

Bab 2

LANDASAN TEORI

2.1 Sepatu

Alas kaki yang dahulu begitu sederhana, telah mengalami beberapa perubahan fungsi dan kegunaan, seperti terdapatnya hiasan dengan beragam aksesoris tambahan untuk memperindah tampilan. Hal itu dimulai pada abad ke-15 saat kekuasaan Dinasti Tudor di Inggris, yang menandakan status sosial. (Saryoto, 2008)

Pada abad 10 – 15, muncul jenis sepatu runcing (*sabot*) yang dikombinasi kaus rajutan *knitted house* dari Spanyol yang disukai Ratu Elizabeth, Inggris. Pada abad 19, bentuk *sole* sepatu kemudian berkembang dengan penambahan *hak* pada *sole* nya. Aspek kesederhanaan menjadi pertimbangan sehingga terjadi reduksi pernik dan dibuat dalam jumlah massal. Pada abad 20 merupakan jaman keemasan bagi alas kaki, terutama untuk para wanita. Pertama kali dalam sejarah busana, alas kaki menjadi pusat penampilan. (Ricci, 2008)

2.1.1 Bagian-bagian Sepatu

Sepatu terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

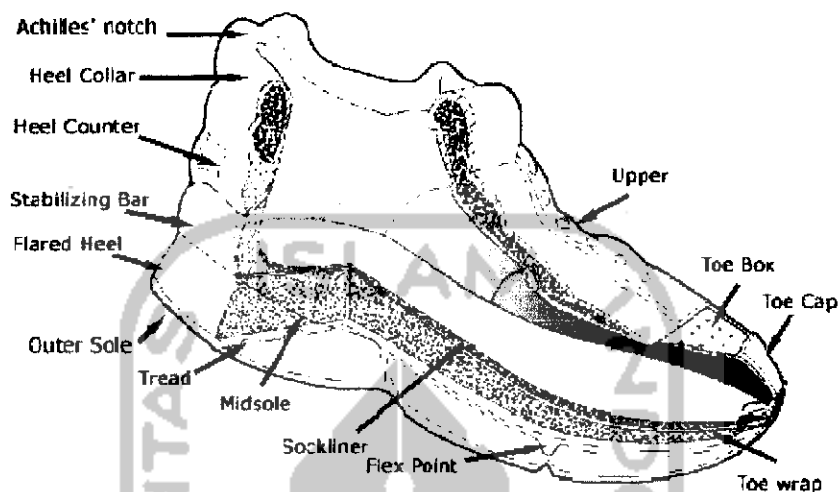
a. Upper

Merupakan bagian sepatu yang terdapat di bagian sisi atas, mulai dari ujung depan sepatu, sisi kanan dan kiri, bagian lidah (*tongue*) sampai dengan bagian belakang.

b. Bottom

Merupakan bagian alas atau bawah dari sepatu atau disebut juga dengan sol sepatu. Ada tiga jenis lapisan sol yaitu sol terluar (*outer sole*), sol tengah (*midsole*) dan sol terdalam (*in sole*).

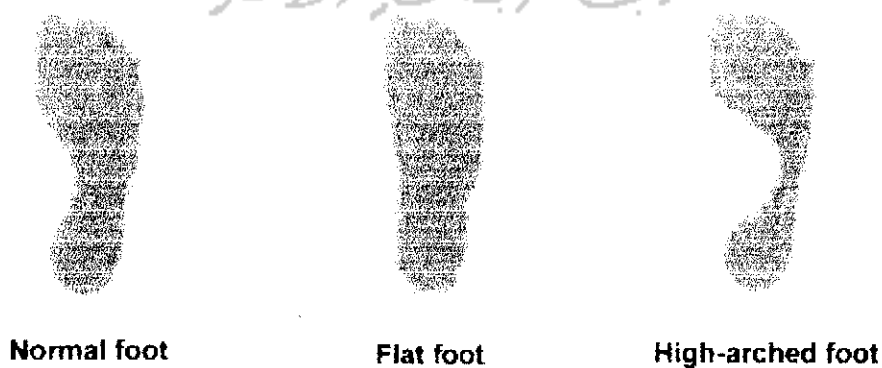
Gambar 2-1. merupakan contoh bagian-bagian sepatu. (www.shoesguide.org)



Gambar 2-1. Bagian-bagian sepatu

2.1.2 Pola Tapak Kaki Manusia

Bentuk sepatu bagaimana yang cocok untuk kaki sangat penting untuk diketahui. Pola tapak yang berbeda membuat seseorang harus lebih teliti dalam memilih sepatu. Orang dengan pola tapak kaki lebar harus memilih sepatu dengan pola tapak lebih lebar, daripada sepatu yang mempunyai pola tapak sempit. Ada berbagai jenis ukuran dan bentuk kaki manusia. (www.enjoytherun.com)



Gambar 2-2. Pola tapak kaki manusia

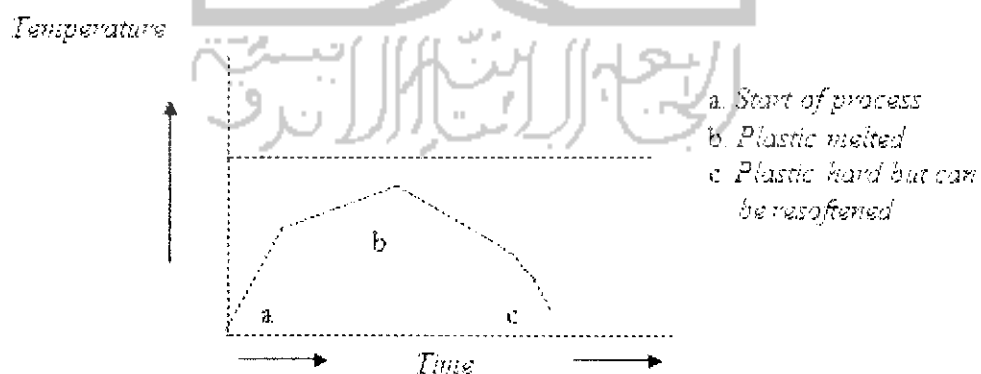
2.2 Material

2.2.1 Plastik

Bahan plastik merupakan materi yang terbentuk dari berbagai macam polimer dengan komposisi kimia dan struktur fisik yang berbeda-beda. Polimer adalah senyawa karbon yang berikatan dengan unsur hidrogen, klorin, oksigen, nitrogen dan flourin dan merupakan gabungan dari beberapa monomer yang akan membentuk rantai yang sangat panjang. (Staudinger, 1974)

Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami (seperti: permen karet, "shellac") sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia (seperti: karet alami, "nitrocellulose") dan akhirnya ke molekul buatan manusia (seperti: epoxy, polyvinyl chloride, polyethylene).

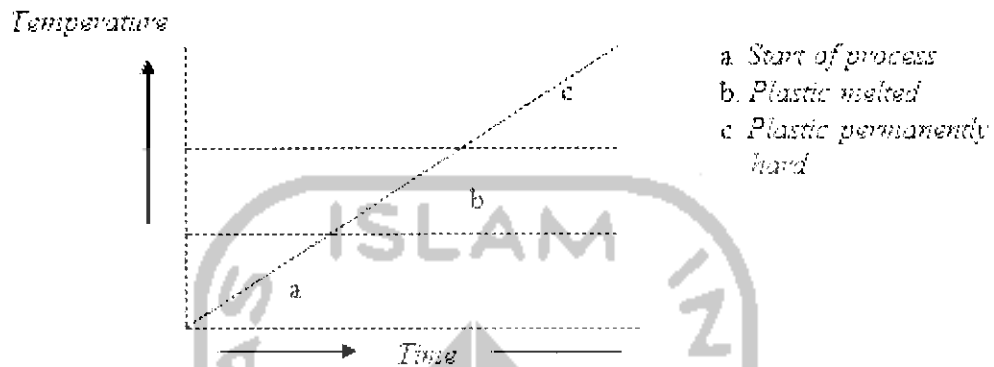
Secara garis besar plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan yaitu plastik thermoplast dan plastik thermoset. Plastik thermoplast adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas. Plastik thermoplast antara lain PE (Polyethylene), PP (Polypropylene), PS (Polysterene), ABS (Acrylonitrile-Butadine-Styrene), Nylon, dan PVC (Polyvinyl chloride).



Grafik 2-1. Plastik thermoplast

Plastik thermoset adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali. Plastik thermoset adalah PU (Poly

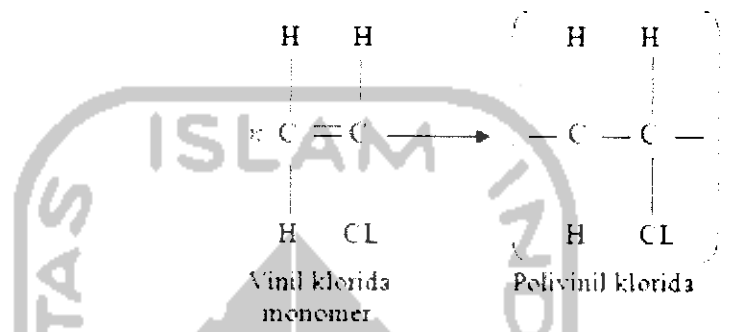
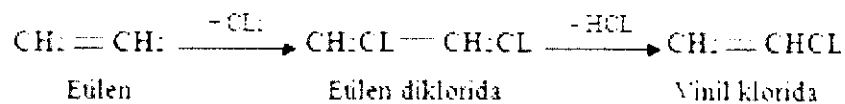
Urethane), UF (*Urea Formaldehyde*), MF (*Melamine Formaldehyde*), polyester dan epoxy.



Grafik 2-2. Plastik thermoset

Untuk membuat barang-barang plastik agar mempunyai sifat-sifat seperti yang dikehendaki, maka dalam proses pembuatannya selain bahan baku utama diperlukan juga bahan tambahan atau aditif. Penggunaan bahan tambahan ini beraneka ragam tergantung pada bahan baku yang digunakan dan mutu produk yang akan dihasilkan. Berdasarkan fungsinya maka bahan tambahan atau bahan pembantu proses dapat dikelompokkan menjadi, bahan pelunak (*plasticizer*), bahan penstabil (*stabilizer*), bahan pelumas (*lubricant*), bahan pengisi (*filler*), pewarna (*colorant*), *antistatic agent*, *blowing agent*, *flame retardant* dan sebagainya.

2.2.2 Polyvinyl Chloride (PVC)



Gambar 2-3. Rantai Polyvinyl Chloride

Tepung putih dengan massa jenis 1.4 ini, baik dalam ketahanan air, ketahanan asam dan ketahanan alkali, isolasi listriknya baik dan tahan terhadap banyak larutan. PVC melunak pada 65-85 °C, plastis pada 120-150 °C, mencair pada atau di atas 170 °C dan terurai pada atau di atas 190 °C. Temperatur yang cocok untuk pengolahan adalah 150-180 °C. Akan tetapi sifat-sifat tersebut dapat berubah tergantung pada sistem produksi.

Bahan ini mempunyai kekuatan dampak yang tidak begitu tinggi, maka bahan polimer lain seperti resin ABS, karet nitril, polietilen diklorokan, dan sebagainya, ditambahkan 6-10 bagian, diaduk, dan dikopolimerkan agar sifatnya menjadi lebih baik. Bahan ini sangat buruk dalam kestabilan terhadap panas dan cahaya, maka dipakai bahan penyetabil tertentu, yaitu campuran dari timbal anorganik (oksida timbal, timbal sulfat tribasa), sabun logam dan senyawa tanah organik. Pengaruh dari penyetabil sangat tergantung pada bahan pemlastis yang dipakai. (Surdia dan Shinroku, 1999)

Bahan baku yang diperlukan untuk pembuatan resin PVC adalah gas *chlorine* dan *ethylene*. Gas *chlorine* didapat dari garam dapur, dan *ethylene* dihasilkan dari minyak bumi. Porsi *chlorine* adalah 57% dari keseluruhan berat

PVC, jadi PVC termasuk bahan plastik dengan ketergantungan yang rendah terhadap minyak bumi yang ketersediaannya kian hari kian menipis.

Melalui teknologi bahan-bahan aditif, PVC dapat dibentuk menjadi produk-produk bermanfaat dengan variasi sifat yang sangat beragam, keras, lunak dan transparan, dan menghasilkan produk-produk yang begitu beragam, mulai dari pipa dengan berbagai ukuran dan spesifikasi kekuatan, peralatan medis, berbagai kemasan makanan maupun non-makanan, kulit imitasi, *automotive parts*, selang dan kabel, *electronics parts*, dan lain-lain.

PVC dapat bercampur secara sempurna (*miscible*) dengan masing-masing zat yang kemudian lazim disebut sebagai *plasticizer*, menghasilkan bahan baru dengan sifat yang dapat direkayasa, mulai dari yang keras, ketika hanya sedikit *plasticizer* dicampurkan dengan PVC, hingga yang sangat elastis, ketika komponen terbesar dalam campuran itu adalah *plasticizer*.

Terobosan teknis tersebut merupakan awal dari revolusi penggunaan PVC sebagai *commodity plastics* yang melibatkan penggunaan *plasticizer* guna mempermudah pemrosesannya serta memberinya sifat elastis yang cocok untuk berbagai aplikasi seperti kulit imitasi, plastik untuk alas meja, dan sebagainya. Terobosan teknis kedua berupa berkembangnya teknologi formulasi PVC dengan penggunaan zat-zat yang lazim disebut *stabilizer*, *processing aid* dan sebagainya.

Satu tahap penting lagi sebelum resin PVC bisa ditransformasikan menjadi berbagai produk akhir adalah pembuatan *compound*/adonan. *Compound* adalah resin PVC yang telah dicampur dengan berbagai aditif yang masing-masing memiliki fungsi tertentu, sehingga siap untuk diproses menjadi produk jadi dengan sifat-sifat yang diinginkan. Sifat-sifat yang dituju meliputi warna, kefleksibelan bahan, ketahanan terhadap sinar ultra violet (bahan polimer/plastik cenderung rusak jika terpapar oleh sinar ultra violet yang terdapat pada cahaya matahari), dan lain-lain.

PVC dapat direkayasa hingga bersifat keras untuk aplikasi-aplikasi seperti pipa dan botol plastik, lentur dan tahan gesek seperti pada produk sol sepatu, hingga bersifat fleksibel/lentur dan relatif tipis seperti aplikasi untuk *wall paper* dan kulit imitasi. PVC dapat juga direkayasa sehingga tahan panas dan tahan

cuaca untuk penggunaan di alam terbuka, dengan segala keluwesannya maka PVC cocok untuk jenis produk yang nyaris tak terbatas dan setiap *compound* PVC dibuat untuk memenuhi kriteria suatu produk akhir tertentu.

Compound PVC kemudian dapat diproses dengan berbagai cara untuk memenuhi ratusan jenis penggunaan yang berbeda, misalnya:

- a. PVC dapat diekstrusi, artinya dipanaskan dan dialirkan melalui suatu cetakan berbagai bentuk, sehingga dihasilkan produk memanjang yang profilnya mengikuti bentuk cetakan tersebut, misalnya produk pipa, kabel dan lain-lain.
- b. PVC juga dapat di lelehkan dan kemudian disuntikkan (cetak injeksi) ke dalam suatu ruang cetakan. Produk yang diperoleh adalah sol sepatu, sepatu, sepatu boot, *sleeve* (penguat leher baju), *valve*, *electrical and engineering parts*.
- c. Proses kalendering menghasilkan produk berupa film dan lembaran dengan berbagai tingkat ketebalan, biasanya dipakai untuk produk alas lantai, *wall paper*, dan lainnya.

2.3 Produk Desain

Sebuah desain produk akan dikatakan baik jika sesuai dengan kebutuhan konsumen baik dari sisi fungsi dan maupun bentuknya, mudah untuk dibuat/dilakukan proses pemesinan, murah dan dapat memberikan peluang kepada perusahaan dalam persaingan yang menguntungkan dan yang paling terpenting yaitu selalu mengedepankan konsep KISS (*keep it super simple*). (Ulrich dan Eppinger, 1995).

Kemampuan ataupun aktifitas desain yang berhubungan dengan inovasi sangatlah luas, tergantung dari produk apa yang akan dihasilkan dan untuk siapa (pengguna). Inovasi dan ide-ide desain tidaklah terbatas pada awal perencanaan desain, tetapi sudah harus dipikirkan penerapannya pada kemampuan produksi yang meliputi diantaranya pembuatan *tool*, *jig*, *mold*, dan sistematisa desain proses produksi, yaitu kemudahan di dalam menentukan proses kerja produksi secara efisien dan ekonomis. Kecepatan perubahan rancangan produk akan

dipengaruhi oleh kecepatan perkembangan teknologi, kerumitan produk dan proses, pemendekan siklus perancangan dan faktor-faktor organisasi. (Kaebernick dkk, 1997).

Cara konvensional untuk mendesain cetakan berdasarkan desain dan pengembangan produk menghabiskan banyak waktu dan biaya yang mahal. Simulasi komputer bisa digunakan untuk proses pengembangan yang cepat sebelum suatu investasi penting dilakukan. (Risdiyono, 2007).

2.3.1 Proses Pengembangan Produk

Secara umum, proses adalah urutan langkah-langkah dalam mengubah masukan (*input*) menjadi suatu keluaran (*output*). Proses pengembangan produk merupakan tahapan-tahapan kegiatan perusahaan dalam menyusun, merancang, dan mengomersilkan produk.

Proses pengembangan produk terdiri dari enam tahap. (Ulrich dan Eppinger, 1995) :

- a. Perencanaan
Tahap ini disebut juga sebagai *zerofase*.
- b. Pengembangan Konsep
Kebutuhan pasar sasaran (*target market*) diidentifikasi.
- c. Perancangan Tingkatan Sistem
Pembagian produk menjadi subsistem-subsistem serta komponen-komponen.
- d. Perancangan (desain) Detail
Meliputi spesifikasi lengkap mencakup bentuk geometri produk serta komponennya, bahan yang digunakan, juga mencakup pengadaan komponen apakah dibuat sendiri atau dibeli (pesan). *Output* dari tahap ini adalah gambar file komputer (CAD/CAM/CAE).
- e. Pengujian dan Perbaikan (evaluasi)
Pembuatan *prototype* produk untuk diuji (dievaluasi) apakah sudah sesuai dengan produk yang diinginkan/diharapkan atau belum.

f. Produksi Awal

Produk dibuat dengan menggunakan sistem produksi yang sesungguhnya, bertujuan untuk melatih kemampuan dan mengetahui segala permasalahan yang mungkin muncul pada produksi yang sesungguhnya. Dalam industri manufaktur tahap ini biasanya disebut dengan *pre-production* (PP), tahap ini juga merupakan tahap terakhir untuk melangkah ke *mass-production* (MP).

Tahapan proses pengembangan produk terlihat pada gambar 2-4 berikut.



Gambar 2-4. Tahapan proses pengembangan produk baru

2.3.2 Identifikasi Kebutuhan Pelanggan

Analisa kebutuhan pelanggan dipergunakan untuk mengidentifikasi kepuasan pelanggan yang sifatnya sangat penting, dan menentukan spesifikasi produk yang akan dikembangkan dengan *feature* yang mampu memenuhi keinginan konsumen tersebut. Ini merupakan cara berkomunikasi secara langsung dengan pelanggan dalam rangka memahami sudut pandang pengguna produk dan meminimalisasi kekeliruan penafsiran rancangan produk ketika diluncurkan ke pasar. Idealnya adalah setiap produk baru yang dirancang harus sesuai dengan ekspektasi konsumen.

Manfaat dari analisa tersebut adalah melaksanakan suatu metode yang sistematis dalam mengumpulkan suara pelanggan (*voice of customer*), menyaring dan memprioritaskan *features* unggulan yang akan dikembangkan. Dalam hal ini, tidak semua VOC diakomodir dalam produk yang akan dikembangkan, namun setiap ide yang tertuang dalam VOC harus disaring dan dianalisis dan juga perlu disesuaikan dengan kemampuan sumber daya yang dimiliki, karena mungkin saja

terdapat suatu ide yang sangat kreatif dan inovatif dan memungkinkan secara teknis untuk dikembangkan, namun apabila sumber daya dan tenaga ahli serta finansial yang tidak mendukung, maka proses pengembangan produk baru umumnya tidak dapat berjalan dengan baik dan memungkinkan juga proses ini tidak akan dilanjutkan.

Pengembangan produk yang hanya berdasarkan pada imajinasi dan perkiraan, tanpa melakukan riset dan analisa pasar yang memadai, merupakan penyebab umum terjadinya kegagalan produk baru ketika diluncurkan ke pasar. Dengan melakukan analisa kebutuhan pelanggan maka faktor kegagalan akan bisa diantisipasi dan memastikan bahwa proses pengembangan produk yang dilakukan berada pada jalur yang semestinya.

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan untuk mengumpulkan dan mengetahui kebutuhan pelanggan :

- a. Mencari data awal dari pelanggan
- b. Jenis kebutuhan pelanggan dipilih/ditumpuk
- c. Mengurutkan tingkat kepentingan pelanggan
- d. Melakukan analisa statistik
- e. Merefleksikannya ke dalam proses dan hasil

Semakin suatu produk hadir dengan tuntutan kebutuhan pelanggan dan memungkinkan secara teknis dan faktor lainnya, maka ketika nanti produk tersebut hadir akan diterima pasar dengan baik. Oleh karena itu, dengan mengetahui tuntutan kebutuhan pelanggan akan suatu produk dengan baik, merupakan awal proses pengembangan produk yang berhasil. Respon dari pelanggan merupakan penentu sukses tidaknya produk yang baru di kembangkan.

Mengembangkan produk dengan terlebih dahulu mendengarkan VOC akan jauh lebih baik ketimbang hanya mengandalkan hitungan di atas kertas dan perkiraan-perkiraan serta asumsi-asumsi yang dangkal.

Setiap permintaan dan keinginan konsumen akan kualitas produk biasanya mempunyai bobot tingkat kepentingan yang berbeda. Untuk menentukan prioritas yang harus diutamakan, terlebih dahulu dibuat pembobotan berupa penilaian

sehingga bisa mengetahui hal yang menjadi perhatian dan diutamakan dalam produk yang dikembangkan. (Purba, 2009)

2.3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang umum digunakan dalam suatu penelitian adalah observasi, wawancara, dan kuesioner. (Sugiyono, 2002)

a. Wawancara

Wawancara digunakan untuk mendapatkan data secara langsung dari pihak tertentu yang merupakan komunikasi dari seorang pekerja untuk mendapatkan informasi sesuai dengan yang diinginkan. Teknik wawancara memakan waktu dan biaya yang sangat besar untuk sampel yang cukup besar dan tersebar. Wawancara berarti komunikasi antara pewawancara dan orang yang diwawancara, hal ini cenderung menimbulkan perbedaan interpretasi antara keduanya. Namun dengan teknik wawancara akan dapat diperoleh informasi lebih lengkap.

b. Kuesioner

Kuesioner merupakan metode penelitian yang harus dijawab responden untuk menyatakan pandangannya terhadap suatu persoalan. Sebaiknya pertanyaan dibuat dengan bahasa sederhana yang mudah dimengerti dan kalimat-kalimat pendek dengan maksud yang jelas. Penggunaan kuesioner sebagai metode pengumpulan data memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah pertanyaan yang akan diajukan pada responden dapat distandarkan, responden dapat menjawab kuesioner pada waktu luangnya, pertanyaan yang diajukan dapat dipikirkan terlebih dahulu sehingga jawabannya dapat dipercaya dibandingkan dengan jawaban secara lisan, serta pertanyaan yang diajukan akan lebih tepat dan scragam. Kuesioner dapat dibagi menjadi empat, yaitu :

1. Kuesioner tertutup

Setiap pertanyaan telah disertai sejumlah pilihan jawaban. Responden hanya memilih jawaban yang paling sesuai.

2. Kuesioner terbuka

Tidak terdapat pilihan jawaban sehingga responden harus memformulasikan jawabannya sendiri.

3. Kuesioner semi terbuka

Pertanyaan yang jawabannya telah tersusun rapi, tetapi masih ada kemungkinan tambahan jawaban.

4. Kuesioner kombinasi terbuka dan tertutup

Dalam penelitian ini, digunakan metode pengumpulan data dengan wawancara pada saat awal penelitian.

c. Observasi

Observasi merupakan salah satu teknik metode pengumpulan data yang cukup efektif, karena untuk mempelajari atau mengetahui suatu hal tertentu diperlukan pengamatan secara langsung terhadap kegiatan yang sedang terjadi/berlangsung. Untuk mendapatkan hasil pengamatan yang baik, pengamatan harus dilakukan dalam waktu yang lama serta pengamat harus membiasakan diri untuk tidak mengganggu kewajaran objek yang diamati sehingga hasil pengamatan dapat optimal.

2.3.4 Ukuran Penyimpangan

Ukuran penyimpangan kadang-kadang dinamakan pula *ukuran variasi*, yang menggambarkan bagaimana berpencarnya data kuantitatif. Untuk mengukur tingkat penyimpangan dari suatu nilai variabel dapat digunakan simpangan baku (deviasi standar).

Untuk menghindari agar jumlah simpangan tidak nol ialah dengan mengkuadratkan semua simpangan, sehingga simpangan yang negatif akan berubah menjadi positif. Jumlah simpangan yang telah dikuadratkan kemudian dibagi dengan jumlah pengamatan n , disebut dengan Varians (*Variance*). Dengan kata lain, untuk mendapatkan rumus simpangan baku maka rumus varians harus diakarkan, yaitu :

- a. Untuk data tidak berkelompok :

$$Sd = \sqrt{[\sum (xi - \underline{X})^2 / (n - 1)]} \dots\dots\dots (2-1)$$

- b. Untuk data berkelompok :

$$Sd = \sqrt{[(\sum Fr(xi - \underline{X})^2) / (n - 1)]} \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan :

- Sd = Standar Deviasi
 xi = Nilai pengamatan ke-i
 \underline{X} = Nilai rata-rata
 n = Jumlah pengamatan
 Fr = Frekwensi

Yang perlu ditekankan adalah jika nilai simpangan tersebut semakin besar maka data tersebut semakin tidak baik atau rata-rata hitungannya tidak dapat menggambarkan dengan baik terhadap data riil yang diamati, dan sebaliknya jika semakin kecil nilai simpangan maka data tersebut semakin baik.

2.4 Software CAD/CAM/CAE

CAD (*Computer Aided Design*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*) adalah suatu teknologi yang digunakan pada kegiatan desain dan produksi dengan menggunakan komputer digital. (*Groover dan Zimmers, 1987*).

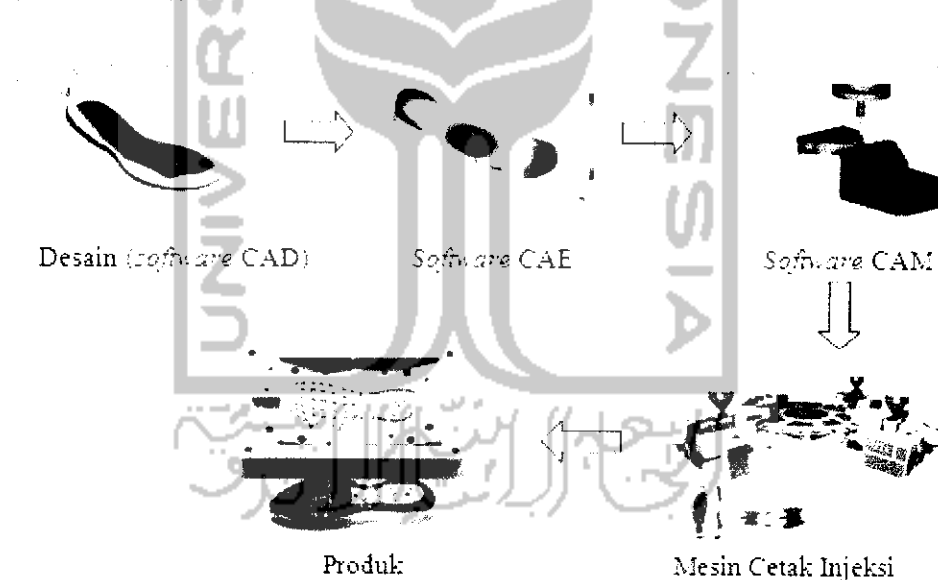
CAD bisa diartikan sebagai sistem komputer yang digunakan untuk membantu dalam membuat, modifikasi, analisis, atau mengoptimalkan desain. Sistem komputer ini terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). (*Kalpakjian dan Schmid, 2006*).

CAM adalah *software* yang digunakan untuk merencanakan, mengatur dan mengontrol operasi pada kegiatan manufaktur, seperti menentukan pahat (*tools*) yang akan digunakan, menentukan ketinggian benda kerja (*work piece*), *feed rate*,

stepdown, *stepover* dan menentukan semua parameter yang akan digunakan pada saat proses pemesinan. *Software* CAM juga dapat mensimulasikan proses pemesinan, waktu pemesinan dan akhirnya mengirimkan data dari komputer yang digunakan untuk mendesain ke mesin-mesin yang digunakan pada saat pemesinan hingga berakhir menjadi sebuah produk.

CAE (*Computer Aided Engineering*) merupakan *software* yang di gunakan untuk mensimulasikan desain sebelum masuk ke tahap simulasi pemesinan. *Software* CAE dapat memberikan petunjuk tentang hal-hal yang terjadi pada suatu desain seperti analisa tegangan, analisa aliran material, analisa aerodinamik dan sebagainya.

Gambar 2-5 merupakan ilustrasi dari penggunaan *software* CAD/CAM/CAE.

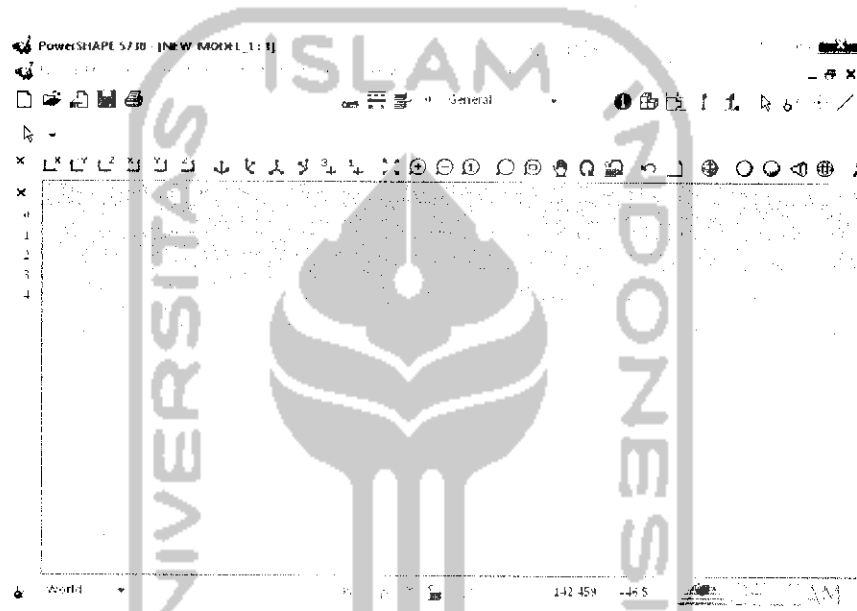


Gambar 2-5. Ilustrasi penggunaan *software* CAD/CAM/CAE

Di era persaingan global ini, paradigma lingkungan terhadap munculnya sistem industri manufaktur modern adalah dapat menghasilkan produk yang beraneka ragam dengan kualitas tinggi dan biaya rendah dalam waktu sesingkat mungkin, oleh karena itu para *engineer* menggunakan teknologi CAD/CAM/CAE untuk mengotomasikan dan mengoptimalkan desain maupun proses produksi. Hal tersebut merupakan tantangan bagi produsen perangkat lunak/*software* komputer

untuk mengembangkan teknologi *software* CAD/CAM/CAE untuk mendukung industri manufaktur modern. Terbukti dari banyaknya produsen *software* yang mengeluarkan berbagai macam *software* CAD/CAM/CAE dengan berbagai macam keunggulan yang berbeda.

2.4.1 Delcam PowerSHAPE



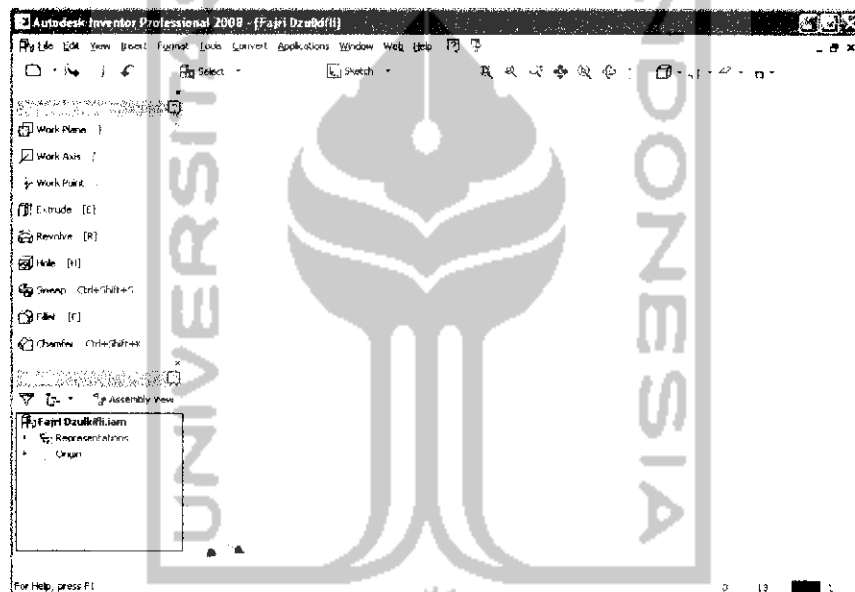
Gambar 2-6. Tampilan Delcam PowerSHAPE

Software PowerSHAPE memiliki *fitur-fitur* yang memudahkan dalam proses *modeling*. *Fitur* tersebut antara lain PS-Draft, PS-Assembly, PS-Electrode, PS-Estimator, PS-Shoemaker, dan PS-Moldmaker. PS-Moldmaker digunakan untuk membuat cetakan produk yang akan dibuat dalam perancangan tugas akhir ini. Dalam *fitur* ini disediakan *asistant window* yang berisi *tool-tool* untuk membuat cetakan (*tools for moldmaking*), mulai dari pembuatan model, menentukan *core* dan *cavity*, *base mold*, komponen penyusun, dan simulasi untuk buka-tutup cetakan. (Delcam Plc, 2002).

Menurut hasil penelitian, *fitur-fitur* yang dimiliki *software* PowerSHAPE lebih lengkap jika dibandingkan dengan *software* CAD lain (Alibre X-press, Deled Lite). PowerSHAPE memiliki keunggulan yaitu adanya fasilitas untuk melakukan kolaborasi dengan *software* lain. (Suteja dan Setiawan, 2008).

2.4.2 Autodesk Inventor

Autodesk Inventor adalah salah satu *software* CAD yang dikeluarkan oleh perusahaan Autodesk yang ditujukan untuk para pengguna di bidang rekayasa desain dan konstruksi untuk membuat *digital prototyping*. Autodesk Inventor dilengkapi dengan beberapa fasilitas yang memudahkan para penggunanya untuk berkreasi dan berimprovisasi dalam proses pendesainan maupun pemodelan sampai pada tahapan simulasi dan animasi.



Gambar 2-7. Tampilan Autodesk Inventor 2008

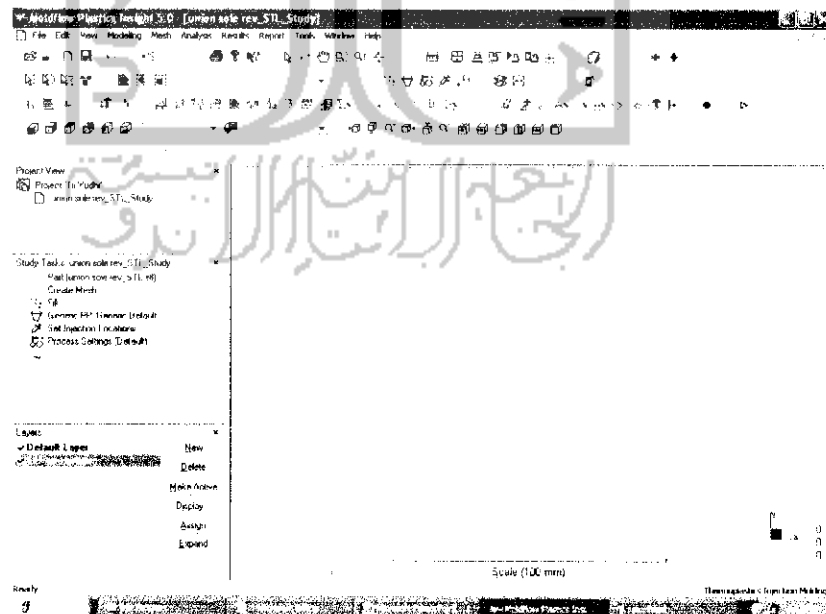
Autodesk Inventor dilengkapi dengan kemampuan untuk dapat menyimpan file dalam beberapa format internasional seperti IGES, STL, STP, DWG, dan lain-lain. Sehingga pemodelan yang sebelumnya telah dikerjakan di *software* lain, bisa dikerjakan lebih lanjut di Inventor ini, begitupun sebaliknya.

Autodesk Inventor juga merupakan *software* CAE (*Computer Aided Engineering*) karena dilengkapi dengan fasilitas *Stress Analysis* untuk menghitung *finite element*. Untuk membuat simulasi dengan *properties* yang sama dengan kondisi sebenarnya, dapat digunakan fasilitas *Dynamic Simulation*. (Autodesk., Inc, 2007)

2.4.3 Moldflow

Ada 2 jenis *software* Moldflow yaitu Moldflow Part Adviser (MPA) dan Moldflow Plastics Insight (MPI), namun fungsi dan kegunaan dari 2 jenis moldflow tersebut sama yaitu :

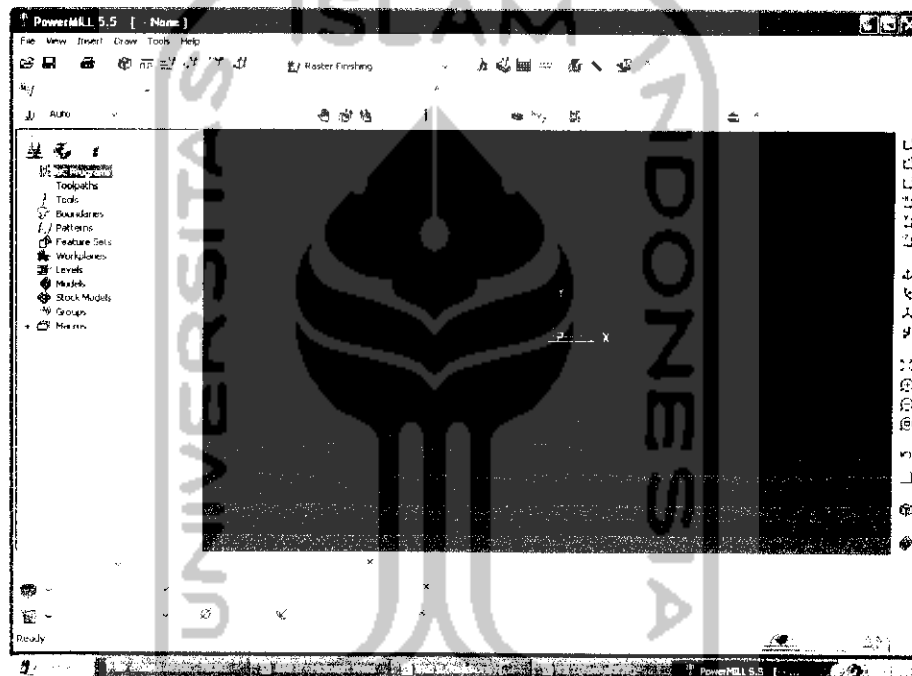
- Menganalisa bentuk model yang dibuat berdasarkan bahan baku (material penyusun).
- Memberikan saran meletakkan lokasi penyuntikan (titik *inject*) yang baik.
- Memprediksikan dan dapat memperlihatkan bagaimana aliran (plastik) masuk dan mengisi cetakan.
- Memprediksi tempat-tempat (rongga) yang berpotensi menyimpan udara yang akan terjebak selama proses pengisian. Kemudian menentukan tempat yang cocok untuk saluran pembuangan udara.
- Mengoptimalkan kondisi-kondisi proses, seperti waktu penyuntikan, kecepatan penyuntikan, suhu leleh, dan tekanan pengisian.



Gambar 2-8. Tampilan Moldflow Plastics Insight

2.4.4 Delcam PowerMILL

Delcam PowerMILL adalah program aplikasi CAM yang dikeluarkan oleh perusahaan DELCAM, merupakan pasangan dari *software* PowerSHAPE. PowerMILL dapat digunakan langsung tanpa meng*export* desain yang digambar PowerSHAPE, karena di dalam *software* PowerSHAPE sudah terdapat *fitur* PowerMILL.



Gambar 2-9. Tampilan Delcam PowerMILL

Software ini digunakan untuk mensimulasikan pemesinan dari sebuah desain. Memiliki kemampuan untuk merencanakan, mengatur dan mengontrol operasi pada kegiatan manufaktur, seperti menentukan pahat (*tools*) yang akan digunakan, menentukan ketinggian benda kerja (*work piece*), *feed rate*, *stepdown*, *stepover* dan menentukan semua parameter yang akan digunakan pada saat proses pemesinan.

Seperti halnya *software* CAM lainnya, PowerMILL juga mempunyai sistem *data transfer exchange* untuk menerima data dari file-file *software* CAD yang lain, seperti file *STL*, *IGES* dan lain-lain. *Software* ini juga mempunyai *data*

base tentang tipe-tipe pahat dan material benda kerja untuk memudahkan dalam proses pemesinan.

Output dari PowerMILL berupa data G-code, data G-code inilah yang akan ditransfer ke mesin CNC untuk digunakan pada saat proses pemesinan hingga berakhir menjadi sebuah produk.

2.4.5 Pertukaran Data Antar Software

Merupakan suatu proses kolaborasi yang dilakukan antara *software* yang satu dengan *software* lainnya, proses ini dilakukan secara berkesinambungan dalam suatu proses produksi, mulai dari proses desain hingga sampai proses pemesinan. Pertukaran data antar *software* sangat penting, karena suatu proses tidak bisa masuk ke tahap selanjutnya apabila hal tersebut tidak berjalan dengan baik dan benar.

Setiap *Software* mempunyai karakter yang berbeda-beda, oleh sebab itu tidak semua *software* dapat menerima maupun mengirim file datanya dari ataupun ke *software* lainnya (*data exchange*). Kebanyakan *software* hanya menerima file data tertentu saja, selain itu ada juga beberapa *software* yang khusus ataupun dapat langsung mengirim dan menerima file data tanpa merubah dahulu file data tersebut (mempunyai *link*).

2.5 Cetakan

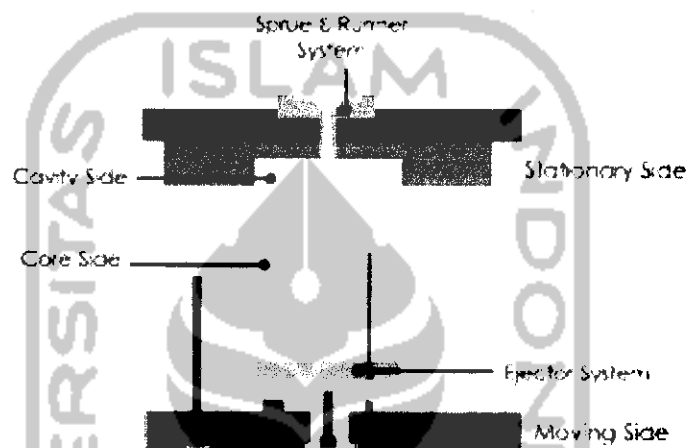
Cetakan adalah alat yang digunakan dalam industri manufaktur untuk membentuk berbagai macam jenis produk dan komponen-komponennya baik untuk produk yang berbahan baku logam (*die casting*) maupun yang berbahan baku plastik (*injection molding* dan *blow molding*). (B.H. Amsted dkk, 1990).

2.5.1 Jenis-jenis Cetakan

Jenis cetakan ada 2 macam yaitu cetakan yang terbuat dari pasir yang biasanya digunakan untuk *die casting* dan cetakan yang terbuat dari logam atau baja yang biasa digunakan untuk *injection molding* dan *blow molding*. Dalam tugas akhir ini hanya akan dibahas mengenai pembuatan cetakan yang terbuat dari

logam atau baja untuk proses *injection molding* yang dibantu dengan proses pemodelan dan perancangan bentuk cetakan dengan menggunakan *software CAD/CAM/CAE*.

2.5.2 Bagian-bagian Cetakan



Gambar 2-10. *Standard mold*

Cetakan dibagi menjadi *stationary platen* (bagian plat yang diam), *moveable platen* (bagian plat yang bergerak), *rear platen* (plat bagian belakang) dan *ejector* (pelepas). Gambar 2-10 menunjukkan susunan dari cetakan yang digunakan dalam proses *injection molding*.

Keterangan dari gambar 2-10 di atas adalah sebagai berikut :

a. *Sprue dan Runner system*

Bagian ini yang menerima plastik dari *nozzle* lalu oleh *runner* akan mengalir masuk ke dalam *cavity mold*.

b. *Cavity side*

Bagian ini merupakan salah satu sisi yang membentuk bentuk plastik, *cavity side* terletak pada *stationary plate*, yaitu *plate* yang tidak bergerak saat proses *ejecting* produk plastik.

c. *Core side*

Bagian ini juga merupakan bagian yang ikut andil memberikan bentuk pada produk plastik yang dicetak, bedanya *core side* berada pada *moving*

plate, dan bagian ini selalu dihubungkan dengan *ejector*. Secara umum dua bagian inilah yang membentuk produk plastik.

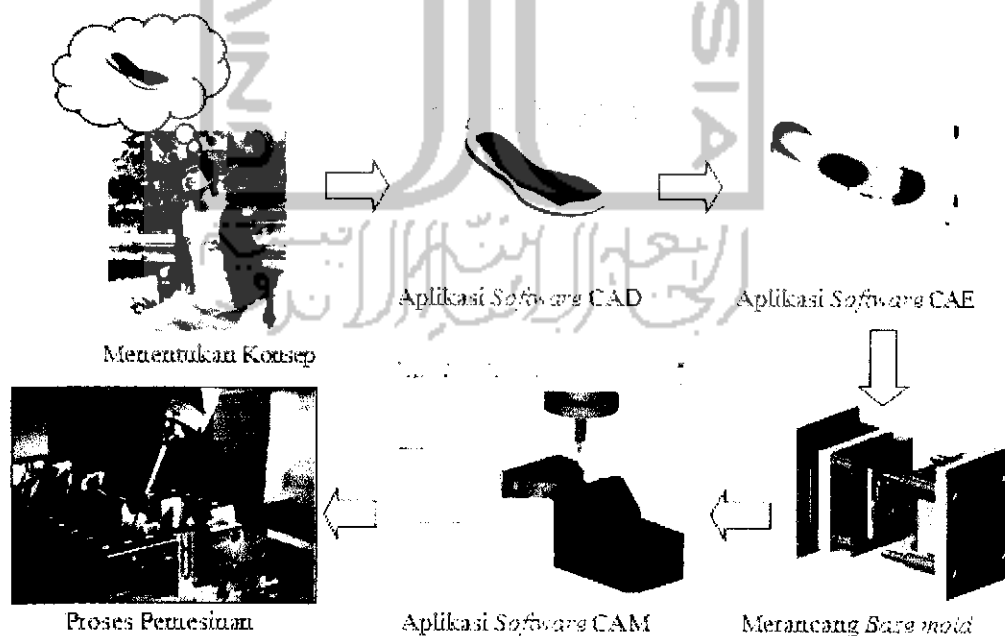
d. *Ejector system*

Setiap jenis mold selalu mempunyai sistem untuk melepas produk yang selesai dicetak dari *cavity mold*, bagian inilah yang disebut dengan *ejector*. Pengerak utama *ejector* adalah mesin injeksi pada bagian *clamping unit*.

2.5.3 Pembuatan Cetakan (*Mold Design*)

Untuk membuat suatu cetakan diperlukan perencanaan yang matang baik dari sisi pemodelan produk, analisa, maupun parameter-parameter yang akan digunakan dalam proses produksi, sehingga nantinya akan dapat menghemat waktu, dan mengurangi biaya produksi.

Ilustrasi untuk membuat cetakan dari suatu produk dapat di lihat pada gambar 2-11 di bawah ini.



Gambar 2-11. Ilustrasi pembuatan cetakan

Langkah-langkah yang dilakukan untuk membuat suatu cetakan yaitu :

- a. Menentukan konsep produk yang akan dibuat.
Bentuk produk yang akan dibuat cetakannya terlebih dahulu dibuat konsep, hal ini dimaksudkan agar perancangan dan pendesainan model menjadi lebih terarah.
- b. Membuat pemodelan dari produk dengan menggunakan *software* CAD.
Dengan menggunakan bantuan *software* CAD akan lebih mudah dalam membuat pemodelan 3D, sehingga bentuk tampilan model akan sesuai dengan produk yang akan dibuat. *Software* yang biasa digunakan oleh kalangan pembuat cetakan (*moldmaker*) adalah, Moldwork, Facework, Delcam PowerSHAPE, Autodesk Inventor dan lain sebagainya.
- c. Analisa penentuan titik injeksi (Aplikasi *Software* CAE).
Dalam langkah ini digunakan *software* khusus untuk menganalisa model yang telah dibuat. *Software* yang biasa digunakan adalah Moldflow.
- d. Membuat Cetakan (*mold*).
Setelah model dianalisa dan perlu dilakukan perubahan jika memang terdapat bagian yang harus dirubah, maka langkah selanjutnya adalah membuat cetakan atau *negative* dari model. Dalam langkah ini masih dapat digunakan *software* yang sama untuk membuat cetakan dari model yang dibuat, akan tetapi tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan *software* yang berbeda, dikarenakan mungkin *software* yang digunakan untuk pemodelan 3D tadi tidak terdapat *fitur* untuk membuat rangkaian cetakan (*mold base*) atau standar *part* yang digunakan untuk membuat *mold base*. Dalam langkah ini dapat ditentukan jenis material yang akan digunakan dalam proses *injection molding*, ukuran dan kategori *mold base*, lokasi *parting line*, lokasi *injector*, *ejector* dan lain sebagainya.
- e. Aplikasi *software* CAM
Setelah model dianalisa dan dibuat cetakannya, agar bagian *core* dan *cavity* dari cetakan tersebut dapat dilakukan proses pemesinan, maka dibutuhkan aplikasi *software* CAM sebagai media untuk pengirim data dari komputer ke mesin CNC. Dalam proses ini dapat diberikan parameter-

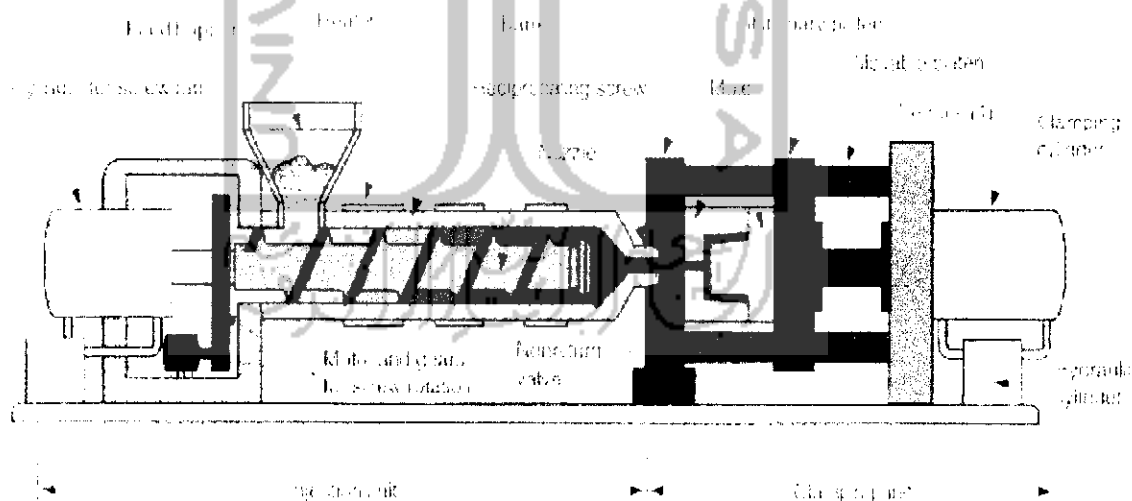
parameter proses pemesinan, seperti pemilihan jenis dan ukuran pahat (*tools*), kecepatan waktu pemakanan (*feed rate*) dan lain sebagainya.

f. Proses Pemesinan

Selanjutnya bagian *cavity* dan *core* dilakukan proses pemesinan. Mesin yang digunakan biasanya adalah mesin CNC *milling*. Parameter yang digunakan menyesuaikan dari aplikasi *software* CAM yang digunakan sebelumnya.

2.6 Proses Injection Molding

Injection molding adalah suatu teknik manufaktur untuk membuat *part* atau produk dari bahan plastik berjenis *thermoplastic* atau *thermoset*. Plastik cair dialirkan atau disuntikan dengan tekanan tinggi ke dalam cetakan, yang akhirnya bentuk produk akan menjadi bentuk kebalikan dari cetakan. Gambar 2-12. menggambarkan operasi mesin cetak injeksi.



Gambar 2-12. Bagan proses *injection molding*

Bahan cetak (*raw material*) yang berupa butiran-butiran kecil plastik diumpankan di bawah pengaruh gaya gravitasi dari pengumpan (*hopper*) melalui alat pengukur, kemudian masuk ke dalam ruang pemanas (*barrel*), disini bahan mengalami plastisisasi. Selanjutnya *screw* berputar dan mengalirkan plastik yang mulai meleleh, kemudian palstik ini disuntikan oleh *nozzle* ke dalam cetakan

tertutup di bawah tekanan tertentu. Saat plastik akan disuntikan oleh *nozzle*, *molding unit* ditutup oleh *clamping unit*, setelah ditutup dan ditekan oleh *clamping unit*, plastik dimasukkan ke dalam *molding unit* melalui *nozzle*. Kemudian produk cetak akan mengeras dalam rongga cetakan di bawah pengaruh pendinginan air yang bersirkulasi melalui saluran-saluran dalam cetakan. Setelah penekanan injeksi, penekan ditarik kembali, cetakan terbuka dan produk dikeluarkan dari cetakan dengan menggunakan *ejector*.

Cetakan (*mold*) terbuat dari besi, baja, atau aluminium yang kemudian dibentuk melalui proses pemesinan menjadi bentuk yang diinginkan.

Gambar 2-13 di bawah ini adalah contoh cetakan dan produk hasil dari proses *injection molding*.



Gambar 2-13. Contoh cetakan dan produk hasil proses *injection molding*

2.6.1 Bagian-bagian Mesin *Injection Molding*

a. *Motor dan Transmission Gear Unit*

Bagian ini berfungsi untuk menghasilkan daya yang digunakan untuk memutar *screw* pada barel, sedangkan *transmission unit* berfungsi untuk memindahkan daya dari putaran motor ke dalam *screw*, selain itu *transmission unit* juga berfungsi untuk mengatur tenaga yang disalurkan sehingga tidak terjadi pembebanan yang terlalu besar.

b. *Cylinder Screw Ram*

Bagian ini berfungsi untuk mempermudah gerakan *screw* sekaligus menjaga perputaran *screw* tetap konstan, sehingga didapat kecepatan dan tekanan yang konstan saat proses penyuntikan plastik dilakukan.

c. *Hopper*

Hopper (pengumpan) adalah tempat untuk menempatkan material plastik, sebelum masuk ke *barrel*, biasanya untuk menjaga kelembapan material plastik, digunakan tempat penyimpanan khusus yang dapat mengatur kelembapan, sebab apabila kandungan air terlalu besar pada udara, dapat menyebabkan hasil suntikan yang tidak bagus.

d. *Barrel*

Barrel adalah tempat *screw*, dan selubung yang menjaga aliran plastik ketika dipanasi oleh *heater*, pada bagian ini juga terdapat *heater* untuk memanaskan plastik sebelum masuk ke *nozzle*.

e. *Reciprocating screw*

Reciprocating screw berfungsi untuk mengalirkan plastik dari *hopper* ke *nozzle*, ketika *screw* berputar material dari *hopper* akan tertarik mengisi *screw* yang selanjutnya dipanasi lalu didorong ke arah *nozzle*.

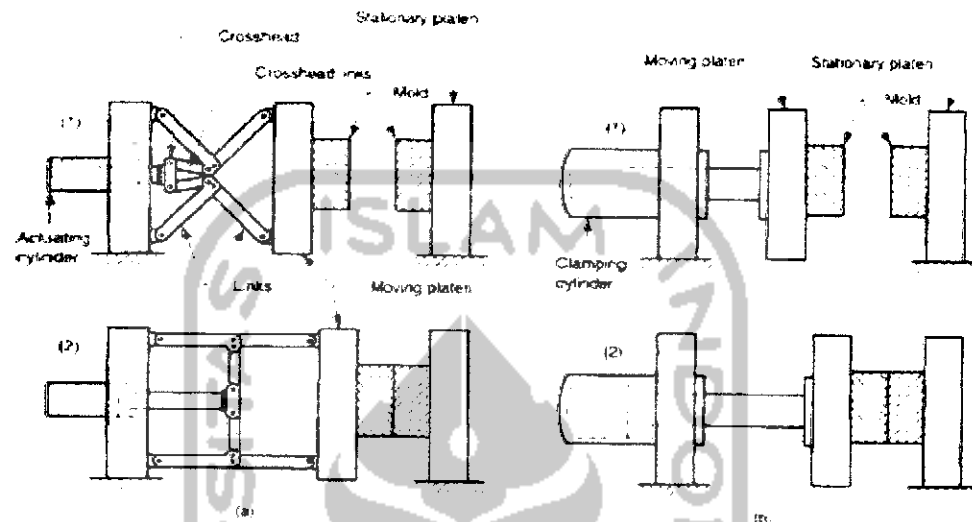
f. *Nonreturn valve*

Valve (katup) ini berfungsi untuk menjaga aliran plastik yang telah meleleh agar tidak kembali saat *screw* berhenti berputar.

g. *Clamping unit*

Clamping unit berfungsi untuk memegang dan mengatur gerakan dari mold unit, serta gerakan *ejector* saat melepas benda dari *molding unit*, pada *clamping unit* bisa diatur seberapa panjang gerakan *molding* saat dibuka dan seberapa panjang *ejector* harus bergerak.

Ada 2 macam *clamping unit* yang dipakai pada umumnya, yaitu *toggle clamp* dan *hidrolik clamp*. Gambar 2-14 menunjukkan tipe-tipe dari *clamping unit*.



Gambar 2-14. Tipe-tipe *clamping unit*

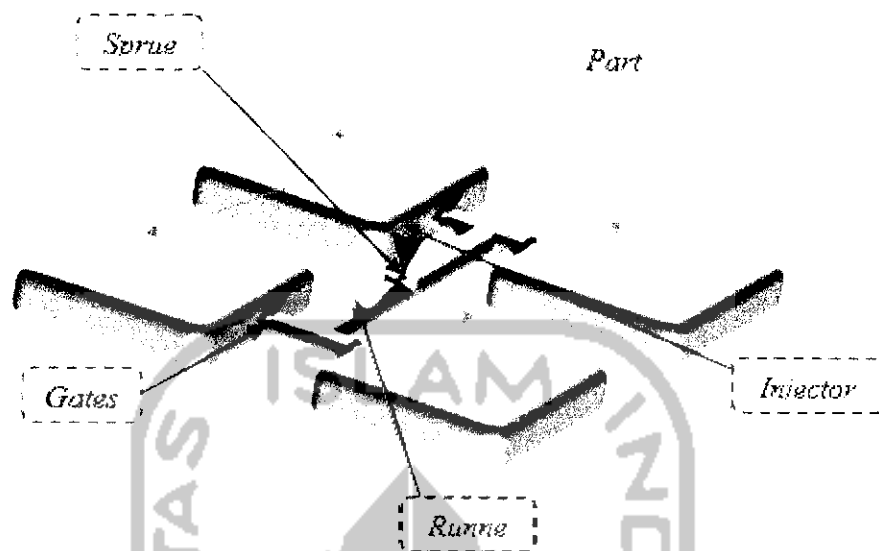
2.6.2 Keuntungan dan Kerugian Proses *Injection Molding*

- a. Keuntungan dari Proses *Injection Molding*
 1. Kecepatan produksi yang tinggi
 2. Toleransi tinggi dan berulang-ulang
 3. Biaya tenaga kerja yang rendah
 4. Bahan material atau plastik sisa yang terbuang minimal
 5. Sedikit kebutuhan dalam *finishing*
 6. Lebih kompleks dan permukaan lebih halus.
- b. Kerugian dari Proses *Injection Molding*
 1. Investasi peralatan yang sangat tinggi
 2. Biaya menjalankan dan perawatan peralatan tinggi

2.6.3 Istilah-istilah dalam Proses *Injection Molding*

- a. Bagian-bagian *Mold*

Gambar 2-15 menunjukkan bagian-bagian dari *mold* yang harus dibuat dan didesain sebelum dibuat cetaknya.



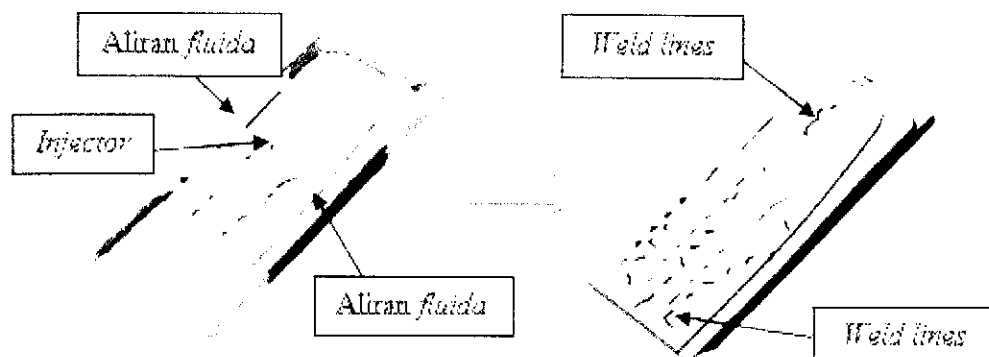
Gambar 2-15. Bagian-bagian *mold*

Keterangan :

1. *Sprue* : Tempat plastik cair masuk ke dalam cetakan dari *nozzle*
2. *Gates* : Jalan masuk antara *runner* dan *part*
3. *Runner* : Penghubung antara *gate* dan *sprue*
4. *Injector* : Tempat menyuntikan material plastik

b. *Weld Lines*

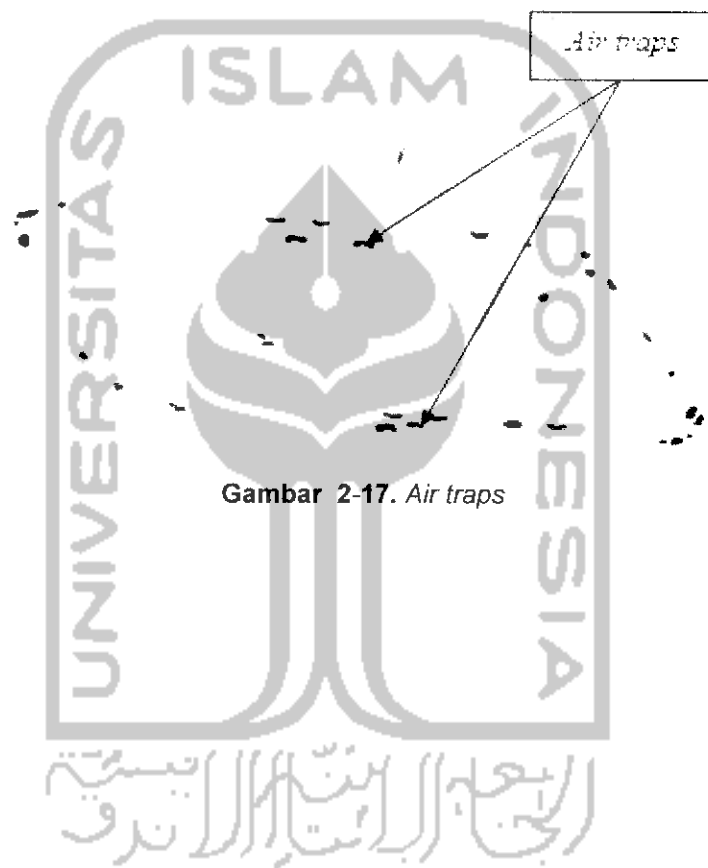
Weld lines adalah daerah atau tempat-tempat terjadinya pertemuan aliran yang akan menyebabkan cacat pada produk.



Gambar 2-16. Ilustrasi *weld lines*

c. *Air Traps*

Air Traps adalah daerah atau tempat udara yang terdesak dan terjebak di bagian cetakan, sehingga menyebabkan plastik cair tidak mengisi daerah tersebut.



Gambar 2-17. Air traps