

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Perancangan alat adalah proses desain dan pengembangan alat, metode dan teknik untuk memperbaiki efisiensi dan produktifitas manufaktur. Dengan menyiapkan mesin dan alat khusus untuk kebutuhan manufaktur saat ini. Faktor ekonomi dan kualitas akan memastikan harga produk yang kompetitif. Karna alat tidak dapat menjawab segala proses manufaktur, perancangan alat adalah permasalahan yang selalu bergerak dan dinamis (Hoffman, 1996, p. 1).

Tujuan dari perancangan alat adalah untuk meminimalisir biaya yang dikeluarkan dalam proses manufaktur dengan menjaga kualitas dan menambah produktifitas. Perancangan alat berada diantara desain produk dan manufaktur produk. Karena posisinya perancangan alat menjadi sangat penting dan butuh penanganan khusus dalam mencapai tujuannya (Hoffman, 1996, p. 2).

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Dalam proses penelitian dibutuhkan informasi terkait penelitian-penelitian sebelumnya agar menjadi referensi dalam pengerjaan dan mencegah terjadinya penelitian yang sama. Penelitian terdahulu yang diambil merupakan beberapa penelitian yang mempunyai kaitan dengan penelitian sekarang. Berikut penelitian yang diambil sebagai referensi dan penjelasannya.

Consirio S. Namoco Jr. melakukan sebuah riset pada tahun 2009 yang berjudul "*Improving the Rigidity of Sheet Metal by Embossing and Restoration Technique*". Pada penelitian ini Consorcio melakukan proses *emboss* yang dilanjutkan dengan proses *restoration*. Proses ini adalah sebuah teknik untuk meningkatkan tingkat ke-kaku-an sebuah media datar berupa plat *mild steel* dan *stainless steel*. Pada kesimpulannya peneltian ini membuktikan bahwa proses *emboss* yang dilanjutkan dengan proses *restoration* akan menambah ke-kaku-an dari plat. Selain untuk menambah ke-kaku-an, proses ini juga dapat memberikan nilai seni karna profil yang terbentuk dari proses *emboss* dan *restoration*.

Norio Takatsuji, Koutarou Shiraishi dan tetuo yanase pada tahun 2014 melakukan sebuah penelitian yang berjudul "*Effect of two-layer simple die on braille embossability to boxboard*". Penelitian ini berfokus pada bagaimana dampak karet *polyurethane* dapat memberikan kemudahan proses *emboss* yang dilakukan pada

boxboard (ex. kemasan sereal). Kesimpulan pada penelitian ini berupa penggunaan karet tidak memberikan perubahan penampang benda kerja, *Braille-points* berbanding lurus dengan langkah/*Stroke* dan *braille-point* pada ketinggian 0,2 mm atau kurang tidak terjadi retak namun pada ketinggian 0,2 - 0,3mm retak bertambah seiring pertambahan tinggi *Braille-point*.

C, Liu dan tim melakukan sebuah riset yang berjudul “*Deformation behavior of solid polymer during hot embossing process*” pada tahun 2008. *Hot Embossing* merupakan teknik yang umum digunakan dalam pembuatan *micro-device*. Dalam penelitian ini deformasi yang terjadi ketika proses *hot emboss* di observasi dalam dua metode yaitu *synchronous analysis* dan *asynchronous analysis*. Kesimpulan dalam penelitian ini adalah deformasi dari *solid polymer* dibagi menjadi dua tahapan. Dua tahapan tersebut ialah tahap *stress concentration* dan tahap *strain hardening* yang terjadi ketika pemanasan dan pemberian tekanan. Deformasi ini dapat mempengaruhi kemampuan device.

Pada tahun 2015, Yosef Steven Wibowo melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Mesin *Press* dan *Dies* Untuk Pembuatan Pintu *Sheet Metal* Berprofil di Bengkel *Metric*”. Dalam penelitiannya Yosef mendesain sebuah mesin yang dapat membuat profil pada plat baja untuk keperluan bangunan. Dalam penelitiannya metode yang digunakan ialah *DFM (Design for Manufacturing)*.

Tinjauan pustaka yang ada dirasa cukup untuk memberikan pertimbangan dalam melakukan penelitian ini. Dalam prosesnya tinjauan pustaka yang ada akan digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan desain mesin *emboss* yang sesuai dengan kebutuhan Denaya Handycrafts.

2.2. Penelitian Sekarang

Penelitian yang dilakukan akan berfokus pada desain mesin *emboss* yang baik dan sesuai dengan kebutuhan produksi Denaya Handycrafts. Design yang didapat merupakan hasil dari perhitungan teoritis dan simulasi yang dilakukan menggunakan piranti lunak. Penelitian ini nantinya dapat menjadi design yang akan direalisasikan dalam bentuk purwarupa. Penelitian ini juga dapat memberikan kontribusi pada studi selanjutnya yang akan membahas proses *emboss* atau yang berkaitan dalam penelitiannya.

Berdasarkan perbedaan dari penelitian sebelumnya, penelitian ini memberikan keterbaruan pada hasil penelitian yang berupa desain mesin. Namun, metode yang digunakan akan sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Yosef Wibowo pada tahun 2015 yaitu teoritis dan simulasi pada piranti lunak.

Perbedaan antara penelitian sekarang dengan penelitian yang sebelumnya akan lebih dijelaskan pada tabel 2.1. berikut ini.

Tabel 2. 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Objek Penelitian	Metode	Output
Consirio S. Namoco Jr. (2009)	Menganalisis efek <i>emboss</i> dan <i>restoration</i> terhadap ke-kaku-an	Plat <i>Mild Steel</i> dan <i>Stainless steel</i>	Percobaan pada specimen.	Hasil analisis
Norio Takatsuji (2014)	Mengidentifikasi efek penggunaan karet sebagai bantalan mesin <i>emboss</i>	Boxboard	Percobaan dengan variable <i>Stroke</i> dan tinggi braille	Hasil analisis dan koorelasi
C, Liu (2008)	Menginvestigasi pengaruh proses <i>hot embossing</i> terhadap karakter bahan	<i>Solid Polymer</i> sebagai bahan penyusun alat elektronik	Observasi pada tingkat mikroskopik	Hasil analisis
Wibowo, S (2015)	Mendesain mesin <i>press sheet metal</i> di bengkel Metric	<i>Sheet metal</i> untuk keperluan dekorasi rumah	Perhitungan teoritis	Desain mesin
Bijaksana, Arif (2017)	Mendapatkan desain mesin <i>emboss alumunium</i>	Logo pada cinderamata produk Denaya Handycrafts	Perhitungan teoritis dan simulasi piranti lunak	Desain mesin

2.3. Dasar Teori

Proses penelitian pembuatan penelitian ini akan menghadapi permasalahan dalam menentukan desain mesin *emboss* yang baik dan sesuai kebutuhan Denaya Handycrafts. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dibutuhkan referensi dari teori yang sudah ada. Teori yang ada akan digunakan dan dikembangkan untuk menentukan dimensi dari mesin *emboss*. Teori yang akan digunakan dalam penelitian ini berupa

2.3.1. Metode Perancangan Alat

Perancangan alat adalah proses desain dan pengembangan alat, metode dan teknik untuk memperbaiki efisiensi dan produktifitas manufaktur. Dengan menyiapkan mesin dan alat khusus untuk kebutuhan manufaktur saat ini. Faktor ekonomi dan kualitas akan memastikan harga produk yang kompetitif. Karna alat tidak dapat menjawab segala proses manufaktur, perancangan alat adalah permasalahan yang selalu bergerak dan dinamis (Hoffman, 1996, p. 1).

Tujuan dari perancangan alat adalah untuk meminimalisir biaya yang dikeluarkan dalam proses manufaktur dengan menjaga kualitas dan menambah produktifitas. Untuk mencapai tujuannya, *designer* harus dapat memenuhi kriteria berikut:

- a) Menyediakan alat yang sederhana dan mudah digunakan untuk efisiensi yang maksimal
- b) Mengurangi biaya manufaktur dengan memproduksi *part* dengan biaya serendah mungkin.
- c) Merancang alat yang secara konsisten dapat menghasilkan produk dengan kualitas baik
- d) Menambah kemampuan produksi dengan mesin yang sudah ada
- e) Merancang alat yang dapat mencegah kesalahan penggunaan.
- f) Memilih material yang dapat memberikan umur sesuai rancangan.
- g) Memberikan faktor keamanan yang tinggi untuk keselamatan operator dan lingkungan sekitar.

Perancangan alat berada diantara desain produk dan manufaktur produk. Karena posisinya perancangan alat menjadi sangat penting dan butuh penanganan khusus dalam mencapai tujuannya (Hoffman, 1996, p. 2).

George E. Dieter dan Linda C. Schmidh menulis dalam bukunya yang berjudul "Engineering Design" bahwa sebuah desainer membutuhkan 4 kemampuan dalam mendesain sebuah produk. kemampuan tersebut ialah :

1. Kreativitas

Mebutuhkan kreasi dari sesuatu yang belum ada sebelumnya pada objek terkait.

2. Kompleksitas

Mebutuhkan kemampuan memutuskan dari banyak *variable* dan parameter.

3. Pilihan

Menentukan pilihan dari banyak kemungkinan desain yang ada.

4. Kompromi

Mebutuhkan keseimbangan antara kebutuhan dan kemampuan

Dapat disimpulkan bahwa proses perancangan adalah proses kompleks yang menciptakan sesuatu dari yang sebelumnya tidak ada yang membutuhkan keputusan dari banyak *variable* dan parameter. Keseimbangan antara kebutuhan dan kemampuan menjadi sangat penting dalam proses desain produk. Karna alasan tersebut desain produk menjadi kunci kemampuan kompetitif sebuah bisnis. (E.Dieter & C.Schmidt, 2013, p. 32). Dalam menyederhanakan proses desain, proses tersebut dibagi menjadi 3 fase utama. Fase tersebut berupa :

a) Fase 1. Konsep Desain

- Definisi dari permasalahan
- Mengumpulkan data
- Mengembangkan desain konsep
- Memilih diantara desain alternatif

b) Fase 2. Mewujudkan Konsep

- Menentukan arsitektur desain (fungsi fisik (mekanisme) produk)
- Menentukan konfigurasi desain (material, model dan ukuran *part*)
- Menentukan parameter desain (toleransi dan kekuatan)

c) Fase 3. Detail Konsep

- Membuat semua detail dan gambar dari produk.

Pada gambar 2.1 dijelaskan konsep desain teknik yang berurutan yang ditulis dalam buku berjudul *Engineering Design*. Skema ini akan digunakan dalam penelitian sebagai referensi proses desain.



Engineering Design

George E. Dieter
Linda C. Schmidt



Gambar 2. 1. Skema Engineering Design

1. Fase Konsep Desain

Pada bagian ini proses desain dimulai. Diawali dengan membuat beberapa kemungkinan solusi yang dipersempit menjadi satu solusi terbaik. Dalam beberapa kasus fase ini juga disebut juga sebagai studi kelayakan. Konsep desain adalah fase yang membutuhkan paling banyak kreativitas karna berkaitan dengan hal-hal yang belum pasti dan membutuhkan koordinasi yang baik dengan berbagai bagian perusahaan seperti bagian -keuangan, manajemen, operasional dan sebagainya- agar proses desain dapat dilakukan dengan baik (E.Dieter & C.Schmidt, 2013, p. 15).

a. Mengidentifikasi Permasalahan

Proses desain teknik adalah salah satu cara untuk menciptakan produk yang sesuai dengan kebutuhan target pasarnya. Melalui berbagai macam kemungkinan yang kemudian disaring menjadi satu desain akhir yang paling baik, proses desain teknik menjadi jawaban kebutuhan industri. Maka mengidentifikasi kebutuhan pasar adalah hal yang esensial bagi proses ini.

Pengembangan produk dimulai dari menentukan ciri produk agar dapat menjawab kebutuhan pasarnya. Kebutuhan pasar merupakan jawaban dari permasalahan yang ada. Memahami permasalahan yang terjadi menjadi kewajiban bagi desainer agar produk dapat menjawab kebutuhan dengan baik.

House of Quality membutuhkan hubungan antara ekspektasi konsumen dari produk dan parameter yang sudah ditentukan tim desain. *CR (Customer Requirement)* merupakan syarat yang diajukan konsumen agar produk sesuai dengan yang dibutuhkan. *HOQ* terdiri dari *Engineering Characteristics (ECs)* yang menjadi kemungkinan alternatif desain. *HOQ* akan menghasilkan sebuah prioritas desain yang akan membantu dalam proses pengisian *Product Design Specification*. Pada akhirnya *PDS* merupakan dekripsi tertulis produk yang akan dibuat (E.Dieter & C.Schmidt, 2013, pp. 70-111).

b. Mengumpulkan Informasi

Kebutuhan informasi sangat penting bagi proses desain secara keseluruhan. Dalam beberapa situasi kebutuhan informasi sangat penting pada tingkatan yang detail. Misalnya, jika informasi yang dibutuhkan berupa harga motor listrik pada tenaga tertentu, maka, kebutuhan informasi akan spesifikasi motor yang lebih detail menjadi sangat penting seperti diameter lubang dudukan (*Mounting*),

diameter poros hingga ketersediaan *sparepart* jika terjadi kerusakan. Sumber informasi yang diperoleh dapat bersumber dari manapun asalkan validitas dari data terjamin (E.Dieter & C.Schmidt, 2013, pp. 158-188).

Agar informasi dapat digunakan sebagai data, Informasi harus memiliki salah satu atau lebih kriteria berikut :

1. *Contextualized*
Desainer mengerti fungsi dan tujuan data diambil.
2. *Categorized*
Mengerti satuan dari analisis dan nilai penting dari data.
3. *Calculated*
Data sudah dianalisa secara matematika atau secara statistik.
4. *Corrected*
Error sudah dieliminasi dari data terkait
5. *Condensed*
Data sudah dirangkum untuk hasil yang lebih jelas.

Informasi yang diperoleh dibedakan berdasarkan jenis informasi dan sumber informasi diperoleh. Berikut klasifikasi informasi berdasarkan jenisnya dan sumbernya ditunjukkan pada tabel 2.2 dan 2.3.

Tabel 2. 2. Tabel Jenis Informasi

Jenis Informasi desain	
Konsumen	survey dan <i>feedback</i> Data pemasaran
Desain terkait	Spesifikasi dan gambar desain sebelumnya Desain produk kompetitor
Metode analisis	<i>Technical Report</i> Simulasi pada piranti lunak
Material	Performa desain sebelumnya <i>Properties</i>
Manufaktur	Kemampuan proses Analisis kapasitas Sumber manufaktur Metode perakitan
Biaya	Rekam biaya Biaya manufaktur dan material
Standart components	Ketersediaan barang Ukuran dan spesifikasi
Technical standart	ISO ASTM spesifikasi perusahaan
Regulasi pemerintah	Tentang performa Keamanan
Data siklus kehidupan produk	Perawatan Reliabilitas Data garansi

Tabel 2. 3. Tabel Sumber Informasi

Sumber Informasi
Perpustakaan
Kamus dan ensiklopedi
<i>Engineering handbook</i>
<i>Technical journal</i>
Internet
<i>Massive depository</i>
Pemerintah
Laporan periodik
Pusat data
Mesin pencari
Hukum dan regulasi
Komunitas engineer
<i>Technical journal</i>
<i>Technical proceeding</i>
Standart
Kekayaan intelektual
Paten
Merk
Hak cipta
Aktivitas personal
Pengalaman
Diskusi dengan kolega
Profesional
Supplier
Konsultan
Studi banding
Konsumen
Survey
Saran

Idealnya Informasi didapatkan ditahap awal, namun, penambahan informasi akan selalu membawa dampak yang baik pada proses, kapanpun informasi tersebut didapatkan. Selain kuantitas, validitas informasi harus dapat dipertanggung jawabkan sehingga tidak ada informasi yang memberikan dampak buruk bagi proses (*misleading*) (E.Dieter & C.Schmidt, 2013, pp. 158-188).

c. Mengembangkan Desain Konsep

I. Metode Kreatif

Proses desain membutuhkan kemampuan dalam berkreasi namun masih layak untuk dicapai. Sehingga, kreatifitas merupakan hal penting bagi para desainer. Umumnya untuk mengakomodir kreatifitas menjadi konsep desain, digunakan metode-metode agar dalam prosesnya berjalan lancar (E.Dieter & C.Schmidt, 2013). Beberapa metode yang umum digunakan ialah :

1. *Brainstorming*

Adalah metode yang paling umum digunakan. Dengan metode ini ide didapat dari pendapat pendapat yang pertama kali muncul dari benak tim kreatif. Metode ini adalah metode yang dikembangkan oleh Alex Osborn dalam bukunya yang berjudul "*Applied Imagination*" (Osborn, 1953).

Pada tahap ini setiap individu diberi kebebasan tak terbatas dalam menyampaikan ide di benaknya terkait proses desain. Idealnya evaluasi dilakukan satu hari setelah proses *brainstorming* dilakukan (E.Dieter & C.Schmidt, 2013, p. 203).

Brainstorming adalah metode stimulasi agar kelompok dapat menghasilkan ide dalam jumlah besar dalam waktu relative singkat. Anggota kelompok sebaiknya tidak homogen agar ide dapat luas. Dalam prosesnya *brainstorming* memiliki aturan yang umum digunakan berupa :

- a) Kelompok tidak bersifat hierarkial dan terdiri dari 4-8 orang
- b) Kelompok diharapkan menyamapaikan ide sebanyak mungkin
- c) Tidak diperbolehkan menyampaikan kritik terhadap ide lain
- d) Ide apapun akan tetap diterima
- e) Ide dinyatakan sesingkat mungkin dan sejelas mungki
- f) Dilaksanakan dalam suasana tenang
- g) Durasi kegiatan berkisar 30 menit

Berdasarkan caranya, proses *brainstorming* dibedakan menjadi tiga yaitu :

a) *Verbal brainstorming*

Adalah cara *brainstorming* dengan pengumpulan ide yang bergantian.

b) *Nominal Brainstorming*

Pengumpulan iade dengan para peserta dikumpulkan untuk dicatat lalu dilakukan proses pengambilan suara untuk menentukan hasil

c) *Electrical Brainstorming*

Pengumpulan ide yang diabantu perangkat elektronik.

Dalam proses *brainstorming* terdapat cara yang digunakan untuk membantu *brainstorming* tetap fokus. Salah satu cara tersebut ialah menggunakan *checklist* SCAMPER. Pada tahun 1990 cara ini dikembangkan oleh R. Eberle

untuk menjaga agar *brainstorming* berada pada koridornya. *Checklist* ini memiliki 7 poin penting yaitu (Eberle, 1990) :

- *Subtitute*
Bagaimana jika menggunakan material, proses, manusia, tenaga, tempat atau pendekatan yang berbeda?
- *Combine*
Apakah ada ide yang dapat digabungkan?
- *Adapt*
Apa yang dapat dilakukan dari ide yang sudah ada atau produk sebelumnya untuk ditambahkan pada ide baru?
- *Modify, magnify, minify*
Apa yang bias dilakukan agar ide bertambah kuat, tinggi atau lebih berguna?
- *Put to other use*
Apakah ad acara lain untuk menggunakan ide ini?
- *Eliminate*
Apakah saya dapat mengurangi bagian tanpa mengurangi fungsi?
- *Rearrange*
Apakah saya dapat mengganti bagian satu sama lain? Bagaimana bila saya menggerakkan bagian ini/itu?

2. Memperbaiki dan mengevaluasi ide

Setelah melalui proses *brainstorming* ide-ide disaring berdasarkan studi kelayakannya. Berdasarkan kelayakannya ide akan di klasifikasikan menjadi 3 klasifikasi, yaitu :

- Ide yang layak
- Ide yang membutuhkan riset lebih lanjut karna mempunyai potensi
- Ide yang sama sekali tidak relevan dan tidak layak

3. *Idea generating beyond brainstorming*

Selain *brainstorming* ada beberapa cara lain untuk mendapatkan ide. Cara-cara ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Berikut cara mendapatkan ide selain melalui *brainstorming*, yaitu :

- *Six Key Question*
 - *Who, what, when, where, why* dan *how*
- *Five Why*
 - Ex. kenapa mesin berhenti? Karna terjadi beban berlebih
 - Kenapa terjadi beban berlebih? Karena pelumasan yang kurang baik
 - Kenapa pelumasan tidak baik? Pompa oli tidak berkerja
 - Kenapa pompa tidak bekerja? Karena poros rusak akibat abrasi
 - Kenapa poros rusak akibat abrasi? Karena tidak ada filter pada pompa oli sehingga *debris* masuk ke poros.
- *Checklist*
 - Dengan menggunakan *checklist* yang dapat membantu proses. *Checklist* ini berisi tentang hal hal teknikal.
- *Fantasy or Wishful Thinking*
 - Kreatifitas harus dapat dibedakan antara sesuatu yang mungkin dilaksanakan atau tidak

4. *Random input technique*

Edward de Bono ialah orang yang pertama kali mengemukakan cara ini. Dia menekankan pentingnya sebuah pola. Ketika seseorang mempunyai permasalahan dan membutuhkan sebuah ide solusi, yang dilakukan adalah mendapatkan frasa *random* sehingga otak terstimuli mendapatkan ide diluar (*Out of the Box*). Dalam bukunya yang berjudul "*Lateral Thinking*" cara ini dijelaskan lebih dalam (Bono, 1970).

5. *Synetics*

Dalam kehidupan sehari-hari banyak permasalahan yang dapat diselesaikan dengan analogi. *Synetics* menyelesaikan masalah dengan cara menganalogi-permasalahan dengan permasalahan sebelumnya.

Synetics berasal dari Bahasa Yunani yang berbunyi *synektikein* yang berarti menggabungkan sesuatu yang berbeda menjadi satu kesatuan. Cara ini pertama kali dikemukakan oleh Gordon dalam bukunya yang berjudul "*Synetics: The Development of Creative Capacity*".

Synetic menggunakan kekuatan meng-analogi-kan permasalahan dalam prosesnya. Dari analogi yang digunakan, analogi ini dapat dibagi menjadi 4 jenis. Keempat jenis tersebut ialah :

a) *Direct analogy*

Desainer mencari analogi fisik terdekat terhadap situasi. Dengan meng-analogi-kan seperti ini desainer dapat menjelaskan hal kompleks menjadi lebih sederhana. Misalnya, dalam menganalogikan elektron dan nukleus, peneliti meng-analogi-kan seperti bulan yang mengitari bumi.

b) *Fantasy analogy*

Desainer mengabaikan batasan-batasan yang ada pada alam, fisika, atau alasan. Desainer menjadi bebas dalam membayangkan solusi yang sempurna tanpa ada batasan. Misalnya, ketika di lahan parkir anda kesulitan mencari kendaraan anda. *Fantasy analogy* membuat keadaan seperti anda hanya perlu memanggil kendaraan anda untuk mengetahui lokasinya. Analogi ini terkesan abstrak tapi dari sini muncul ide hebat seperti *GPS locator*.

c) *Personal analogy*

Desainer menjadikan dirinya sebagai barang atau produk yang sedang di desain. Sehingga desainer dapat menganalogikan dengan dirinya sendiri. Misalnya, ketika mendesain mesin penyedot debu, desainer menganggap mesin adalah dirinya dan mulut yang digunakan untuk makan dan minum sebagai ujung pipa.

d) *Symbolic analogy*

Symbolic analogy adalah metode yang memiliki nilai intuitif paling kecil diantara yang lain. Pada dasarnya desainer mengubah objek menjadi simbol untuk mempermudah proses. Misalnya analogi jumlah apel dan

jumlah jeruk pada soal aljabar sederhana. Desainer mengganti jeruk dengan x dan apel dengan y .

6. *Biometric design*

biometric design terinspirasi dari sistem biologis dari makhluk hidup. Dengan meniru makhluk hidup sistem yang ada dapat diadopsi dengan baik ke desain. Misalnya, mekanisme *Velcro*. Mekanisme ini lahir dari sistem yang mengikuti tanaman *Cockleburs*.

7. *Concept map*

Desainer dapat membuat sebuah peta berisi konsep. Metode ini sangat mirip dengan *mind map* yang umum digunakan untuk membantu manusia dalam mengingat hal melalui perbedaan warna. Namun *concept map* berisi tentang konsep dan terhubung berdasarkan relasinya satu sama lain.

Berdasarkan metode yang ada, setiap metode memiliki karakternya masing-masing. Desainer juga dapat menggabungkan satu atau lebih untuk memperkaya ide. Metode yang ada merupakan cara untuk mencapai desain yang baik.

II. Metode sistematis untuk desain

Sebuah metode dikatakan sistematis karena mempunyai urutan dalam pengerjaannya. Jumlah metode yang sistematis saat ini sangat banyak. Dari metode yang ada, enam diantaranya sangat populer dikalangan desainer. Metode ini memberikan solusi terbaik sehingga unsur subjektivitas dapat berkurang. Proses tersebut ialah :

1. *Functional Decomposition and Synthesis*

Functional Decomposition and Synthesis adalah cara logis untuk mendeskripsikan transformasi dari awal dan akhir dari sistem/produk. Mampu mendeskripsikan fungsi dari sebuah sistem dapat memberikan ide-ide kreatif bagaimana fungsi ini dapat tercapai.

2. *Morphological Analysis*

Morphological Analysis adalah cara alternatif untuk mengetahui struktur yang penting dari produk. Sistem ini bekerja dengan menghitung segala kemungkinan dari desain alternatif sehingga didapat desain paling baik. Cara

ini umum digunakan sebagai bahan pertimbangan *Functional Decomposition and Synthesis*.

3. *Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)*

Metode ini merupakan metode yang di desain khusus sebagai cara yang dapat memberikan solusi untuk bidang sains dan teknik. Diciptakan oleh Genrich Altshuller dan tim menggunakan 1,5 juta paten untuk mengambil karakteristik umum dari permasalahan teknis dan prinsip daya cipta (*inventif*).

4. *Axiomatic Design*

Metode ini merupakan metode matrix untuk menganalisa kebutuhan konsumen secara sistematis kedalam *functional requirement*, *parameter design*, dan *variable proses*.

5. *Design Optimization*

Metode ini merupakan cara untuk mengoptimisasi sebuah desain yang sudah ada. Metode ini mengubah produk/sistem lama menjadi lebih efisien. Metode ini menggunakan algoritma yang dapat meramal sebuah proses sehingga didapat nilai dari *variable-variabel* yang mempengaruhi produksi/sistem menjadi lebih baik.

6. *Decision-Based Design*

Metode ini fokus pada dua arah. Pertama, menggunakan *customer's requirement* sebagai acuan proses desain. Kedua, menggunakan hasil desain sebagai tujuan proses.

d. Evaluasi dan Memilih Diantara Desain Alternatif

Setiap proses desain memiliki bagian yang menentukan desain dari alternatif yang ada. Proses pengambilan keputusan ini menggunakan metode yang ada sehingga proses menjadi lebih objektif. Dalam prosesnya keputusan desain membutuhkan identifikasi alternatif dan prediksi hasil dari alternatif. Kemajuan teknologi membuat proses prediksi dapat dibantu oleh piranti lunak sehingga dapat membantu penilaian dalam pengambilan keputusan.

I. AHP (*analytical hierarchy process*)

Analytical Hierarchy Process (AHP) Adalah metode untuk memecahkan suatu situasi yang kompleks tidak terstruktur kedalam beberapa komponen dalam susunan yang hirarki, dengan memberi nilai subjektif tentang pentingnya setiap variabel secara relatif, dan menetapkan variabel mana yang memiliki prioritas paling tinggi guna mempengaruhi hasil pada situasi tersebut.

Proses pengambilan keputusan pada dasarnya adalah memilih suatu alternatif yang terbaik. Seperti melakukan penstrukturan persoalan, penentuan alternatif-alternatif, penentuan nilai kemungkinan untuk variabel aleatori, penetapan nilai, persyaratan preferensi terhadap waktu, dan spesifikasi atas resiko. Betapapun melebarnya alternatif yang dapat ditetapkan maupun terperinci penjabaran nilai kemungkinan, keterbatasan yang tetap melingkupi adalah dasar perbandingan berbentuk suatu kriteria yang tunggal.

Peralatan utama *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah memiliki sebuah hirarki fungsional dengan input utamanya persepsi manusia. Dengan hirarki, suatu masalah kompleks dan tidak terstruktur dipecahkan ke dalam kelompok-kelompoknya dan diatur menjadi suatu bentuk hirarki. (Saaty, 1970)

Kelebihan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Kelebihan AHP dibandingkan dengan lainnya adalah :

1. Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh para pengambil keputusan
3. Memperhitungkan daya tahan atau ketahanan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

Selain itu, AHP mempunyai kemampuan untuk memecahkan masalah yang multi obyektif dan multi-kriteria yang berdasarkan pada perbandingan preferensi dari setiap elemen dalam hirarki. Jadi, model ini merupakan suatu model pengambilan keputusan yang komprehensif

Prinsip Dasar Pemikiran AHP

Dalam memecahkan persoalan dengan analisis logis eksplisit, ada tiga prinsip yang mendasari pemikiran AHP, yakni : prinsip menyusun hirarki, prinsip menetapkan prioritas, dan prinsip konsistensi logis.

Prinsip Menyusun Hirarki

Prinsip menyusun hirarki adalah dengan menggambarkan dan menguraikan secara hirarki, dengan cara memecahkan persoalan menjadi unsur-unsur yang terpisah-pisah. Caranya dengan memperincikan pengetahuan, pikiran kita yang kompleks ke dalam bagian elemen pokoknya, lalu bagian ini ke dalam bagian-bagiannya, dan seterusnya secara hirarkis.

Penjabaran tujuan hirarki yang lebih rendah pada dasarnya ditujukan agar memperoleh kriteria yang dapat diukur. Walaupun sebenarnya tidaklah selalu demikian keadaannya. Dalam beberapa hal tertentu, mungkin lebih menguntungkan bila menggunakan tujuan pada hirarki yang lebih tinggi dalam proses analisis. Semakin rendah dalam menjabarkan suatu tujuan, semakin mudah pula penentuan ukuran obyektif dan kriteria-kriterianya. Akan tetapi, ada kalanya dalam proses analisis pengambilan keputusan tidak memerlukan penjabaran yang terlalu terperinci. Maka salah satu cara untuk menyatakan ukuran pencapaiannya adalah menggunakan skala subyektif.

Prinsip Menetapkan Prioritas Keputusan

Menetapkan prioritas elemen dengan membuat perbandingan berpasangan, dengan skala banding telah ditetapkan oleh Saaty. Angka intensitas kepentingan ditunjukkan pada tabel 2.3 dibawah ini.

Table 2.3 Penetapan Prioritas Elemen dengan Perbandingan Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya

Table 2.3 Lanjutan

Intensitas Kepentingan	Keterangan	Penjelasan
5	Elemen yang satu lebih penting dari pada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih penting dari pada elemen lainnya	Satu elemen yang kuat dikosongkan dan dominan terlihat dalam praktek
9	Satu elemen mutlak penting dari pada elemen lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi diantara dua pilihan
Kebalikan	Jika untuk aktivitas I mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas j, maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i	

Prinsip Konsistensi Logika

Matriks bobot yang diperoleh dari hasil perbandingan secara berpasangan tersebut, harus mempunyai hubungan kardinal dan ordinal, sebagai berikut:

- Hubungan kardinal : $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$
- Hubungan ordinal : $A_i > A_j > A_k$, maka $A_i > A_k$

Hubungan diatas dapat dilihat dari dua hal sebagai berikut:

1. Dengan melihat preferensi multiplikatif, misalnya jika apel lebih enak 4 kali dari jeruk dan jeruk lebih enak 2 kali dari melon, maka apel lebih enak 8 kali dari melon
2. Dengan melihat preferensi transitif, misalnya apel lebih enak dari jeruk, dan jeruk lebih enak dari melon, maka apel lebih enak dari melon

Pada keadaan sebenarnya akan terjadi beberapa penyimpangan dari hubungan tersebut, sehingga matriks tersebut tidak konsisten sempurna. Hal ini terjadi karena ketidakkonsistenan dalam preferensi seseorang

Untuk model AHP, matriks perbandingan dapat diterima jika nilai rasio konsisten < 0.1 . nilai CR < 0.1 merupakan nilai yang tingkat konsistensinya baik dan dapat dipertanggung jawabkan. Dengan demikian nilai CR merupakan ukuran bagi konsistensi suatu komparasi berpasangan dalam matriks pendapat. Jika indeks konsistensi cukup tinggi maka dapat dilakukan revisi judgement, yaitu dengan dicari deviasi RMS dari barisan (a_{ij} dan W_i / W_j) dan merevisi *judgment* pada baris yang mempunyai nilai prioritas terbesar

Memang sulit untuk mendapatkan konsisten sempurna, dalam kehidupan misalnya dalam berbagai kehidupan khusus sering mempengaruhi preferensi sehingga keadaan dapat berubah. Jika buah apel lebih disukai dari pada jeruk dan jeruk lebih disukai daripada pisang, tetapi orang yang sama dapat menyukai pisang daripada apel, tergantung pada waktu, musim dan lain-lain. Namun konsistensi sampai kadar tertentu dalam menetapkan prioritas untuk setiap unsur adalah perlu sehingga memperoleh hasil yang sah dalam dunia nyata. Rasio ketidakkonsistenan maksimal yang dapat ditolerir 10 %.

2. Mewujudkan Desain

Konsep desain yang menjadi hasil dari fase pertama diproses lebih lanjut. Pada tahap ini konsep desain mendapatkan pengembangan struktur. Pengembangan struktur yang ada harus meliputi fungsi utama dari produk akhir. Setelah desain memiliki fungsi utamanya, keputusan untuk menentukan kekuatan, material, ukuran, bentuk dan kompatibilitas spasial ditentukan. Fase ini juga disebut sebagai desain awal. Dalam prosesnya fase ini memiliki 3 tugas utama yaitu menentukan arsitektur desain, menentukan konfigurasi desain dan menentukan parameter desain (E.Dieter & C.Schmidt, 2013, p. 15).

a. Menentukan Arsitektur Desain

Dalam tahap ini proses memasuki tahap penentuan penyusunan arsitektur produk. Tahap ini memberikan atribut penting kepada produk. Langkah ini dimulai dengan menjelaskan fungsi dari bagian-bagian produk dan menuangkannya pada sketsa awal.

Bagian dari sebuah fungsi dalam suatu produk disebut juga modul atau subsistem. Setiap modul mempunyai fungsi tertentu yang disusun oleh *part* nya. Terdapat dua tipe arsitektur yang umum digunakan, yaitu, modular dan integral.

Arsitektur modular memberikan kemudahan dalam tahap desain karena sistem modular memberikan kebebasan kepada konsumen dengan menambah atau mengurangi modul. Pada praktiknya, sistem ini memberikan fleksibilitas yang tinggi karena pembaharuan modul dapat diganti tanpa mengganti seluruh sistem.

Arsitektur integral merupakan jenis arsitektur yang tersusun oleh modul berfungsi ganda atau lebih. Sistem ini memiliki tingkat kesederhanaan yang cukup tinggi. Karena atributnya, sistem ini membutuhkan pergantian desain modul jika akan mengganti/memperbaiki salah satu fungsi.

b. Menentukan Konfigurasi Desain

Pada tahap ini desainer memberikan bentuk dan ukuran komponen secara umum. Komponen yang dimaksud berupa *standart part*, *special-purpose part* dan *standart assembly*. *Part* merupakan objek yang di desain tanpa melibatkan proses perakitan.

Secara umum, keputusan menentukan detail tidak terlepas dari keputusan bagaimana pemilihan material dan bentuk di proses. Untuk memberikan kemudahan dalam tahapan ini, terdapat langkah langkah yang dapat dilakukan. Yaitu :

- Mengevaluasi spesifikasi desain produk dan spesifikasi lainnya untuk menentukan dimana *part* akan diletakan.
- Menentukan *spatial constraint*
- Mendesain pertemuan dan sambungan antara komponen
- Mendesain ulang pada bagian yang dapat dikurangi jumlahnya untuk mengurangi waktu perakitan dan biaya proses.
- Menggunakan *standart part* sebisa mungkin karena lebih murah relative terhadap *special-purpose part*.

c. Menentukan Parameter Desain

Atribut dari komponen produk akan menjadi variable yang akan ditentukan pada tahapan ini. Variabel dapat berupa dimensi, toleransi ukuran, material, perlakuan

panas atau kualitas permukaan. Tujuan dari tahap ini adalah menentukan nilai dari variable agar menjadi baik dari sisi performa dan rendah dari sisi biaya.

3. Konsep Detail

Fase ini menjadi tahap akhir dari proses desain. Pada tahap ini desain mendapatkan sentuhan akhir berupa detail. Detail berupa susunan, bentuk, dimensi, toleransi, sifat permukaan, material dan proses manufakturnya. Hasil dari fase ini ialah spesifikasi dari setiap *special-purpose part* dan *standart part*. Hasil ini juga meliputi bagaimana *special-purpose part* diproduksi dan data penyedia *standart part*. Tahap ini menjadi akhir proses desain dan dokumen yang diperlukan akan disiapkan untuk kepentingan produksi (E.Dieter & C.Schmidt, 2013, p. 15).

2.3.2. Definisi dan Klasifikasi Mesin Press

a. Klasifikasi Mesin Press

Mesin *Press* adalah mesin yang memproduksi barang-barang *sheet metal* menggunakan satu atau beberapa *press dies* dengan meletakkan *sheet metal* diantara *upper* dan *lower dies*. (Theryo R. S., 2009). Mesin *press* memiliki mekanisme yang menggerakkan *slide (ram)* yang lalu mendorong *press dies* dan memotong (*cutting*) *sheet metal* atau membentuk (*forming*) *sheet metal*. Kualitas dari produk yang meliputi ketelitian sangat bergantung pada pada kualitas *press dies* dan *sheet metal*.

I. Klasifikasi Berdasarkan Mekanisme Penggerak

Berdasarkan jenis sistem penggeraknya, mesin *press* dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

- I. *Mechanical Press*
Merupakan jenis mesin yang memiliki sistem pergerakan turun-naik dari mekanisme *crank shaft, eccentric shaft, cam* dan *knuckle*.
- II. *Hydraulics Press*
Merupakan jenis mesin yang memiliki sistem pergerakan turun-naik dari gerakan torak silinder dari sistem *hydraulic*.

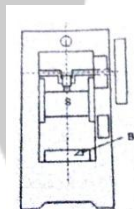
Setiap jenis mesin *press* memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Karakteristik ini menjadi salah satu bahan pertimbangan untuk menentukan jenis mesin yang akan dipakai dalam suatu kebutuhan produksi (Theryo S. , 2009). Berdasarkan karakteristiknya kedua jenis mesin *press* ini dibandingkan sebagai berikut

Tabel 2. 4. Perbedaan mesin mekanik dan hidrolik

Kriteria	Mekanik	Hidrolik
Kecepatan produksi	Lebih cepat	Lebih lambat
Panjang langkah	Pendek (600-1000 mm)	Lebih panjang
Pengaturan kecepatan tekanan	Tidak dapat diatur	Dapat diatur
Menentukan titik mati bawah	Dapat ditentukan dengan tepat	Sulit untuk ditentukan dengan tepat
Penahanan gaya penekanan	Tidak dimungkinkan	Dimungkinkan
Pengaturan gaya penekanan	Lebih sulit	Lebih mudah
Press overloading	Dapat terjadi	Tidak dimungkinkan
Kemudahan perawatan	Lebih mudah	Lebih sulit
Kapasitas penekanan maksimum	6.000 ton (<i>sheet metal</i>) 11.000 ton (<i>forging press</i>)	70.000-200.000 ton

a) Klasifikasi Mesin *Press* Berdasarkan Mekanismenya

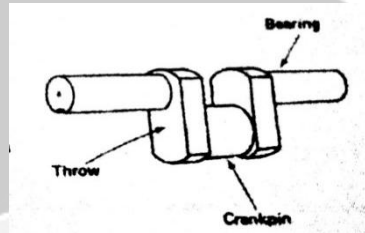
1. *Crank Press*



Gambar 2. 2. *Crack press*

Mesin *press* pada gambar 2.2 ini menggunakan pergerakan mekanik dari *crank shaft* atau *eccentric shaft* dalam mendorong *punch*. Mesin *press* ini dapat digunakan untuk berbagai proses *sheet metal working*.

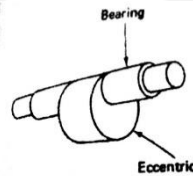
- *Crack Shaft*



Gambar 2. 3. Crack shaft

Jenis crack shaft pada gambar 2.3. mempunyai sumbu terpisah dan umumnya ditumpubantalan luncur.

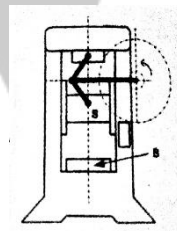
- *Eccentric Shaft*



Gambar 2. 4. Eccentric Shaft

Jenis *eccentric Shaft* pada gambar 2.4. memiliki sumbu terpisah namun eccentric masih memiliki satu proses dengan *shaft* utama.

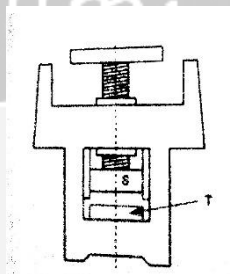
2. *Knuckle Press*



Gambar 2. 5. Knuckle press

Mesin *press* pada gambar 2.5. ini menggunakan mekanisme *knuckle*. Mekanisme ini mempunyai kecepatan lebih rendah dibanding *crank press*. Kelebihan yang dimiliki oleh sistem ini adalah kemudahan dalam menyiapkan titik mati.

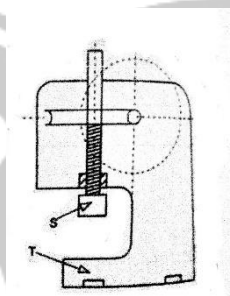
3. *Friction Press*



Gambar 2. 6. Friction press

Mekanisme ini menggunakan gaya yang diberikan oleh *screw*. Mesin *press friction* pada gambar 2.6. ini menggunakan tipe ulir trapezium agar dapat menahan beban yang lebih besar dibanding dengan ulir segitiga. Dalam proses pembuatannya mesin ini menggunakan biaya yang rendah sehingga kualitas dan tingkat kepresisiannya rendah.

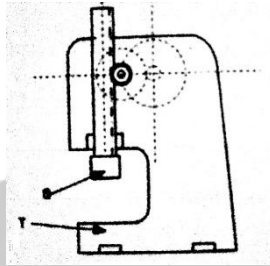
4. *Screw Press*



Gambar 2. 7. Screw press

Mesin *press* pada gambar 2.7. ini menggunakan mekanisme roda gigi. Roda gigi yang digunakan merupakan roda gigi cacing (*worm gear*) dan cacing (*worm*).

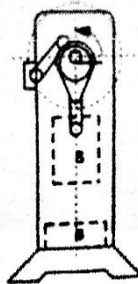
5. Rack press



Gambar 2. 8. Rack press

Mesin *press rack* menggunakan mekanisme penggerak roda gigi. Roda gigi *pinion* menggerakkan bagian dari *slide* yang menyatu dengan *rack*. Mesin *press* ini merupakan mesin yang tidak efisien sehingga jarang digunakan dalam produksi masal. Penggunaan mesin *press* ini umumnya sebagai mesin penunjang kebutuhan. Mesin ditunjukkan pada gambar 2.8. diatas.

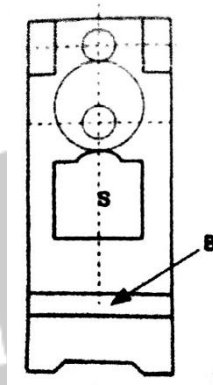
6. Link Press



Gambar 2. 9. Link press

Mekanisme yang digunakan dalam mesin *press* ini adalah penghubung (*link*). *Cycle time* pada proses *drawing* akan berkurang dengan menggunakan sistem ini sehingga kecepatan produksi dapat dipertahankan dan stabil.

7. Cam Press



Gambar 2. 10. Cam press

Mesin *press cam* pada gambar 2.10. ini merupakan mesin *press* yang menggunakan mekanisme *cam*. Mesin *press* ini dapat menggunakan satu atau lebih bentuk *cam* untuk dapat bekerja dengan baik. Mesin *press* ini memiliki panjang *stroke* yang jelas namun memiliki kapasitas yang kecil.

b) Klasifikasi Berdasarkan Jumlah Gerakan Slide

1. *Single Action*

Mesin *press single action* merupakan mesin *press* yang memiliki gerakan *slide* tunggal. Mesin ini umum digunakan pada proses yang sederhana seperti *blanking*, *embossing*, *coining*, dan *drawing*. Pada penggunaannya terkadang dibutuhkan tekanan pneumatic pada *die* untuk menjepit material pada proses *drawing*.

2. *Multiple Action*

Mesin ini melakukan lebih dari satu proses dalam satu gerakan. *Slide* bagian luar umumnya berongga dan pada sisi dalam terdapat bagian untuk proses *drawing/punch*.

c) Klasifikasi Berdasarkan Arah Gerakan Cetakan

Klasifikasi mesin dapat dibedakan berdasarkan arah gerakan cetakan dalam prosesnya. Yaitu:

- Vertical
- Horizontal
- Oblique

2.3.3. Press Dies

Jenis-Jenis Proses Pengerjaan *Sheet Metal*

a) *Cutting*

Proses ini merupakan proses pemisahan produk dari material awal. Proses pemotongan pada *sheet metal* mempunyai berbagai macam tujuan dan fungsi sesuai kebutuhan produksi. Jenis jenis proses potong dijelaskan sebagai berikut :

1. *Blanking*

Proses pemotongan untuk mendapatkan bentuk awal (*blank*). Sisa potongan akan terbuang sebagai *scrap* atau *scrap skeleton*.

2. *Piercing*

Proses pemotongan ini bertujuan untuk membuat lubang pada permukaan benda kerja. Lubang yang dihasilkan sesuai bentuk dari *punch*. Proses ini juga menghasilkan *scrap* sebagai sampah.

3. *Shearing*

Proses pemotongan lembaran atau gulungan menjadi bagian yang lebih kecil agar mempermudah proses selanjutnya. Mesin yang digunakan berupa *sheer cutting machine*.

4. *Trimming*

Trimming merupakan proses lanjutan setelah proses *forming*. Pada proses ini bagian yang tidak diperlukan akan dipotong untuk merapihkan dan mendapatkan ukuran sesuai kebutuhan. Sisa hasil potong akan menjadi *scrap*.

5. *Parting*

Proses memisahkan suatu *part* menjadi dua bagian sehingga menghasilkan *part* yang dikehendaki. Pada proses ini bagian yang tidak terpakai akan menjadi sampah (*scrap*).

6. *Notching and Semi-Notching*

Pada proses ini *sheet metal* akan dipotong pada bagian tepi dengan cara yang berurutan untuk membentuk *part*. Langkah ini akan membentuk benda kerja melalui proses demi proses. Teknik ini menggunakan *press dies* khusus yang disebut *progressive dies*.

7. *Perforating*

Proses ini merupakan proses membuat banyak lubang secara berulang-ulang pada *sheet metal*. Lubang yang bentuk dapat berfungsi sebagai bagian dekorasi atau saluran benda cair dan gas.

8. Lancing

Proses ini menggabungkan proses pemotongan dan pembentukan secara bersamaan. Salah satu fungsi produk adalah saluran ventilasi udara. *Lancing* disebut juga *semi notching*.

9. Shaving

Proses ini merupakan salah satu proses *finishing*. Pada proses ini *burr* pada lubang *sheet metal* akan dihilangkan. Proses ini juga memberikan ketelitian yang lebih baik pada lubang *sheet metal*.

10. Cutting

Proses ini merupakan proses pemotongan *sheet metal* menjadi bagian yang lebih kecil. Pada proses ini *scrap* yang dihasilkan sedikit bahkan proses dapat tidak menghasilkan *scrap*.

b) Forming

Proses *forming* adalah proses pembentukan *sheet metal*. Pada proses ini, *sheet metal* dibentuk sesuai kebutuhan produksi. Proses ini juga menggunakan istilah-istilah yang membedakan fungsi atau tujuannya.

1. Forming

Forming adalah proses pembentukan *sheet metal* yang sederhana tanpa menggunakan *blank holder*. Kontur pada proses ini adalah bentuk 3 dimensi yang tidak beraturan.

2. Bending

Pada proses *sheet metal* dibentuk dengan menekuk bagian *sheet metal* yang lurus. Proses ini umumnya dibagi menjadi 3 jenis yaitu *V-bend*, *L-Bend*, dan *U-bend*.

3. Drawing

Proses ini merupakan proses pembentukan *sheet metal* yang dalam dan memiliki kontur yang kompleks sehingga membutuhkan *blank holder* dan *air cushion*.

4. Re-Striking

Re-Striking merupakan sebuah proses lanjutan. Proses ini memiliki tujuan untuk menyempurnakan bentuk *part* agar sesuai kebutuhan produksi.

5. Burring

Proses ini membentuk *flange* pada lubang dari *sheet metal*. Fungsi *flange* bermacam-macam bergantung pada kebutuhan. Fungsi yang umum adalah

sebagai struktur penguat atau untuk dijadikan ulir. Proses ini dapat dikombinasikan dengan proses *burring* sehingga disebut proses *hole flanging*.

6. Crimping

Pada bidang listrik proses ini dibutuhkan karena akan memproses *sheet metal* menjadi struktur pengikat kabel.

7. Deep Drawing

Deep drawing adalah proses yang dilakukan berulang kali. Proses ini membutuhkan *blank-holder* dan hanya dapat dilakukan pada mesin *press* hidrolik. Proses ini juga membutuhkan *sheet metal* khusus yang memiliki batas patah besar.

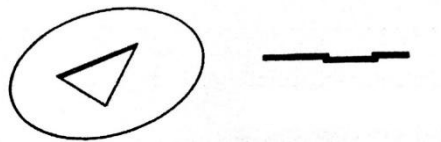
8. Flanging

Flanging merupakan proses pembentukan tepi *sheet metal* untuk memperkuat struktur atau memberikan nilai seni pada produk.

9. Stamping

Stamping merupakan proses pembentukan *sheet metal* yang membentuk huruf, symbol, atau yang lainnya pada permukaan *sheet metal* dengan bagian dasar yang rata.

10. Embossing



Gambar 2. 11. Produk emboss

Proses ini merupakan proses pembentukan *sheet metal* untuk dekorasi dan penguat struktur. Proses ini berbeda dengan proses *stamping* karena pada bagian bawah profil juga terbentuk kontur. Contoh ditunjukkan pada gambar 2.11 diatas.

11. Curling dan Wiring

Proses ini menggulung tepi bagian *sheet metal* untuk memperkuat struktur produk. Penambahan kawat pada gulungan juga umum dilakukan untuk memperkuat struktur yang disebut dengan *wiring*.

12. Hemming dan Seaming

Hemming dan *seaming* adalah proses menyambung *part* dengan melipat *part* sehingga kedua *part* saling terikat.

13. Swaging

Swaging adalah proses pembentukan pipa untuk memperkecil diameter pipa.

14. Expanding

Proses ini adalah proses pembentukan pipa yang berfungsi untuk memperbesar diameter pipa

2.3.4. Mesin Press

Mesin *press* merupakan mesin yang dipakai untuk memproduksi barang-barang *sheet metal* menggunakan satu atau lebih *press dies* dengan meletakkan *sheet metal* diantara *upper dies* dan *lower dies*.

1. Spesifikasi Utama Mesin Press

- **Kapasitas Mesin**

Kapasitas mesin merupakan kemampuan mesin memberikan gaya dorong pada proses penekanan. Satuan ukuran yang digunakan ialah *Tonf*. Kapasitas mesin harus lebih tinggi dari kapasitas yang dibutuhkan.

$$F = A \times \sigma_B \times \alpha \quad (2.1)$$

Diketahui:

F = Gaya (N)

A = Luasan potong (mm²)

σ_B = Batas patah Tarik (N/mm²)

α = Presentasi penetrasi (%)

- **Panjang Langkah**

Panjang langkah merupakan perbedaan jarak antara kedua *center crankshaft*. Pada praktiknya panjang langkah untuk proses *blanking* berkisar antara 10-75 mm dan panjang langkah untuk proses *drawing* sekitar 2,5 kali kedalaman *drawing*.

- **Die Height**

Die height adalah jarak antara *slide* dan *bolster* yang diukur pada posisi *adjustment* yang tertinggi dan posisi *stroke* paling rendah. Kemudian, jarak antara *slide* dan meja mesin disebut *Shut height*.

- **Bolster Area**

Ukuran *bolster* menjadi ukuran *press dies*. *Bolster area* merupakan area yang dimiliki mesin *press* yang akan digunakan sebagai *mounting press dies*.

- **Slide Area**

Ukuran *slide* mesin *press* menentukan konfigurasi *upper plate*. *Slide* mesin mempunyai *T-slot* yang berbeda dengan jumlah dan jarak yang berbeda sehingga mempengaruhi desain *press dies*.

- **Slide Adjustment**

Slide adjustment umumnya dapat dilakukan dengan besaran yang terbatas dan hanya dapat dilakukan pada kasus tertentu. Sebagai kompensasi, pihak *vendor* menyiapkan *die height* sebagai patokan dalam merancang *press dies*.

- **Sumber Tenaga**

Pada umumnya sumber tenaga yang digunakan berupa motor listrik karena karakteristiknya berupa tidak bising, mudah perawatan dan lebih murah. Sumber tenaga juga dapat berupa lengan ayun yang diputar menggunakan tenaga manusia. Pilihan ini menjadi alternatif para desainer ketika kebutuhan produksi yang relative sedikit dan tidak membutuhkan tenaga besar dalam proses *sheet metal working*.

- **Die Cushion**

Adalah suatu mekanisme yang terletak pada bagian bawah *bolster* mesin yang digunakan khusus pada proses *drawing* untuk mencegah terjadinya kerutan.

2. Sistem Loading/Feeding Material

Dalam proses produksi yang menggunakan *press dies* untuk membuat *sheet metal parts* akan berhubungan dengan material yang berupa *strip steel sheet*, *coiled* (gulungan) *steel sheet*, pipa, dan bar. Material-material tersebut harus dijaga kondisinya dan disiapkan dengan baik agar tidak rusak sebelum diproses. Misalnya terjadi karatan dan goresan pada permukaan material. Pada waktu dilakukan proses produksi, material-material yang akan dicetak tersebut harus di-*loading* pada *press dies* yang sudah dipasang pada mesin *press*. Mekanisme *loading* material dibedakan menjadi 2(dua) jenis yaitu mekanisme untuk material *coil* (gulungan) dan *sheet* (lembaran).

A. Mekanisme *Feeding Sheet Metal* dalam Bentuk *Coil*

a. Mekanisme *Reels*

Mekanisme ini menggunakan *reels* untuk proses melepaskan gulungan *sheet metal*. *Reels* akan menjepit bagian dalam *coil* agar mudah berputar. Mekanisme ini dapat menggunakan motor listrik ataupun tidak menggunakan motor listrik untuk mendorong material.

b. Mekanisme *Direct-Linkage Roll Feeds*

Mekanisme ini digunakan pada mesin *press* yang kecil dan dipasang langsung pada bagian mesin *press*. Mekanisme ini menggunakan *direct-linkage* sehingga pergerakan material akan diatur lewat gerakan *crankshaft* mesin.

c. Mekanisme *Cam Feed Rolls*

Mekanisme ini menggunakan *rollers* yang dipasangkan pada *slide* mesin. Posisi *sheet metal* akan bergantung pada jarak gerakan *rollers*.

d. Mekanisme *Hitch Feeds*

Hitch feed merupakan mekanisme yang dijalankan oleh sistem *cam* yang mirip dengan *roller feed*. Perbedaan mekanisme ini dengan *roller feed* adalah penggunaan *spring* sebagai kekuatan untuk menggerakkan *gripper* ke satu arah

e. Mekanisme *Air Feeder*

Mekanisme ini menggunakan tenaga udara bertekanan untuk mendorong material ke *press dies*. Stabilitas dan tekanan udara sangat mempengaruhi jarak pergerakan yang dicapai oleh *sheet metal*.

B. Mekanisme *Feeding Sheet Metal* dalam Bentuk Lembaran

a. *Manual Feeding*

Manual feeding menjadi pilihan industri ketika jumlah produk yang akan diproduksi sedikit. Mekanisme ini menawarkan fleksibilitas yang tinggi namun, kecepatan produksi yang rendah.

b. *Hopper Feeding*

Mekanisme ini digunakan untuk produk yang berukuran kecil dan material yang sudah melalui proses *blanking*. Aliran material dapat terjadi karena gaya gravitasi atau gerakan berputar dengan alur yang menyudut.

c. Dial Feeds

Mekanisme ini digunakan untuk produk yang berukuran kecil namun lebih besar dari produk yang menggunakan mekanisme *hopper feeding*. *Part* yang akan diproses dimasukkan kedalam *dial* (plat berbentuk bulat yang sudah dilubangi).

d. Magazine Feeds

Part yang diproses memiliki ukuran yang lebih besar. Material dimasukkan ke dalam alur yang menyudut. Gaya gravitasi membantu material turun. *Air cylinder* dapat digunakan untuk mendorong agar material bergerak ke posisi yang diinginkan.

3. Press Dies

a. Upper Plate/Top Plate

Bagian ini adalah bagian paling atas dari *press dies*. Fungsi *upper plate* adalah sebagai penyangga *punch*, *stripper plate*, dan *upper holder*. Bagian ini juga memiliki lubang yang berfungsi untuk mengikat *press dies* pada mesin *press*.

b. Lower Plate/Bottom Plate

Merupakan bagian paling bawah yang berfungsi untuk menyangga *die*, *lower holder* dan *stripper plate*. Bagian ini juga merupakan bagian yang terikat dengan mesin bagian bawah sehingga jarak lubang untuk *clamping* menentukan konfigurasi desain.

c. Punch

Bagian ini berfungsi sebagai alat potong bagian atas pada proses pemotongan atau alat bentuk (*male*) untuk proses pembentukan. Alat ini membutuhkan tingkat tahanan aus dan kekerasan yang tinggi. *Punch* umumnya berbahan material *tool steel* dan mendapat perlakuan panas untuk mencapai tingkat kekerasan 58-62 HRC.

d. Die

Bagian ini berfungsi sebagai alat potong bagian bawah pada proses pemotongan atau alat bentuk (*female*) untuk proses pembentukan. Alat ini membutuhkan tingkat tahanan aus dan kekerasan yang tinggi. *Dies* umumnya berbahan material *tool steel* dan mendapat perlakuan panas untuk mencapai tingkat kekerasan 58-62 HRC.

e. Stripper Bolt

Merupakan komponen yang berfungsi sebagai pemegang *stripper plate* yang dapat bergerak sesuai batas yang sudah ditentukan pada proses desain *press dies*. *Stripper bolt* merupakan *standart part* sehingga dapat menghemat biaya dikeluarkan dalam proses pembuatan *press dies*.

f. Spring

Komponen ini merupakan komponen standar yang berfungsi sebagai penggerak *stripper plate*, *ejector pin*, dan *guide lifter*. Spesifikasi *spring* yang akan digunakan ditentukan dari besarnya kapasitas mesin, jenis produk, dan kontur produk.

g. Shank

Bagian yang terpasang pada *top plate* ini berfungsi sebagai pengikat *press dies* dengan mesin *press*. Posisi *shank* ditentukan oleh titik berat dari beban *press*. Pada umumnya bagian ini diikat pada mesin *press* menggunakan sistem clamping.

h. Guide Pin

Komponen ini berfungsi sebagai rel pergerakan *press dies*. Pemasangan *guide pin* dalam *press dies* minimum berjumlah dua buah dan maksimal ditentukan oleh kebutuhan *press dies*. Persamaan Euler pada kondisi jepit jepit menjadi persamaan yang akan menjawab kebutuhan desain. Persamaan tersebut ditunjukkan dibawah ini.

$$l_{min} = \frac{F.V.Lk^2}{\pi^2.E} \quad (2.2)$$

Keterangan

l_{min} = Inersia minimum

Lk = Panjang tekuk (mm)

F = Gaya tekan (N)

V = Faktor keamanan (%)

E = Modulus elastis (N/mm²)

i. Stripper Plate

Bagian ini berfungsi untuk menahan benda kerja sesaat sebelum proses *press* dan dapat berfungsi sebagai komponen yang mengeluarkan *waste* atau produk setelah proses *press* dilakukan.

j. Stroke End Blocks

Dalam menjaga *press dies* agar tidak terlalu dalam ketika proses *press*, digunakan *stroke end blocks*. Benda kerja memiliki kemungkinan cacat yang lebih besar jika benda kerja masuk melebihi batas ketentuan.

k. Aktuator

Komponen ini merupakan bagian yang berfungsi sebagai media penghantar tenaga dari sumber ke *press dies*. Penggunaan aktuator disesuaikan dengan kebutuhan produksi, biaya, dan polusi. Persamaan untuk setiap aktuator cenderung sama yaitu :

$$F = P \times A \quad (2.3)$$

Keterangan

F = Gaya (N)

P = *Pressure* (N/mm²)

A = Luas area (mm²)

l. Lengan tuas

Pada mesin *press* manual, lengan ini berfungsi sebagai tuas untuk menggerakkan *press dies* menggunakan tenaga manusia. Tenaga yang digunakan harus dalam rentang tenaga yang ideal dikeluarkan oleh operatornya untuk menghindari *fatigue*. Rumus yang digunakan untuk mencari panjang lengan tuas yaitu :

$$L_{\text{Poros}} \times F_{\text{Poros}} = L_{\text{Tuas}} \times F_{\text{Tuas}} \quad (2.4)$$

Keterangan

F_{Poros} = Gaya pada poros (N)

L_{Poros} = Lengan kerja poros (m)

F_{Tuas} = Gaya pada tuas (N)

L_{Tuas} = Lengan kerja tuas (m)

J. Pegas *stripper plate*

Stripper plate membutuhkan gaya pegas agar dapat mencegah kerutan pada sisi potong benda kerja. Gaya pegas hendaknya sesuai dengan kebutuhan mesin. Gaya pegas akan dikalkulasi berdasarkan buku "Mengenal Perkakas Potong

Punching Tool 1". Rumus yang digunakan ditunjukkan dibawah ini (Moerbani & Riyadi).

$$F = \frac{G \cdot d^4 \cdot f}{8 \cdot D_m^3 \cdot i_f} \quad (2.5)$$

F = Gaya pegas (N)

G = Modulus puntir (N/mm²)

d = Diameter kawat pegas (mm)

f = Panjang penekanan pegas (mm)

D = Diameter pitch pegas (mm)

i = Jumlah lilitan efektif

4. Poros

Poros merupakan elemen mesin penting pada penelitian ini. Poros merupakan bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen mesin lainnya. Poros bias menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya (Joseph Edward Shigley, 1983).

Perhitungan diameter minimum poros menjadi sangat penting, karena diameter minimum merupakan diameter terkecil dimana poros tidak patah saat digunakan. Perhitungan ini juga merupakan perhitungan konstruksi awal desain. Perhitungan diameter poros menggunakan persamaan yang ditunjukkan dibawah ini (B.Sudiby).

$$Mv = \sqrt{Mb_{max} + 0,75(\alpha_0 \cdot Mt)^2} \quad (2.5)$$

Mv = Momen virtual (Nmm)

Mb_{max} = Momen tekuk maksimal (Nmm)

α_0 = Faktor batas tegangan dinamik

Mt = Momen puntir maksimal (Nmm)

$$Mb = \frac{\pi}{32} \cdot \sigma_b \cdot D^3 \quad (2.6)$$

Mb = momen tekuk (Nmm)

σ_b = Batas patah material (N/mm²)

D = diameter (mm)

1. Tegangan bengkok ijin sementara

$$\sigma_{bsem.} = \frac{\sigma_b}{V^{2.5-3.0}} \quad (2.7)$$

$\sigma_{bsem.}$ = Batas patah ijin sementara (N/mm^2)

σ_b = batas patah material (N/mm^2)

V = Angka keamanan

2. Diameter sementara

$$dk_{sem} = \sqrt[3]{\frac{Mv}{0,1 \cdot \sigma_{Bsem.}}} \quad (2.8)$$

dk_{sem} = Diameter sementara (mm)

Mv = Momen virtual (Nmm)

$\sigma_{Bsem.}$ = Batas patah ijin sementara (N/mm^2)

3. Tegangan ijin bengkok sebenarnya

$$\sigma_{bakhir} = \frac{\sigma_b \cdot b1 \cdot b2}{\beta_k \cdot V} \quad (2.9)$$

σ_{bakhir} = Batas patah akhir (N/mm^2)

σ_b = batas patah material (N/mm^2)

$b1$ = Faktor kekasaran permukaan

$b2$ = Faktor ukuran

β_k = Angka efek lekuk

V = Angka keamanan

4. Diameter sebenarnya

$$dk = \sqrt[3]{\frac{Mv}{0,1 \cdot \sigma_{bakhir}}} \quad (2.10)$$

dk = Diameter sebenarnya (mm)

Mv = Momen virtual (N/mm^2)

σ_{bakhir} = Batas patah akhir (N/mm^2)

5. Cam

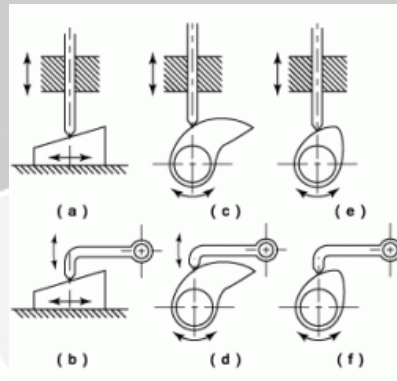
Mekanisme cam adalah mekanisme yang berputar antara bagian satu sama lain.

Bentuk dari cam bergantung pada gerakannya, kebutuhan gerakan *follower* dan

bentuk bidang kontak. Berdasarkan jenisnya cam dibagi menjadi beberapa bagian yaitu

1. *Disc or Radial cams*

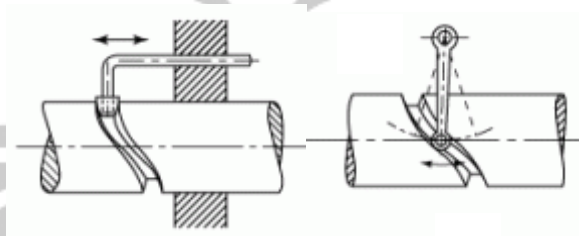
Memiliki sumbu kerja yang tegak lurus satu sama lain. Contoh dari cam tipe ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 12. Contoh disc dan radial cam

2. *Cylindrical cams*

Memiliki sumbu kerja yang parallel satu sama lain. Contoh dari cam tipe ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 13. Contoh cylindrical cam

2.3.4. Perhitungan Biaya

TMC (*Total Manufacturing Cost*) merupakan salah satu elemen penting. TMC adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi barang. TMC disusun oleh 3 bagian. (BBL) Biaya Bahan Langsung, (BTKL) Biaya Tenaga Kerja Langsung dan (BPTL) Biaya Pabrik Tidak Langsung. Ketiga biaya ini memiliki sumber yang berbeda-beda satu sama lain.

BBL adalah biaya yang timbul dari pemakaian semua bahan-bahan yang menjadi bagian dari produk jadi dan yang dapat secara langsung dimasukkan. Selain itu BBL merupakan bagian utuh dari komponen terpadu dari produk dan dengan mudah dirunut.

BTL merupakan biaya tenaga kerja yang dengan jelas dapat dirunut pada setiap unit produk. Selain itu BTL adalah biaya yang dikeluarkan untuk pekerja yang langsung ikut dalam proses pembuatan suatu produk.

BPTL adalah biaya manufaktur yang tidak dapat dengan mudah secara langsung dirunut pada setiap unit produknya. BPTL juga merupakan biaya yang terjadi di pabrik yang tidak termasuk dalam biaya bahan langsung dan biaya pekerja langsung.

