, atau Klik *Tools, Sketch Entity, Circle*.
6. Klik pada posisi yang berdekatan dengan pusat permukaan benda kerja dan selesaikan untuk membuat sebuah lingkaran.

2.6.4 Pemberian ukuran (*dimensioning and extruding the boss*)

Untuk mendapatkan lokasi dan ukuran lingkaran secara tepat maka perlu ditambahkan beberapa dimensi.

1. Klik *Dimension* pada *Sketch Relations toolbar*, atau klik kanan pada sembarang tempat dalam bidang gambar dan pilih *Dimension* dari *shortcut menu*
2. Klik permukaan atas, klik lingkaran, kemudian klik lokasi untuk dimensi
3. Klik *Select*, klik dua kali pada, kemudian masukkan 60mm sebagai nilai baru pada dialog *box Modify*
4. Ulangi proses pemberian dimensi pada sisi lainnya, dengan memberikan nilai yang sama yaitu 60mm
5. Masih menggunakan *Dimension tool*, Klik lingkaran untuk memberi dimensi diameter lingkaran
6. Klik lokasi untuk dimensi diameter, set diameter pada nilai 70mm. Lingkaran menjadi berwarna hitam yang mengindikasikan bahwa sketsa yang dibuat sudah *fully defined*
7. Klik *Extruded Boss/Base* pada *Features toolbar*, atau klik *Insert, Boss, Extrude* maka akan muncul *Boss-Extrude Property Manager*

8. Pada *Direction 1*, set kedalaman (*Depth*) ekstrusi pada nilai 25mm dan biarkan yang lain seperti adanya, klik OK, maka *Boss-Extrude1* akan muncul pada *Feature Manager design tree*.

2.6.5 Membuat potongan (*creating the cut*)

Proses berikutnya adalah membuat potongan yang sepusat dengan *Boss*.

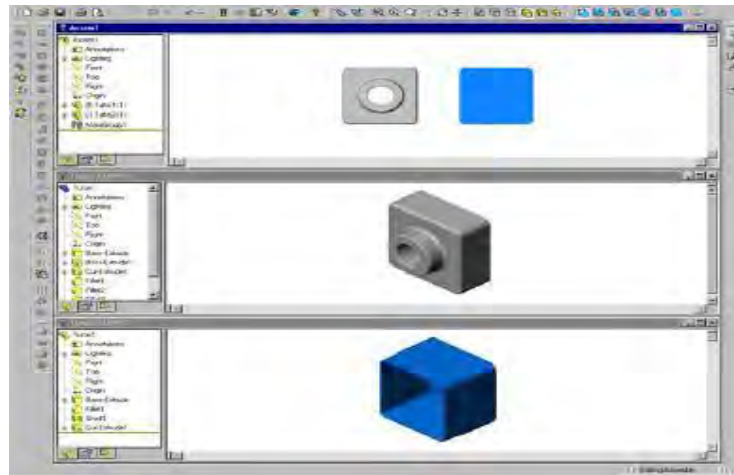
Membuat sketsa dan dimensi potongan (*Sketching and Dimensioning the Cut*)

1. Klik permukaan depan dari *circular boss*
2. Klik *Normal To* pada *Standard Views toolbar*. Komponen akan berputar dan sehingga permukaan yang terpilih akan menghadap ke kita
3. Klik *Sketch* pada *Sketch toolbar* untuk membuat sketsa baru
4. Buat sketsa lingkaran yang berdekatan dengan titik pusat lingkaran pertama
5. Klik *Dimension* dan set dimensi pada diameter lingkaran sebesar 50 mm.

2.6.6 Membuat rakitan (*creating the assembly*)

Proses berikutnya adalah membuat rakitan dari 2 komponen atau *part*

1. Jika *file Tutor1.sldprt* tidak terbuat, klik *Open* pada *Standard toolbar* dan buka file tersebut
2. Klik *New* pada *Standard toolbar*. Tampilan *New SolidWorks Document* muncul
3. Pilih tab *Tutorial*, klik ikon *assem* dan Klik OK
4. Klik *Window, Tile Horizontally* untuk menampilkan ketiga jendela (*window*)
5. *Drag* ikon *Tutor1* dari bagian atas *FeatureManager design tree* pada file *Tutor1.sldprt*, dan *drop ke the FeatureManager design tree* dari *assembly window* (*Assem1*)
6. *Drag* ikon *Tutor2* dari bagian atas pada *file Tutor2.sldprt* dan *drop* ke bidang gambar pada *assembly window*, di samping komponen *Tutor1*.



Gambar 2.14 Hasil *assembly*
(Sumber: Solidworks *Library*)

7. Simpan hasil rakitan dengan nama Tutor. (Ekstensi *.sldasm* akan ditambahkan secara otomatis pada nama *file*). Jika melihat pesan untuk menyimpan dokumen referensi, klik *Yes*
8. Klik *Maximize* pada bagian kanan atas untuk menghasilkan tampilan penuh dari rakitan
9. Klik *Zoom to Fit*.

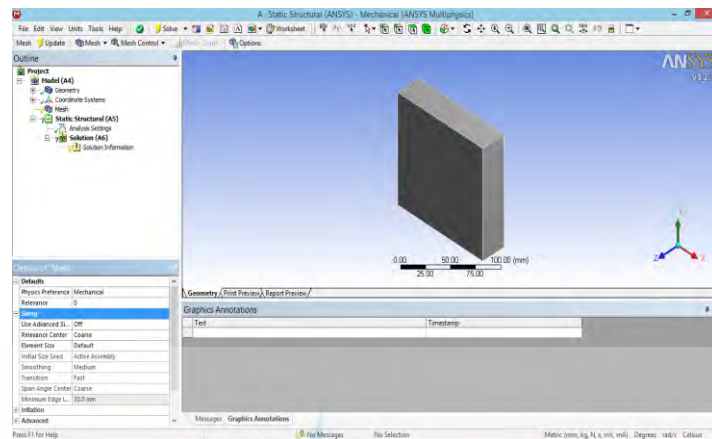
2.7 **PROPERTY OF MATERIAL**

Prosedur pemilihan material yang sesuai dengan kondisi sebenarnya merupakan salah satu bagian dari aktifitas perancangan suatu struktur. Pemilihan material dalam penelitian ini mengacu pada kekuatan alat terhadap beban yang diberikan. Sehingga material perancang bisa sesuai kebutuhan, tidak *under* spek yang menyebabkan kegagalan alat maupun *over* spek yang membuat biaya membengkak.

2.8 **MESHING**

Pembagian model menjadi elemen-elemen yang lebih kecil biasa disebut dengan proses *meshing*. *Meshing* ini biasa dilakukan sebelum menentukan *boundary condition* dari sebuah rencana analisa. Semakin kecil nilai *meshing* semakin kecil pula pembagian elemen pada model sehingga hasilnya semakin akurat dan sebaliknya

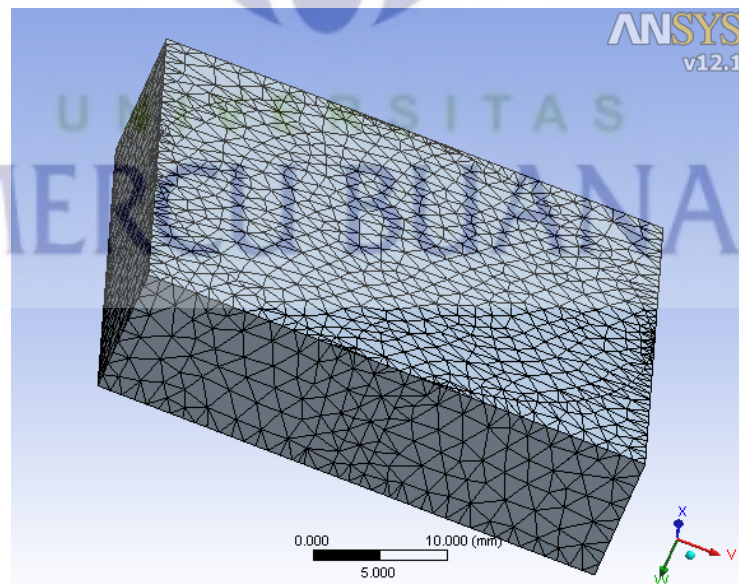
untuk nilai meshing yang semakin besar maka pembagian elemen pada model hasilnya kurang akurat.



Gambar 2.15 Langkah membuat *meshing*

(Sumber: SolidWorks *Library*)

Meshing adalah bagian penting dari analisa. Karena apabila tidak mendekati meshing buruk maka akan menghasilkan hasil yang berbeda atau tidak mendekati kondisi aktualnya. Kualitas *meshing* bisa 0.4, dikatakan sedang jika mempunyai nilai rata-rata 0.5-0.7, dan dikatakan jelek jika mempunyai nilai rata-rata 0.8-1.0.

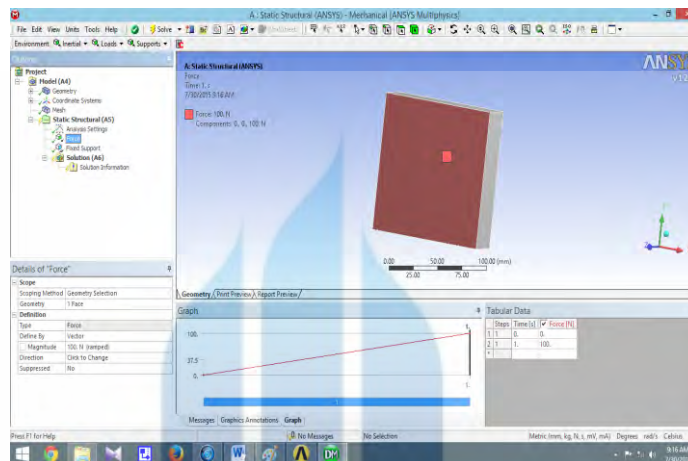


Gambar 2.16 Hasil *meshing*

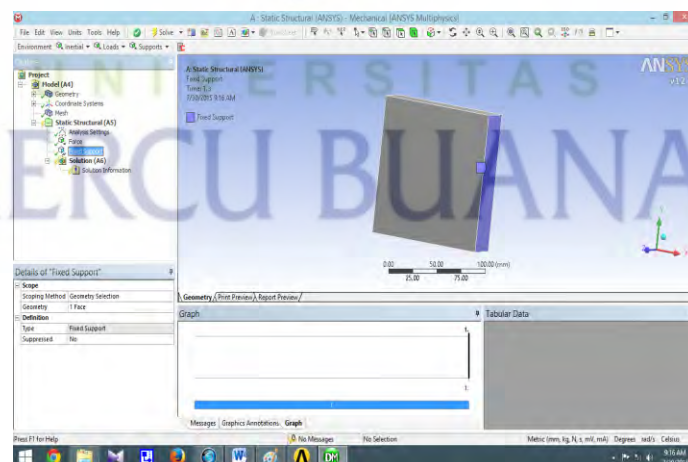
(Sumber: SolidWorks *Library*)

2.9 BOUNDARY CONDITION

Boundary condition apabila diartikan adalah batas kondisi atau batasan-batasan yang digunakan pada suatu simulasi. *Boundary condition* sama penting halnya *meshing*, karena ini juga menentukan hasil dari simulasi. Pada kasus *static* (analisa statis), *boundary condition* lebih mudah disebut beban tumpu. Berikut langkah-langkah menentukan *force* dan *support* pada *software* *ansys*.



Gambar 2.17 Langkah menentukan *force*
(Sumber: *Ansys Library*)



Gambar 2.18 Langkah menentukan *support*
(Sumber: *Ansys Library*)

Jadi pada *boundary condition*, ditentukan beban-beban yang bekerja pada geometri dan tumpuan apa saja yang digunakan pada geometri.

2.10 PERHITUNGAN STRUKTUR

Perhitungan struktur troli *warehouse* menggunakan reaksi tumpuan dengan gaya beban statis terpusat dan merata. Dengan persamaan hukum Newton I. Dengan jumlah gaya vertikal = 0 dan jumlah gaya horizontal = 0

2.10.1 Hukum I Newton

Hukum ini menyatakan bahwa jika resultan gaya (jumlah vektor dari semua gaya yang bekerja pada benda) bernilai nol, maka kecepatan benda tersebut konstan. Dirumuskan secara matematis menjadi:

$$\sum F = 0 \quad (2.9)$$

Dengan gaya horizontal dan gaya vertikal sebagai berikut:

$$\sum F_x = 0 \quad (2.10)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2.11)$$

(Crowell, Benjamin, 2001)

2.11 FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Metode ini dikembangkan sekitar tahun 1960-an, ketika gerakan mutu mulai timbul. Pemakaian secara formal dimulai di industri dirgantara. Sasaran awal FMEA adalah mencegah terjadinya kecelakaan yang dapat membahayakan nyawa orang. Penggunaan FMEA saat ini sudah sangat luas, pada intinya adalah mencegah terjadinya kegagalan dan dampaknya sebelum terjadi.

Istilah-istilah yang digunakan dalam FMEA berbeda dengan yang digunakan dalam standar manajemen risiko. Istilah-istilah tersebut antara lain:

1. Kesalahan (*failure*) adalah kegagalan proses atau produk
2. Kegawatan (*severity*) adalah dampak yang timbul apabila suatu kesalahan (*failure*) terjadi
3. Kejadian (*occurance*) adalah kemungkinan atau probabilitas atau frekuensi terjadinya kesalahan
4. Deteksi (*detection*) adalah kemungkinan untuk mendeteksi suatu kesalahan akan terjadi atau sebelum dampak kesalahan tersebut terjadi

5. Tingkat prioritas risiko (*Risk Priority Number-RPN*) adalah hasil perkalian dari masing-masing tingkat kegawatan kejadian dan deteksi. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut,

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.21)$$

Dimana,

RPN = tingkat prioritas

S = kegawatan

O = kejadian

D = deteksi

2.11.1 Tipe-tipe FMEA

Terdapat tiga tipe utama FMEA yaitu:

1. *System FMEA*: Digunakan untuk menganalisa keseluruhan sistem atau subsistem pada saat penyusunan konsep difase *design* (dalam siklus DMAIC)
2. *Design FMEA*: Digunakan untuk menganalisa rancangan produk sebelum dirilis/diproduksi oleh manufaktur
3. *Process FMEA*: Jenis yang paling sering digunakan dan di banyak kasus merupakan metode yang paling mudah diterapkan dibanding dua jenis lainnya.

2.11.2 Langkah FMEA

Untuk melakukan FMEA, sangat disarankan untuk membuat tabel yang akan membantu analisa anda. Format tabel dapat bervariasi. Anda dapat menemukan salah satu *template FMEA* pada tautan di akhir.

1. Langkah ke-1: Peninjauan proses

Tim FMEA harus meninjau ulang peta proses bisnis atau bagan alir yang ada untuk dianalisis. Ini perlu dilakukan untuk mendapatkan kesalahan paham terhadap proses tersebut. Dengan menggunakan peta atau bagan alir tersebut, seluruh anggota tim haruslah melakukan peninjauan lapangan (*process walk-through*) untuk meningkatkan pemahaman terhadap proses yang dianalisa. Bila peta proses atau bagan alir belum ada maka tim harus menyusun peta proses atau bagan alir tersebut sebelum memulai proses FMEA itu sendiri.

2. Langkah ke-2: *Brainstorming* berbagai bentuk kemungkinan kesalahan atau kegagalan proses

Setelah melakukan peninjauan lapangan terhadap proses yang akan dianalisis maka setiap anggota tim akan melakukan *brainstorming* terhadap kemungkinan kesalahan atau kegagalan yang dapat terjadi dalam proses tersebut. Proses *brainstorming* ini dapat berlangsung lebih dari satu kali untuk memperoleh satu daftar yang komprehensif terhadap segala kemungkinan kesalahan yang dapat terjadi. Hasil *brainstorming* ini kemudian dikelompokkan menjadi beberapa penyebab kesalahan seperti manusia, mesin atau peralatan, material, metode kerja dan lingkungan kerja. Cara lain untuk mengelompokkan adalah menurut jenis kesalahan itu sendiri, misalnya kesalahan pada proses *welding*, kesalahan elektrik, kesalahan mekanis dan lain-lain. Pengelompokkan ini akan mempermudah proses analisis nantinya dan untuk mengetahui dampak satu kesalahan yang mungkin menimbulkan kesalahan yang lain.

3. Langkah ke-3: Membuat daftar dampak tiap-tiap kesalahan

Setelah diketahui semua daftar kesalahan yang mungkin terjadi maka dimulai menyusun dampak dari masing-masing kesalahan tersebut. Untuk setiap kesalahan, dampak yang terjadi bisa hanya satu, tetapi mungkin juga bisa lebih dari satu. Bila lebih dari satu maka semuanya harus ditampilkan. Proses ini harus dilaksanakan dengan cermat dan teliti, karena apa yang terlewat dari proses ini tidak akan mendapatkan perhatian untuk ditangani.

Kriteria dampak, kemungkinan dan deteksi ini harus ditetapkan terlebih dahulu. Kriteria mula-mula secara kualitatif dan kemudian dibuat secara kuantitatif. Apabila bisa langsung dibuat secara kuantitatif akan lebih baik. Skala kriteria untuk ketiga jenis penilaian ini juga harus sama, misalnya terbagi dalam skala 5 atau skala 10. Nilai 1 terendah dan nilai 5 atau 10 tertinggi. Penilaian peringkat dari ketiga variabel yang dinilai dilakukan secara konsensus dan disepakati oleh seluruh anggota tim.

4. Langkah ke-4: Menilai tingkat dampak (*severity*) kesalahan

Penilaian terhadap tingkat dampak adalah perkiraan besarnya dampak negatif yang diakibatkan apabila kesalahan terjadi. Bila pernah terjadi maka

penilaian akan lebih mudah, tetapi bila belum pernah maka penilaian dilakukan berdasarkan perkiraan.

5. Langkah ke-5: Menilai tingkat kemungkinan terjadinya (*occurrence*) kesalahan

Sama dengan langkah keempat, bila tersedia cukup data maka dapat dihitung probabilitas atau frekuensi kemungkinan terjadinya kesalahan tersebut. Bila tidak tersedia maka harus digunakan estimasi yang didasarkan pada pendapat ahli (*expert judgement*) atau metode lainnya.

6. Langkah ke-6: Menilai tingkat kemungkinan deteksi dari tiap kesalahan atau dampaknya

Penilaian yang diberikan menunjukkan seberapa jauh kita dapat mendeteksi kemungkinan terjadinya kesalahan atau timbulnya dampak dari suatu kesalahan. Hal ini dapat diukur dengan seberapa jauh pengendalian atau indikator terhadap hal tersebut tersedia. Bila tidak ada maka nilainya rendah, tetapi bila indikator sehingga kecil kemungkinan tidak terdeteksi maka nilainya tinggi.

7. Langkah ke-7: Hitung tingkat prioritas risiko (RPN) dari masing-masing kesalahan dan dampaknya

Nilai prioritas risiko merupakan perkalian dari, $RPN = (\text{nilai dampak}) \times (\text{nilai kemungkinan}) \times (\text{nilai deteksi})$. Total nilai RPN ini dihitung untuk tiap-tiap kesalahan yang mungkin terjadi. Bila proses tersebut terdiri dari kelompok-kelompok tertentu maka jumlah keseluruhan RPN pada kelompok tersebut dapat menunjukkan bahwa betapa gawatnya kelompok proses tersebut bila suatu kesalahan terjadi. Jadi terdapat tingkat prioritas tertinggi untuk jenis kesalahan dan jenis kelompok proses.

8. Langkah ke-8: Urutkan prioritas kesalahan yang memerlukan penanganan lanjut

Setelah dilakukan perhitungan RPN untuk masing-masing potensi kesalahan maka dapat disusun prioritas berdasarkan nilai RPN tersebut. Apabila digunakan skala 10 untuk masing-masing variabel maka nilai tertinggi RPN adalah $= 10 \times 10 \times 10 = 1000$. Bila digunakan skala 5, maka nilai tertinggi adalah $= 5 \times 5 \times 5 = 125$. Terhadap nilai RPN tersebut dapat dibuat klasifikasi tinggi, sedang dan rendah atau ditentukan secara umum bahwa

untuk nilai RPN di atas 250 (*cut-off points*) harus dilakukan penanganan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan dan dampaknya serta pengendalian deteksinya. Penentuan klasifikasi atau nilai batas penanganan ditentukan oleh kepala tim atau oleh manajemen sesuai dengan jenis proses yang dianalisis.

9. Langkah ke-9: Lakukan tindak mitigasi terhadap kesalahan tersebut

Idealnya semua kesalahan yang menimbulkan dampak tinggi harus dihilangkan sepenuhnya. Penanganan dilakukan secara serentak untuk ketiga aspek, yaitu meningkatkan kemampuan untuk mendeteksi kesalahan, mengurangi dampak kesalahan bila terjadi. Salah satu contoh untuk mendeteksi adanya kesalahan adalah adanya indikator panas pada mesin mobil bila terjadi *overheating*. Kesalahan ini dapat disebabkan oleh berbagai hal, misalnya kipas radiator tidak bekerja, kebocoran pipa air pendingin, pompa air radiator tidak bekerja dan lain-lain. Sedangkan cara untuk mencegah dampak kesalahan bila sudah terjadi adalah dengan memasang kontak pemutus aliran listrik ke mesin sehingga mesin mati bila terjadi *overheating*. Dengan demikian, mesin tidak akan rusak karena *overheating* berlanjut. Untuk mengurangi terjadinya kesalahan, caranya adalah dengan menyusun suatu prosedur pemeriksaan berkala terhadap semua peralatan tersebut

10. Langkah ke-10: Hitung ulang RPN yang tersisa untuk mengetahui hasil dari tindak lindung yang dilakukan.

SEGERA setelah tindak lindung risiko dilaksanakan, harus dilakukan pengukuran ulang atau perkiraan nilai deteksi, nilai dampak dan nilai kemungkinan timbulnya kesalahan. Setelah itu dilakukan perhitungan nilai tingkat prioritas risiko kesalahan tadi. Hasil tindak lindung tadi harus menghasilkan penurunan nilai RPN yang cukup signifikan ke tingkat yang cukup aman. Bila belum tercapai maka tetap perlu dilakukan tindak lindung lebih lanjut.

Berikut merupakan tabel yang menunjukkan keterangan dalam melakukan penilaian *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D).

Tabel 2.3 Skala penilaian untuk *occurrence*, *severity* dan *detection*

Skor	<i>Occurrence (O)</i>	<i>Severity (S)</i>	<i>Detection (D)</i>
1	Hampir tidak pernah	Tidak ada efek	Hampir pasti
2	Sangat jarang	Sangat kecil/ minor	Sangat mudah
3	Cukup jarang	Kecil/ minor	Mudah
4	Sedikit jarang	Sangat rendah	Cukup mudah
5	Jarang	Rendah	Biasa saja
6	Sedikit sering	Sedang	Agak sulit
7	Cukup sering	Tinggi	Cukup sulit
8	Sering	Sangat tinggi	Sulit
9	Sangat Sering	Serius	Sangat sulit
10	Hampir selalu terjadi	Sangat berbahaya/ serius	Hampir tidak mungkin

Sumber: Sellappan & Palanikumar (2013)

Tabel 2.4 Skala peringkat *severity*

Skor	Dampak	Tingkat Kerusakan
1	Tidak ada efek	Tidak ada
2	Sangat kecil/ minor	Penyebab diketahui, sedikit kerusakan pada prosedur
3	Kecil/ minor	Penyebab diketahui, sedikit kerusakan pada proses
4	Sangat rendah	Penyebab diketahui, sedikit kerusakan pada peraturan
5	Rendah	Penyebab diketahui, banyak kerusakan pada prosedur
6	Sedang	Penyebab diketahui, banyak kerusakan pada proses
7	Tinggi	Penyebab diketahui, banyak kerusakan pada peraturan
8	Sangat tinggi	Penyebab tidak diketahui, masalah diketahui dan dapat diatasi
9	Serius	Penyebab tidak diketahui, masalah diketahui dan tidak dapat diatasi
10	Sangat berbahaya/ serius	Penyebab tidak diketahui, masalah tidak diketahui

Sumber: Faizal & Palaniappan (2014)

Tabel 2.5 Skala peringkat *occurrence*

Skor	Kemungkinan Kejadian	Tingkat Terjadinya Risiko
1	<1 dari 1.500.000	Hampir tidak pernah
2	1 dari 150.000	Sangat jarang
3	1 dari 15.000	Cukup jarang
4	1 dari 2.000	Sedikit jarang
5	1 dari 400	Jarang
6	1 dari 80	Sedikit sering
7	1 dari 20	Cukup sering
8	1 dari 8	Sering
9	1 dari 3	Sangat Sering
10	>1 dari 2	Hampir selalu terjadi

Sumber: Faizal & Palaniappan (2014)

Tabel 2.1 Skala peringkat *detection*

Skor	Deteksi	Kemungkinan Dideteksi
1	Hampir pasti	Pengendalian pasti dapat mencegah risiko
2	Sangat mudah	Sangat besar risiko dapat dicegah
3	Mudah	Besar risiko dapat dicegah
4	Cukup mudah	Kemungkinan risiko dapat dicegah
5	Biasa saja	Risiko cukup berkesempatan untuk dapat dicegah
6	Agak sulit	Kecil kemungkinan risiko dapat dicegah
7	Cukup sulit	Cukup kecil kemungkinan risiko dapat dicegah
8	Sulit	Tipis kemungkinan risiko dapat dicegah
9	Sangat sulit	Sangat tipis kemungkinan risiko dapat dicegah
10	Hampir tidak mungkin	Pengendalian tidak dapat mencegah risiko

Sumber: Faizal & Palaniappan (2014)

2.12 STATE OF THE ART

Penyusunan skripsi ini mengambil beberapa referensi penelitian sebelumnya termasuk jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini.

Tabel 2.7 *State of the art*

Judul Jurnal	Pembahasan
<i>IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)</i>	<u>Hasil Penelitian:</u> Modifikasi troli manual menjadi troli belanja otomatis pengikut manusia. Troli

<p>Fabrication of Automated Electronic Trolley</p> <p>Peneliti Mr. Madhukara Nayak (<i>Assistantant Professor</i>), Karthik Kamath B, Karunakara, Rohill Joseph Lobo, Shreedeeep S Anchan, Prof. Er. U. Saikrishna</p> <p>Lokasi Shri Madhwa Vadiraja Institute of Technology and Management, India</p> <p>Tahun 2015</p> <p>Bentuk Laporan Jurnal</p>	<p>belanja dilengkapi dengan sensor ultrasonik untuk menghindari penghalang. Pengguna bisa menikmati belanja dan lebih memperhatikan anak mereka saat berbelanja tanpa perlu mendorong troli belanja. Pengguna bisa melacak barang yang dibeli dengan mudah.</p> <p><u>Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian:</u> Mengembangkan troli dengan desain yang baru, supaya barang bisa masuk secara otomatis kedalam troli dan menyediakan <i>pin catcher</i> supaya troli bisa ditarik oleh <i>line follower</i> dimana <i>pin cather</i> bersifat universal sehingga troli “a” bisa ditarik <i>line follower</i> “b”.</p>
<p><i>Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)</i></p> <p>Design and Implementation of Automated Trolley by Using Mobile Frequency</p> <p>Peneliti Pranjal Shende, Yash Giradkar, Shubham Mohite, Shubham Zode, Rohit Singh</p> <p>Lokasi K.D.K. College Of Engineering, India</p> <p>Tahun 2017</p>	<p><u>Hasil Penelitian:</u> Modifikasi troli manual menjadi troli belanja otomatis. Troli mampu berjalan sendiri sesuai perintah. <i>Output</i> sensor diumpankan ke mikrokontroler diteruskan perintah yang sesuai ke motor penggerak agar motor bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan. Pengendali troli memakai <i>handphone</i>.</p> <p><u>Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian:</u> Mengembangkan troli dengan desain yang baru, supaya barang bisa masuk secara otomatis kedalam troli dan menyediaka <i>pin catcher</i> supaya troli bisa</p>

<p>Bentuk Laporan Jurnal</p>	<p>ditarik oleh <i>line follower</i>.</p>
<p>Usulan Rancangan Troli sebagai Alat Bantu Angkut Karung Gabah Dalam Rangka Perbaikan Postur Kerja Di Penggilingan Padi</p> <p>Peneliti Bayu Putut Tri Nugroho</p> <p>Lokasi Universitas Sebelas Maret, Solo.</p> <p>Tahun 2012</p> <p>Bentuk Laporan Tugas Akhir</p>	<p><u>Hasil Penelitian:</u></p> <p>Rancangan troli sebagai alat bantu angkut karung berisi gabah menggunakan material besi pipa dengan dimensi 25x25x1,4 mm. diperoleh tegangan ijin 10.6 Mpa. Dari segi ergonomi dimensi troli yaitu 90x90x99 cm, dengan ketinggian pegangan 109cm.</p> <p><u>Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian</u></p> <p>Mengembangkan troli dengan desain yang baru, supaya barang bisa masuk secara otomatis kedalam troli. Pada saat mendesain, menentukan dimensi material yang akan digunakan.</p>
<p>Perancangan dan Analisis <i>Trolley</i> Untuk <i>Fuselage</i> Pesawat Terbang <i>CASA 212-400</i> Di PT. Dirgantara Indonesia</p> <p>Peneliti Ihsan Yassir Amry, Bustami Ibrahim, SST, MT.</p> <p>Lokasi Politeknik Manufaktur Negeri Bandung</p> <p>Tahun 2014</p> <p>Bentuk Laporan Tugas Akhir</p>	<p><u>Hasil Penelitian:</u></p> <p>Merancang troli untuk mengangkut fuselage pesawat terbang. Konsep <i>trolley</i> dengan rangka yang dibangun dari pengelasan baja profil serta roda penggerak troli menggunakan <i>automotif wheel</i>. Rancangan aman untuk mengangkut beban hingga 700kg. Simulasi kontruksi menggunakan <i>software simulator</i>.</p>

<p>Simulasi Sistem Perjalanan Troli Secara Otomatis Menuju Lokasi Barang Sesuai Pesanan dengan Menggunakan Beberapa Pendekatan Sistem Terdistribusi</p> <p>Peneliti Amalia Nuryamin, Ihsan Helmi Faisal, Rozi Kapara Dista</p> <p>Lokasi Politeknik Negeri Bandung, Bandung</p> <p>Tahun 2012</p> <p>Bentuk Laporan Tugas Akhir</p>	<p><u>Hasil Penelitian:</u> Merancang troli untuk mengangkut barang secara otomatis beserta sistem visualisasi untuk memonitoring pergerakan troli, pemesanan barang, penentuan rute.</p> <p><u>Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian:</u> Troli yang digunakan pada penelitian sebelumnya menggunakan desain troli pada umumnya. Sehingga penelitian ini bermaksud mengembangkan troli dengan desain yang baru, supaya barang bisa masuk secara otomatis kedalam troli dan menyediakan <i>pin catcher</i> supaya troli bisa ditarik oleh <i>line follower</i>.</p>
<p><i>Design and Development of Multistage Dumping Trolley</i></p> <p>Peneliti Omkar Bagade, Vaibhav Deokar, A. H. Pawar</p> <p>Lokasi Vishwakarma Institute of Technology, Pune-37</p> <p>Tahun 2016</p> <p>Bentuk Laporan Jurnal</p>	<p><u>Hasil Penelitian:</u> Merancang <i>dumping</i> troli dengan tenaga <i>pneumatic</i>. <i>Dumping</i> troli bisa 3 sisi terangkat, yaitu bagian belakang, sisi kiri dan sisi kanan. Menggunakan 4 rangka sebagai konstruksi dan 3 buah <i>pneumatic</i> dengan diameter 5mm. Asumsi <i>Factor of Safety</i> yaitu 1.5.</p> <p><u>Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian</u> Troli yang digunakan pada penelitian sebelumnya menggunakan <i>pneumatic</i> sebagai alat pemindah barang dari atas troli sehingga penelitian bermaksud mengembangkan troli dengan desain baru agar barang bisa keluar masuk otomatis memakai energi gravitasi.</p>

<p><i>Trolley Turning and Lifting Mechanism</i></p> <p>Peneliti Ayneendra B, Mohd Salman, Jimmy Thaddeus Ojyok Attari, Marvan E</p> <p>Lokasi Bangalore Technological Institute, India</p> <p>Tahun 2017</p> <p>Bentuk Laporan Jurnal</p>	<p><u>Hasil Penelitian:</u></p> <p>Merancang desain <i>dumping</i> troli agar bongkar muat lebih mudah dengan memutar troli. Memutar troli dengan bantuan mesin kendaraan yang memanfaatkan <i>gear</i> cacing. Motor listrik digunakan untuk mengangkat troli dengan catu daya 12v. Dimensi kerangka troli yaitu 914x660x254mm. beban angkut troli yaitu 15000N.</p> <p><u>Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian:</u></p> <p>Troli yang digunakan pada penelitian sebelumnya menggunakan mesin kendaraan sebagai alat untuk mengangkat troli supaya barang dari atas troli dapat pindah, sehingga penelitian ini bermaksud mengembangkan troli dengan desain yang baru supaya barang bisa masuk dan keluar secara otomatis menggunakan energi gravitasi.</p>
<p>Optimization of Tractor's Trolley Rear Axle using CAE Tools</p> <p>Peneliti Sheikh Naim Sheikh Yusuf, Nikhil D. Raut, Abhijeet A. Sarnaik, Aafaque Shahzadkhan</p> <p>Lokasi Babasaheb Naik College of Engineering, India</p>	<p><u>Hasil Penelitian:</u></p> <p>Merancang desain poros untuk troli agar kondisi kerja gandar troli menjadi lebih aman, konsentrasi tegangan yg terjadi menjadi berkurang. Dimensi troli 3048x1830x610mm, kapasitas 7500kg, axle dim 75x75 mm panjang 1740mm. dari penelitian didapatkan masa yang berkurang senilai 42%. Simulasi rancangan dilakukan dengan program ansys.</p>

<p>Tahun 2015</p> <p>Bentuk Laporan Jurnal</p>	<p><u>Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian:</u> Pada penelitian sebelumnya menghitung poros troli dengan kapasitas yang besar. Penelitian yang sekarang menggunakan kapasitas yang lebihkecil dan mekanisme yang lebih sederhana.</p>
<p><i>Optimization of Material Handling Trolley using Finite Element Analysis</i></p> <p>Peneliti Ramkumar R, Krishnaraju A</p> <p>Lokasi Mahendra Engineering College, Namakkal, India</p> <p>Tahun 2016</p> <p>Bentuk Laporan Jurnal</p>	<p><u>Hasil Penelitian:</u> Analisis elemen hingga metodologi untuk memodelkan dan mensimulasikan troli yang digunakan di industri otomotif. Perancangan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak CREO dan analisis troli dilakukan dengan menggunakan elemen kode komersial ANSYS Workbench. Tegangan maksimal 35.17 N/mm² dengan defleksi 0.05.</p> <p><u>Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian:</u> Pada penelitian sebelumnya menghitung tegangan yang terjadi pada troli dengan metode elemen hingga dan analisis troli dengan elemen kode komersial ansys. Mengenai simulasi sama seperti penelitian yang akan saya lakukan.</p>
<p>Perancangan Troli Sebagai Alat Bantu Angkut Galon Air mineral Dengan Pendekatan Anthropometri</p> <p>Peneliti Sunarso</p>	<p><u>Hasil Penelitian:</u> Rancangan troli pengangkut galon dengan pintu troli yang dibukanya ke arah lantai, sehingga cukup mendorong galon untuk memasukan kedalam troli. Diameter pegangan troli 4cm, tinggi pegangan 87cm, dengan dimensi besi untuk rangka 25x25x1,4 mm didapatkan</p>

<p>Lokasi Universitas Sebelas Maret, Surakarta</p> <p>Tahun 2010</p> <p>Bentuk Laporan Tugas Akhir</p>	<p>tegangan ijin sebesar 3,47Mpa.</p> <p><u>Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian:</u> Mengembangkan troli dengan desain yang baru supaya barang bisa masuk secara otomatis kedalam troli.</p>
<p>PERANCANGAN TROLI KARAKURI DENGAN METODE VDI 2221</p> <p>Peneliti Pradana Dewantoko</p> <p>Lokasi Universitas Mercu Buana</p> <p>Tahun 2017</p> <p>Bentuk Laporan Tugas Akhir</p>	<p><u>Hasil Penelitian:</u> <i>Prototype</i> troli yang mengadopsi troli di PT. XYZ lalu dimodifikasi supaya perpindahan barang dari rak <i>stock</i> ke atas troli bisa masuk dengan sendiri. Menghitung kekuatan troli yang telah dimodifikasi. Gaya-gaya yang terjadi dari pembebanan pada troli yang telah dimodifikasi.</p>

UNIVERSITAS
MERCU BUANA