

BAB 2

DASAR TEORI

2.1. DFMA

2.1.1. DFMA Secara Umum

Design for manufacturing and assembly (DFMA) diartikan sebagai desain dari suatu produk atau komponen yang dapat memudahkan proses manufaktur, dan proses perakitan dengan komponen lain untuk menjadi suatu kesatuan produk. DFA apabila diartikan secara mandiri merupakan desain dari suatu produk atau komponen yang dapat memfasilitasi dan mempermudah proses perakitan dengan komponen lain. Atau dengan kata lain seorang desainer harus memikirkan apakah desain produk yang dibuatnya dapat memudahkan proses assembly nantinya? Bahkan dapat memberikan alternatif desain produk lainnya dalam mencapai produk berkualitas, *life cycle* yang rendah dan biaya produksi yang rendah.

2.1.2. Parameter penting dalam DFM Sand Casting

DFM pada suatu desain produk bertujuan untuk mempermudah proses manufaktur sejak dari tahap awal desain. Parameter penting dalam proses sand casting dengan focus pada cavity dan core, terbagi ke dalam:

1. Shape secara umum. setiap jenis proses memiliki kemampuan berbeda untuk membuat suatu produk, yang diukur dari kemampuan apakah dapat membuat atribut berikut ini dengan mudah:
 - a. *Depress(Depress)*, bentuk hole bertingkat atau grooves pada permukaan. Apakah langsung dilakukan oleh satu aktivitas atau diperlukan beberapa aktivitas,
 - b. *Uniform wall (UniWall)*, membuat ketebalan dinding yang seragam,
 - c. *Uniform cross section(UniSect)*, k membuat komponen dengan cross section normal dengan bentuk-bentuk dasar seperti kotak, lingkaran, dan tidak termasuk draft,
 - d. *Axis of rotation(AxisRot)*, membuat komponen yang dapat langsung dihasilkan dari rotasi satu sumbu saja, atau dengan kata lain solid,

- e. *Regular cross section(RegXSec)*, membuat komponen bentuk khusus seperti hexagonal atau shaft yang berkelok, atau shaft berkelok dengan kepala berbentuk hexagonal.
- f. *Captured cavity(CaptCav)*, membentuk beberapa cavity dengan permukaan bertingkat (contoh, bentuk botol),
- g. *Enclosed (Enclosed)*, membuat komponen yang keseluruhannya berongga/kulit atau benar-benar tertutup.
- h. *Draft-free surfaces(NoDraft)*, membuat produk dengan *cross section* secara konstan searah dengan pergerakan tool. Kecuali ada toleransi untuk draft.

Proses sand casting diklasifikasikan sebagai proses yang dapat memproduksi hampir keseluruhan bentuk DFM kecuali *NoDraft* dan *Enclosed*(bentuk hanya kulit saja). Sedangkan untuk proses machining hampir keseluruhan dapat dilakukan kecuali *Enclosed*(bentuk hanya kulit saja).

2. Cavity

Parameter penting dalam cavity adalah jumlah cavity, lebar produk, panjang produk, kedalaman produk, clearance antar cavity di pattern, casting scrap rate (persentase terkikisnya permukaan produk setelah proses sand casting), machining allowances, jumlah mesin, jumlah sumber daya manusia, jumlah line produksi, dan posisi parting line.

3. Cores

Parameter penting dalam pembuatan cores sehubungan dengan proses sand casting adalah massa jenis pasir yang digunakan, volume core, jumlah core, keberadaan core print, core scrap rate (persentase terkikisnya cores ketika proses sand casting)

Penambahan cores otomatis berarti penambahan biaya karena cores dibuat dengan proses terpisah dari pattern dan diperlukan sumber daya tambahan untuk memasukkan cores ke dalam mold untuk membentuk cavity.

2.1.3. Parameter Penting dalam DFA Secara Manual

Proses perakitan manual terbagi menjadi 2(dua) bagian yaitu:

1. Handling (memegang, orientasi dan memindahkan komponen)

Untuk dapat memfasilitasi proses perakitan manual nantinya maka pada desain suatu produk atau komponen harus mempertimbangkan kemudahan dan kesulitan dalam handling, dengan mengevaluasi beberapa parameter berikut, yang terdapat pada desain produk:

- a. Simetrisitas produk
 - b. Sudut antara sumbu produk yang tegak lurus dengan sumbu referensi proses perakitan (Alpha)
 - c. Sudut antara sumbu produk yang sejajar dengan sumbu referensi proses perakitan (Beta)
 - d. Ukuran dari produk (ketebalan, lebar, berat)
2. Insertion dan Fastening (penyatuan sebuah atau sekumpulan komponen)

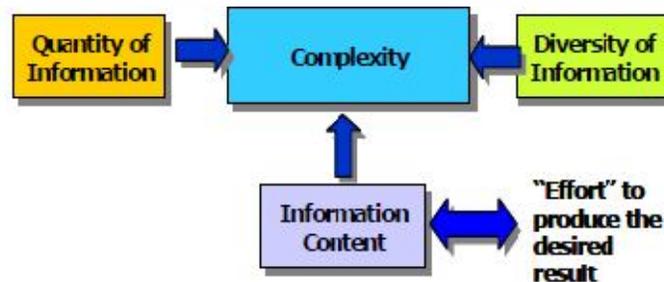
Setelah tahap handling dilakukan tahapan insertion dan fastening dalam proses perakitan, yaitu usaha menyatukan produk dengan komponen/produk yang lainnya, dengan memperhatikan keberadaan beberapa parameter berikut ini:

- a. Holding down, yaitu diperlukannya usaha tambahan berupa: alat pemegang tambahan, mensejajarkan kembali sumbu produk dengan sumbu referensi, atau jeda waktu sebelum disatukan secara permanen dengan komponen lain. Suatu perakitan dikatakan clearance antar suatu komponen dengan komponen lainnya terlalu kecil dengan melihat perbandingan diameter atau panjang antar dua komponen yang akan dirakit.
- b. Easy to align and position, yaitu adanya guide sewaktu proses perakitan seperti chamfer atau bentuk sejenis lainnya.
- c. Obstructed access, yaitu adanya luas bagian yang terlalu sempit atau kecil dari produk yang menyebabkan perlunya tambahan waktu untuk merakit.
- d. Restricted vision, yaitu adanya kesulitan dalam melihat perakitan antar komponen sehingga operator hanya mengandalkan panca indera saja.

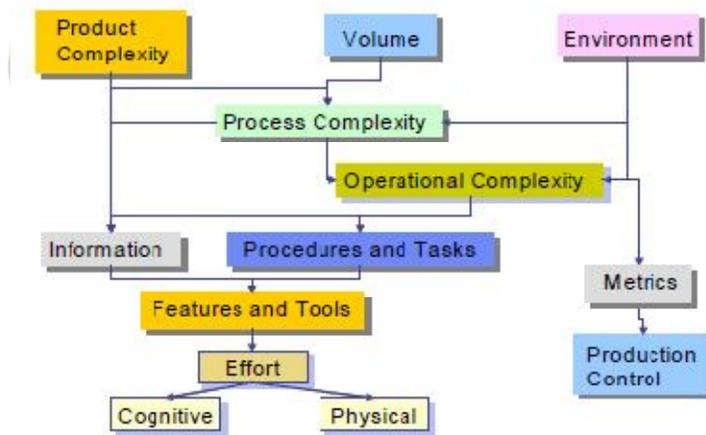
Boothroyth telah merangkum tingkatan kerumitan insertion dan fastening melalui waktu perakitan yang diperoleh dari tabel insertion dan fastening (Lampiran 9).

2.2. Kompleksitas Produk dan Kompleksitas Proses

Kompleksitas didefinisikan oleh El-maraghy sebagai manajemen dari banyak informasi yang dipengaruhi oleh jumlah informasi (H), variasi dari informasi (D_R), isi dari informasi yaitu koefisien kompleksitas relatif (c_j).



Gambar 2.1
Elemen dari kompleksitas
Sumber: El-Marghy

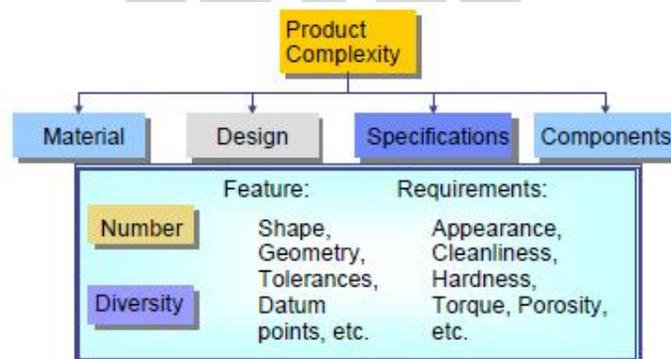


Gambar 2.2 Uraian Kompleksitas manufaktur (Sumber:El-Maraghy)

Koefisien kompleksitas relative (c_j) merupakan hasil dari deskripsi feature-feature yang diinginkan berserta usaha yang dilakukan untuk menghasilkan feature-feature seperti tahapan proses atau tool. Kemudian semua informasi yang diperoleh dibobotkan secara statistik. Terdapat 3 jenis kompleksitas apabila mengacu kepada kompleksitas lingkungan manufaktur yaitu kompleksitas produk, kompleksitas proses dan kompleksitas operasional. Ketiganya saling mempengaruhi dan berhubungan akan tetapi untuk kemudahan analisa diuraikan menjadi komponen yang terpisah.

2.2.1. Kompleksitas Produk

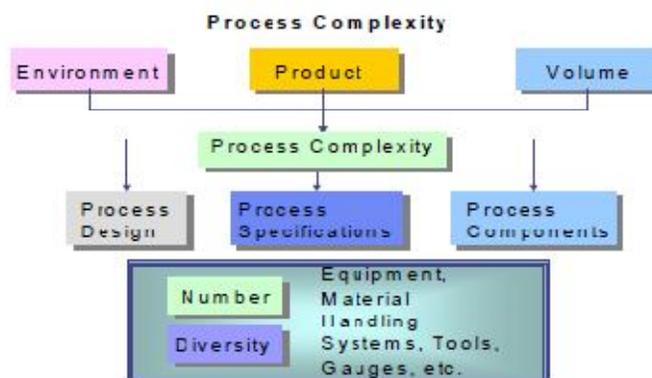
Kompleksitas produk dipengaruhi oleh informasi dan volume. Informasi yang mempengaruhi kompleksitas produk dipengaruhi oleh material dasar yang digunakan untuk membuat produk, desain dari produk, spesifikasi produk, dan komponen atau bagian dari produk, kemudian dipersempit menjadi dua kelompok yaitu: feature dan spesifikasi. Feature, merupakan bentuk yang ingin dihasilkan. Spesifikasi adalah kualitas yang diinginkan berkaitan dengan feature yang ingin dihasilkan. Kompleksitas produk dilambangkan sebagai CI_{produk} .



Gambar 2. 3 Elemen kompleksitas produk (Sumber:El-Maraghy)

2.2.2. Kompleksitas Proses

Kompleksitas proses merupakan fungsi dari desain produk, volume produksi yang diinginkan, perencanaan alur proses, dan lingkungan kerja. Kompleksitas proses dilambangkan dengan PI_{proses} .



Gambar 2. 4 Elemen kompleksitas proses (Sumber:El-Maraghy)

Yang perlu diingat dari untuk menghasilkan kompleksitas proses adalah harus teridentifikasi setiap komponen dari proses dalam setiap tahapannya.

2.3. Hubungan antara Kompleksitas dengan DFMA

Menurut Ulrich, apabila suatu produk ingin mengukur efisiensi perakitan dengan menggunakan metode Boothroyd maka produk tersebut harus memenuhi beberapa pra-syarat sebagai berikut:

1. Apakah komponen perlu dipindahkan relatif terhadap kelompok produk untuk dapat dirakit dengan komponen lain?
2. Apakah harus komponen terbuat dari material yang sama dari keseluruhan kelompok produk yang akan dirakit menjadi satu, untuk penyatuan secara fisik?
3. Apakah komponen perlu dipisahkan dari kelompok produk yang akan dirakit menjadi satu untuk kepentingan perakitan, maintenance atau perbaikan?

Apabila komponen/produk tersebut memenuhi salah satu atau keseluruhan dari pra-syarat diatas, maka produk tersebut sewaktu perakitan memerlukan integrasi fisik antar satu komponen dengan komponen lainnya dengan mengandalkan geometri feature dari produk tersebut. Terlihat untuk proses perakitan diperlukan sinkronisasi antar feature dari masing-masing komponen.

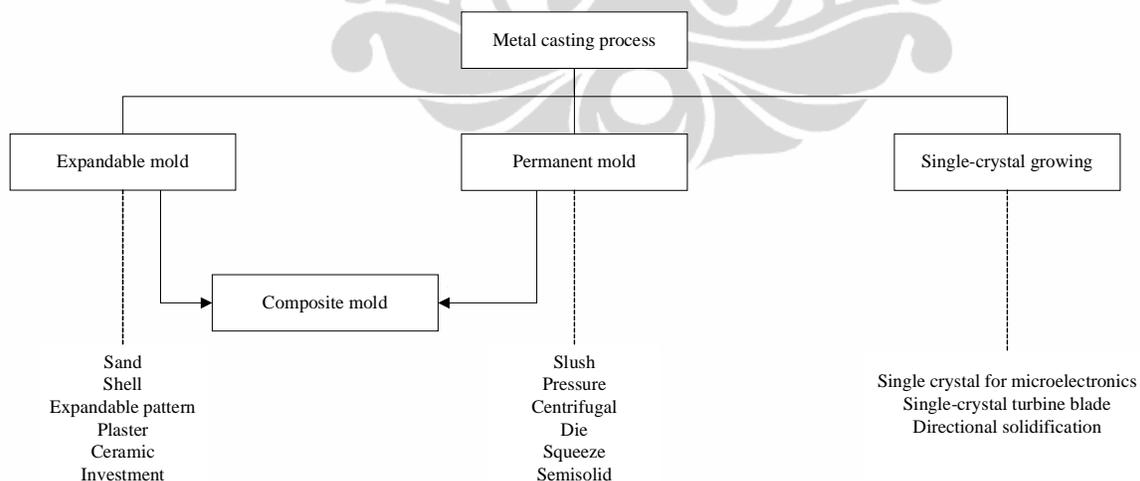
Baik DFA maupun kompleksitas memperhitungkan feature dalam melakukan pemodelan, untuk itu parameter DFA berupa handling dan insertion dapat dimasukkan ke dalam model kompleksitas sehingga benar-benar terlihat bahwa sang desainer produk telah memikirkan sampai dengan kemudahan perakitan. Setelah parameter yang mempengaruhi DFA diketahui maka tahapan selanjutnya menurut Boothroyd adalah DFM yaitu menentukan material yang akan digunakan, jenis dan tahapan proses manufaktur beserta kelengkapannya di tahap awal desain produk. DFM di tahap awal desain produk dapat mempermudah dan meminilisir kegagalan sewaktu proses manufaktur.

2.4. Proses Casting

Menurut Groover (2007), “Casting is a process in which molted metal flows by gravity or other force into a mold where it solidifies in the shape of mold cavity”. Proses casting tergolong ke dalam proses primer. Umumnya proses casting menghasilkan produk yang dapat langsung dipergunakan, disebut sebagai *Net Product*, atau produk yang harus melalui proses lainnya (seperti machining, polishing atau coating) untuk mencapai dimensi yang lebih akurat, disebut sebagai *Near Net Product*. Tahapan dari proses casting meliputi: (a) proses penuangan metal cair ke dalam cetakan, (b) proses solidifikasi, dan (c) proses pelepasan hasil solidifikasi dari cetakan.

2.4.1. Klasifikasi proses casting

Proses casting terbagi lagi menjadi beberapa jenis berdasarkan jenis cetakan yang dipergunakan atau yang umum disebut sebagai mold. Perbedaan antara *Expandable-Mold* dengan *Permanent-Mold* terletak pada batas penggunaan mold. *Expandable-Mold* dalam proses casting dipergunakan hanya sekali pakai dan hanya sampai tahap solidifikasi. Karena setelah tahap solidifikasi mold harus dikorbankan untuk dapat mengeluarkan produk hasil casting, sedangkan *permanent-mold* dapat dipergunakan berkali-kali.



Gambar 2.5 Klasifikasi proses casting (Sumber: Kalpakjian ;260)

Keunggulan dan kekurangan dari masing-masing proses casting telah dirangkum oleh Kalpakjian sebagai berikut:

Summary of Casting Processes		
Process	Advantages	Limitations
Sand	Almost any metal cast; no limit to part size, shape or weight; low tooling cost	Some finishing required; relatively coarse surface finish; wide tolerances
Shell mold	Good dimensional accuracy and surface finish; high production rate	Part size limited; expensive patterns and equipment
Evaporative pattern	Most metals cast with no limit to size; complex part shapes	Patterns have low strength and can be costly for low quantities
Plaster mold	Intricate part shapes; good dimensional accuracy and surface finish; low porosity	Limited to nonferrous metals; limited part size and volume of production; mold-making time relatively long
Ceramic mold	Intricate part shapes; close-tolerance parts; good surface finish	Limited part size
Investment	Intricate part shapes; excellent surface finish and accuracy; almost any metal cast	Part size limited; expensive patterns, molds and labor
Permanent mold	Good surface finish and dimensional accuracy; low porosity; high production rate	High mold cost; limited part shape and complexity; not suitable for high-melting-point metals
Die	Excellent dimensional accuracy and surface finish; high production rate	High die cost; limited part size; generally limited to nonferrous metals; long lead time
Centrifugal	Large cylindrical or tubular parts with good quality; high production rate	Expensive equipment; limited part shape

Gambar 2. 6
Rangkuman Proses Casting
Sumber: Kalpakjian

Umumnya dalam industri otomotif yang digunakan adalah jenis proses *sand casting*, mengingat biaya produksi yang lebih rendah dan hampir seluruh ukuran produk dapat dibuat.

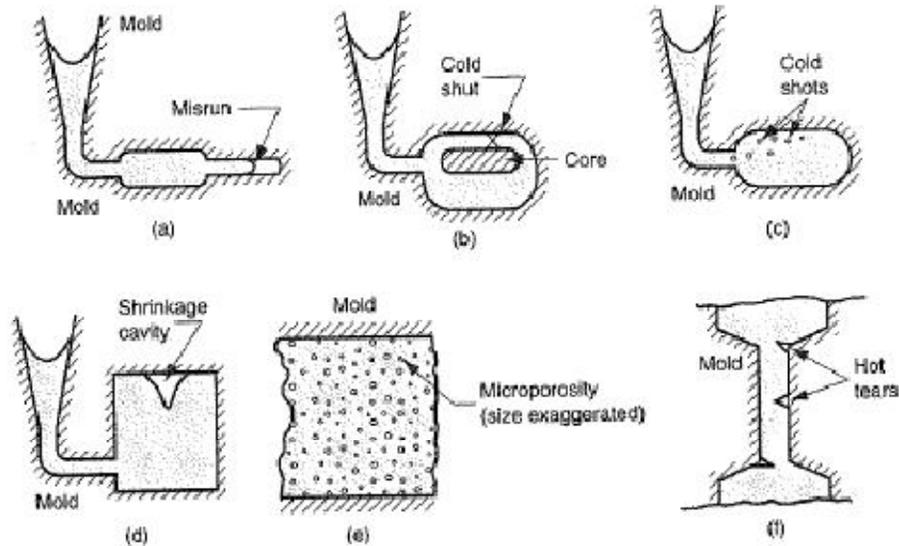
2.4.2. Cacat Produk Pada Produk Casting

Dalam pengoperasian proses casting dapat saja terjadi kesalahan yang berpengaruh kepada kualitas produk hasil casting. Umumnya jenis cacat produk menurut Groover yang sering terjadi adalah:

1. *Misruns*, cacat produk berupa tidak terbentuknya bagian produk casting yang terletak di ujung cavity. Penyebab misruns yaitu: metal cair yang terlalu cepat memadat sebelum memenuhi seluruh cavity, temperature penuangan yang terlalu rendah, proses penuangan yang dilakukan terlalu lambat, dan bagian dari cavity yang terlalu tipis.
2. *Cold shut*, cacat produk seperti misruns akan tetapi terjadi pada bagian tengah dari produk casting. Penyebab cold shut adalah terjadinya perbedaan temperatur pada dua bagian metal cair sewaktu proses solidifikasi.
3. *Cold shots*, cacat produk berupa bentol-bentol kecil pada beberapa bagian dari produk casting. Penyebab cold shots adalah adanya percikan metal cair sewaktu proses penuangan yang terjebak dalam proses solidifikasi.

Universitas Indonesia

4. *Shrinkage cavity*, cacat produk berupa penciutan pada bagian cavity.
5. *Microsporosity*, cacat produk berupa pori-pori pada produk casting.
6. *Hot tears*, cacat produk berupa robekan atau retakan pada produk casting



Gambar 2. 7 Jenis-Jenis Cacat Produk Casting (Sumber: Groover)

Mengapa seorang desainer produk sand casting harus mempertimbangkan kemungkinan jenis cacat produk yang akan terjadi pada desainnya adalah karena produk casting merupakan near-net-product yang harus memenuhi dua tahapan toleransi yaitu toleransi casting dan toleransi machining, untuk dapat memenuhi keakurasian dimensi. Toleransi casting seperti CT10 merupakan standar yang harus dipenuhi oleh suatu produk casting dengan memperhatikan keakurasian hasil casting dari dimensi linier, ketebalan dinding dan sudut draf-nya. Tingkatan toleransi casting dibagi berdasarkan berat produk. Toleransi machining dipergunakan ketika produk casting harus melalui proses penghalusan permukaan dan/atau pembuatan lubang. Salah satu toleransi machining yang dijadikan acuan untuk proses machining produk casting adalah JIS B0405.

2.4.3. Aturan Penting dalam Melakukan Proses Casting

Campbell telah merangkum sepuluh aturan penting untuk memperoleh produk casting yang baik, yaitu:

1. Mulai proses dengan kualitas pelelehan metal yang baik
Proses pelelehan terjadi di dapur kopula berkaitan dengan jenis metal yang digunakan, metode pelelehan metal, dan ketinggian penuangan. Untuk mencapai kualitas pelelehan metal yang baik harus diperhatikan kecepatan pelelehan metal sewaktu di dapur kopula dan total ketinggian penuangan ke dalam pouring cup.
2. Hindari aliran turbulen yang terjebak di permukaan metal cair
Pada runner system diusahakan bagian terdepan dari metal cair (meniscus) mengalir dengan kecepatan maksimum $0,5 \text{ ms}^{-1}$ untuk hampir semua jenis metal cair. Kecepatan tersebut dapat meningkat apabila ada tekanan udara pada runner system, atau ada bagian dinding produk casting yang terlalu tipis.
3. Hindari aliran laminar yang terjebak di permukaan metal cair
Aliran laminar yang terjebak dapat dihindari dengan mengusahakan metal cair terus mengalir sewaktu proses pengisian mold cavity. Metal cair dapat terus mengalir ke dalam mold cavity apabila gating system didesain sedemikian rupa sehingga jalur aliran metal cair selalu mendaki dan tidak ada penyempitan.
4. Hindari gelembung udara yang terjebak
Gelembung udara yang terjebak dapat dihindari dengan cara: (a) mendesain *pouring basin* bertingkat; (b) mendesain bentuk sprue yang menyerupai leher botol; (c) penggunaan *stopper*; (d) hindari penggunaan *well* atau sejenisnya; (e) penggunaan *runner* dengan volume kecil
5. Hindari *core blow*.
Core blow merupakan cacat produksi berupa gelembung udara terjebak di dalam core yang mengakibatkan terbentuknya pori-pori besar pada hasil casting. Cara menghindari *core blow* adalah dengan: (a) tidak diperbolehkan penggunaan core dari tanah liat atau mold yang dipakai ulang setelah life time-nya lewat; (b) tidak boleh ada gelembung udara dari dalam *core* dan mold yang ketika metal cair mengalir. Dengan memastikan desain core tidak

Universitas Indonesia

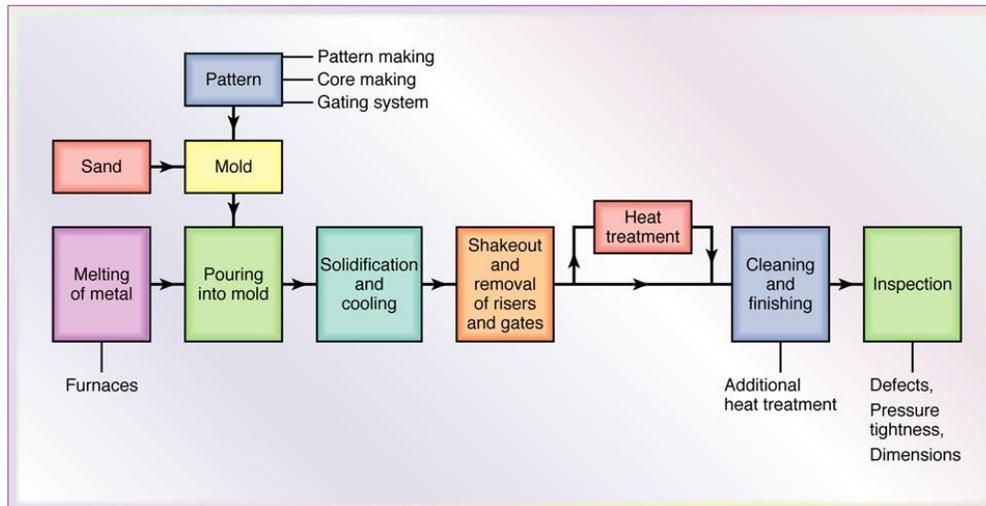
memungkinkan terjadinya gelembung udara atau dapat menggunakan bentuk vent yang tepat, sebagai saluran pembuangan udara; (c) penggunaan binder untuk campuran pasir pada *core*. Cara yang paling efisien untuk mengatasi *core blow* adalah pemberian *vent* pada salah satu posisi dari *core*.

Posisi *vent* pada *core* yang cocok untuk produksi dalam jumlah besar adalah vent yang diletakkan di tengah *core* dan terhubung dengan udara luar.

6. Hindari *shrinkage*, dilakukan dengan menentukan bentuk *feeding system* yang sesuai, mempertahankan temperature dari metal cair dan mold, dan ketebalan mold yang sesuai.
7. Hindari konveksi, dilakukan dengan menghindari ketebalan dinding produk yang beragam.
8. Kurangi segregasi. Segregasi merupakan hasil solidifikasi yang tidak sempurna pada beberapa bagian dari produk casting atau semacam porosity.
9. Kurangi tegangan, dilakukan dengan membiarkan produk casting tersolidifikasi dengan sendirinya tanpa adanya proses *quenching* (baik dingin maupun panas)
10. Sediakan titik referensi untuk proses finishing dan inpeksi dimensi. Titik referensi yang harus dipersiapkan adalah datum atau dalam produk casting adalah letak dari *parting line*.

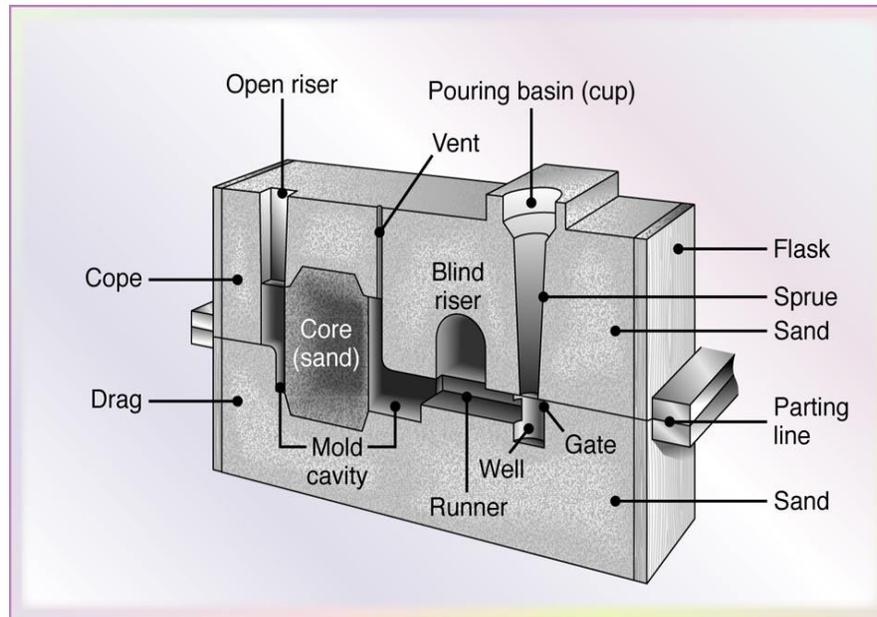
2.4.4. Sand Casting

Sand casting merupakan salah satu jenis proses casting yang terdiri dari (a) penempatan pattern dalam pasir untuk membuat bentuk produk, (b) memasukkan gating system, (c) pengambilan pattern dan pemasukkan meatal cair ke dalam mold cavity, (d) proses solidifikasi, (e) pemecahan mold pasir, dan (f) mengeluarkan produk hasil casting.



Gambar 2. 8 Outline Tahapan Proses Sand Casting
Sumber: Kalpakjian (hal. 289)

Jenis pasir yang banyak digunakan adalah silica (SiO_2). Berdasarkan jenis pasir, terdapat 3(tiga) tipe cetakan pasir yaitu: green-sand, cold-box dan no-bake mold. Green-sand merupakan cetakan yang terbuat dari campuran dari pasir, tanah lempung dan air. Cold-box merupakan cetakan yang terbuat dari campuran pasir dengan pengikat organik maupun non-organik. No-bake mold merupakan cetakan yang terbuat dari campuran pasir dengan resin sintetik. Green-sand dari sisi ekonomi merupakan cetakan yang lebih murah dibandingkan dengan jenis yang lain.



Gambar 2. 9
Skema Ilustrasi Sand Mold Berserta Komponen-nya
Sumber: Kalpakjian (hal. 290)

Bagian dari sand mold yang umum digunakan untuk menghasilkan produk adalah sebagai berikut:

1. *Flask*, merupakan penopang dari mold. Terdiri dari 2(dua) bagian yaitu cope yang berada di bagian atas, dan drag yang berada di bagian bawah; pemisah diantara keduanya adalah parting line. Apabila lebih dari dua bagian digunakan dalam sand mold, maka tambahan bagian itu disebut cheeks.
2. *Pouring basin* atau *pouring cup*, tempat menuangkan metal cair.
3. *Sprue*, merupakan saluran untuk mengalirkan metal cair ke bagian bawah sand mold.
4. *Runner system*, merupakan saluran yang berfungsi untuk mengarahkan metal cair dari *sprue* ke *mold cavity*. *Gates* merupakan gerbang masuk ke dalam *mold cavity*.
5. *Riser*, merupakan tempat penyimpanan metal cair sementara sekaligus saluran pengarah tambahan dari metal cair yang akan dialirkan ketika proses solidifikasi.
6. *Core*, merupakan inti yang dimasukkan ke dalam mold dan terbuat dari pasir, Mereka ditempatkan dalam mold untuk membentuk bagian kosong atau

dibagian luar untuk membentuk permukaan. Penggunaan core di bagian luar umumnya untuk membentuk tulisan di atas permukaan produk casting atau untuk membuat pocket luar dengan kedalaman tertentu.

7. *Mold cavity*, merupakan rongga berisikan campuran pasir berbentuk seperti produk casting yang diinginkan, berfungsi seperti cetakan. Terdiri dari 2(dua) bagian yaitu cope dan drag. Bentuk dari mold cavity sama dengan bentuk produk yang diinginkan.
8. *Vent*, merupakan saluran udara yang berfungsi untuk membawa keluar gas yang terjebak ketika metal cair mengenai pasir dalam mold dan core.
9. *Pattern*, merupakan pembentuk campuran pasir sesuai dengan bentuk produk casting yang diinginkan. Pattern dapat terbuat dari kayu, plastik ataupun metal.

2.4.5. Parameter Penting dalam Proses Sand Casting

Kompleksitas produk dan kompleksitas proses yang dipaparkan oleh El-Maraghy membagi informasi yang berhubungan dengan kompleksitas produk ke dalam dua kelompok yaitu feature dan spesifikasi. Feature diartikan sebagai produk secara fisik sedangkan spesifikasi diartikan sebagai cacat produk yang harus dihindari berkaitan dengan toleransi. Sedangkan untuk informasi yang berhubungan dengan proses dibagi ke dalam jenis proses produksi yang dilakukan untuk menghasilkan produk, teknologi, dan tool yang dipergunakan. Menurut Boothroyth, Groover, Kalpakjiaan, dan Chambell, parameter penting dalam proses sand casting adalah:

Tabel 2 1 Parameter penting dalam proses sand casting

Informasi	Shape (√)	Geometri (0)	Toleransi (Δ)	Proses (□)
Jenis cavity	√	-	-	-
Jumlah cavity	√	-	-	-
Bentuk cavity	-	0	-	-
Volume Cavity	-	0	-	-
Ketebalan dinding produk	-	0	-	-
Volume produk	-	0	-	-

Universitas Indonesia

Informasi	Shape (√)	Geometri (0)	Toleransi (Δ)	Proses (□)
Berat produk	-	0	-	-
Jumlah sudut	-	0	-	-
Keberadaan core dalam produk	-	0	Δ	-
Tingkat kemiringan produk (draft)	-	0	Δ	-
Jenis standard toleransi yang digunakan	-	-	Δ	-
Panjang produk	-	-	Δ	-
Ukuran parting-line	-	-	Δ	-
Karakteristik bagian berputar pada dies	-	-	Δ	-
Tingkat kekasaran permukaan produk	-	-	Δ	-
Material handling	-	-	-	□
Temperatur penuangan metal cair untuk proses pencairan	-	-	-	□
Volume metal yang akan dicairkan pada saat proses pencairan	-	-	-	□
Temperatur metal cair sewaktu injeksi pada saat proses solidifikasi	-	-	-	□
Temperatur mold/pattern sewaktu injeksi pada saat proses solidifikasi	-	-	-	□
Temperatur sistem injeksi pada saat proses solidifikasi	-	-	-	□
Luas permukaan dies	-	-	-	□
Shoot volume	-	-	-	□
Volume overflow well	-	-	-	□
Volume feed system	-	-	-	□
Waktu pengisian overflow well	-	-	-	□
Clamp stroke	-	-	-	□
Kedalaman rongga kosong dari produk (depth)	√	-	-	-
Clearance antar cavity	√	0	-	□
Clearance antara cavity dengan ujung dies	-	-	-	□
Tekanan metal cair pada dies	-	-	-	□
Luas cavity dalam dies	-	-	-	□

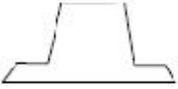
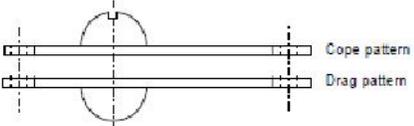
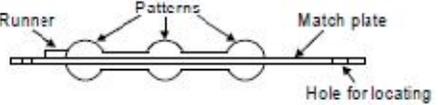
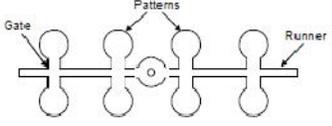
Informasi	Shape (√)	Geometri (0)	Toleransi (Δ)	Proses (□)
Luas overflow well dalam dies	-	-	-	□
Luas feed system dalam dies	-	-	-	□
Panjang mesin	-	-	-	□

2.5. Pattern

2.2.1. Jenis-Jenis pattern

Jenis-jenis pattern yang umum digunakan dalam proses sand casting diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Jenis-jenis pattern

1. Single-place atau solid pattern, merupakan pattern yang dibuat hanya satu buah tanpa adanya sambungan maupun parting line. Merupakan bentuk pattern paling simple.	
2. Cope and drag pattern, pattern ini digunakan ketika mold terlalu berat untuk dihandle oleh seorang operator. Pattern terbagi menjadi dua bagian untuk kemudian dimasukkan ke plat yang berbeda	
3. Match plate pattern, merupakan pattern yang terdiri dari dua bagian pada dua sisi berlawanan dari suatu plat. Gates dan runner telah ditempelkan pada plat.	
4. Gated pattern, merupakan pattern yang digunakan untuk produk masal, penggunaan multi cavity digunakan. Beberapa pattern digabung menjadi satu pada base plat yang telah ditempatkan runner, dan gates, untuk mengalirkan metal cair. Pattern jenis ini biasa terbuat dari metal.	

2.2.2. Parameter Penting dalam Pattern

Menurut Groover, Kalpakjian, Ravi dan Singh, parameter penting yang harus diperhatikan apabila ingin mendapat gambaran utuh dari sisi feature dan spesifikasi untuk suatu pattern adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Parameter penting dalam pattern

Informasi	Shape (\surd)	Geometri (0)	Toleransi (Δ)	Proses (\square)
Kekerasan material dies	-	-	Δ	\square
Jenis dies yang digunakan	-	0	-	\square
Panjang dies	-	0	-	\square
Diameter	-	0	-	-
Kedalaman	-	0	-	-
Waktu permesinan	-	-	-	\square
Jenis proses machining	-	0	-	\square
Jumlah feature dalam dies	\surd	-	-	-
Round boss	\surd	-	-	-
Outside concave	\surd	-	-	-
Tapered boss	\surd	-	-	-
Square hole	\surd	-	-	-
Square hole boss	\surd	-	-	-
L- Shape boss	\surd	-	-	-
Straight ribs	\surd	-	-	-
Inclined ribs	\surd	-	-	-
BSpline/NURBS	\surd	-	-	-
Waktu pergantian die	-	-	Δ	\square
Life time dies	-	-	Δ	-
Jumlah cavity	\surd	-	-	\square

Informasi	Shape (\surd)	Geometri (0)	Toleransi (Δ)	Proses (\square)
Core	-	0	-	\square
Core pin	-	0	-	\square
Cavity pin	-	0	-	\square
Single cavity	-	0	-	\square
Multiple cavity	-	0	-	\square
Combination cavity	-	0	-	\square
Drilling	-	-	Δ	\square
Milling	-	-	Δ	\square
Turning	-	-	Δ	\square
Machining tolerance	-	-	Δ	\square
Cutting speed	-	-	Δ	\square
Depth of cut	-	-	Δ	\square
Cutting force	-	-	-	\square
Cutting power	-	-	-	\square
Tool life time	-	-	Δ	\square
Cutting fluid	-	-	-	\square
Feed	-	-	-	\square
Tool angle	-	-	Δ	\square
Fixture	-	-	-	\square
Shrinkage allowance	-	-	Δ	-
Draft or taper allowance	-	-	Δ	-

Informasi	Shape (\surd)	Geometri (0)	Toleransi (Δ)	Proses (\square)
Rapping or shake allowance	-	-	Δ	-
Distortion allowance	-	-	Δ	-
Mold wall movement allowance	-	-	Δ	-

