

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Aluminium**

Aluminium adalah logam yang memiliki berat yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, aluminium juga memiliki sifat sebagai penghantar listrik dan panas yang baik. Sifat tahan korosi aluminium dikarenakan terbentuknya lapisan oksidasi pada permukaan aluminium. Lapisan ini melekat pada permukaan aluminium dengan rapat sehingga dapat melindungi aluminium dari kondisi lingkungan sekitar, akan tetapi lapisan oksida ini membuat aluminium sukar untuk di las atau solder. Aluminium juga memiliki kekurangan yaitu aluminium memiliki kekuatan yang lebih rendah daripada logam lainnya seperti besi dan baja. Aluminium juga memiliki berat yang ringan dengan densitas  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . (R. Ifan D, Sulardjaka 2013).

Aluminium merupakan unsur yang reaktif sehingga mudah teroksidasi oleh karena itu aluminium tidak ditemukan sebagai suatu unsur melainkan dalam bentuk senyawa baik itu dalam bentuk oksida alumina ataupun silikon. Aluminium paling banyak ditemukan dalam bentuk bauksit yaitu biji logam yang mengandung alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sebesar 30 – 60% dan 12 – 30% air. Warna dari bauksit dapat bermacam – macam tergantung dari tingkat oksida besinya, semakin banyak oksida besi yang mengotori maka akan semakin gelap pula warnanya (Albin M. S., Syahrul A., 2013). Aluminium diklasifikasikan menjadi dua yaitu:

##### 1. Aluminium murni

Kemurnian dari logam aluminium dapat mencapai 99,85% hingga 99,99%. Ketahanan korosi terhadap aluminium berubah menurut kemurniannya. Umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya digunakan di udara dan akan bertahan dalam waktu beberapa tahun.

Aluminium merupakan logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya.

Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, sehingga mudah ditekuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik dan diekstrusi.

##### 2. Aluminium Paduan

Aluminium paduan adalah sebuah paduan aluminium dengan unsur – unsur lain yang bertujuan untuk mendapatkan sifat lain yang diinginkan.

Logam aluminium paduan adalah salah satu logam paduan yang sangat penting di bidang teknik, diantaranya untuk bahan struktur pesawat terbang, otomotif, kapal dan industri lain.

Paduan aluminium pada dasarnya dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium lembaran (*wrought alloy*) dan aluminium batang cor (*casting alloy*). Aluminium memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm<sup>3</sup>, densitas 2,685 kg/m<sup>3</sup>, dan titik leburnya pada suhu 660C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja.

Unsur- unsur paduan yang dimiliki dalam aluminium antara lain:

a) Tembaga (Cu)

Aluminium dipadukan dengan Cu agar dapat menaikkan kekuatan dan kekerasan aluminium, namun menurunkan elongasi pada aluminium tersebut. Kandungan Cu dalam aluminium yang paling optimal adalah antara 4-6%.

b) Seng (Zn)

Aluminium dapat dipadukan dengan Zn, menaikkan nilai tensile pada aluminium paduan.

c) Mangan (Mn)

Aluminium dipadukan dengan Mn untuk menaikkan kekuatan dalam temperature tinggi.

d) Magnesium (Mg)

Aluminium dipadukan dengan Mg untuk menaikkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai ductility-nya. Ketahanan korosi dan weldability juga baik.

e) Silikon (Si)

Aluminium dipadukan dengan Si agar paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.

f) Lithium (Li)

Aluminium dipadukan dengan Li untuk memperbaiki sifat tahan oksidasinya.

g) Skandium (Sc)

Aluminium dipadukan dengan Sc untuk membatasi pemuaihan yang terjadi pada paduan, baik ketika pengelasan maupun ketika paduan berada di lingkungan yang panas.

h) Besi (Fe)

Paduan aluminium dengan besi menyebabkan berkurangnya kekuatan tensil secara signifikan, namun diikuti dengan penambahan kekerasan dalam jumlah yang sangat kecil.

i) Paduan cor

Paduan aluminium dengan paduan cor bertujuan memperkeras logam aluminium paduan.

j) Nikel (Ni)

Paduan aluminium dengan Ni untuk mempertahankan sifat-sifat paduan pada kenaikan temperatur.

k) Titanium (Ti)

Paduan aluminium dengan Ti merupakan sebuah paduan yang digunakan sebagai penghalus butir pada paduan aluminium hasil pengecoran.

## **2.2 Besi**

Besi merupakan unsur kimia dengan simbol Fe dan nomor atom 26. Besi ini merupakan logam pada deret transisi utama. Besi juga merupakan unsur keempat terbesar pada permukaan kerak bumi. Besi juga banyak digunakan manusia sebagai untuk memenuhi keperluan dalam membuat bangunan karena diyakini dari sifat besi itu sendiri yang kuat. Maka dari itu sekarang sudah ada beberapa alat yang digunakan untuk mengukur dari segi kekuatan dan ketahanan dari besi, sebenarnya bukan hanya untuk mengukur besi, tapi masih banyak seperti, batu, baja, logam, kayu dan lain-lain. Fungsi alat ini tentunya untuk mengukur seberapa kuat dari bahan tersebut agar pada saat digunakan dalam pekerjaan tahu apakah bahan tersebut safety atau tidak. Alat yang dimaksud adalah Hardness Tester, yang mana alat ini banyak diperjual belikan di toko-toko ataupun perusahaan. Rekomendasi yang didapat dari sebuah situs yang menjual alat semacam ini ada di Alat Ukur Indonesia, disana terdapat banyak menjual alat ukur seperti Hardness Tester dengan memiliki kualitas bagus dan garansi serta memiliki harga yang kompetitif.

Logam besi merupakan logam yang harganya juga tergolong sangatlah murah tapi besi merupakan logam yang mudah berkarat oleh karena itu untuk mencegah besi menjadi berkarat kita melapisinya dengan cat, plastik untuk menyingkirkan air pada permukaan besi. Karena sifat besi yang sangat baik.

Besi juga digunakan sebagai campuran untuk membuat baja, dan ukuran baja jelas lebih kuat dari besi tanpa campuran. Kekuatan baja bisa mencapai 1000 kali lipat dibanding dengan besi yang menjadi bahan campuran pembuatan baja. Sifat –sifat yang dimiliki besi antara lain :

a. Sifat Fisik Besi

Sifat yang dimiliki besi elastis dan lunak, yang mana elastis yang dimaksud merupakan dapat ditarik tanpa putus, bila mana sedangkan lunak yang dimaksud dapat ditempa dan bisa dibentuk menjadi berbagai pola dan bentuk. Daya hantar listrik yang baik dan juga tinggi dimiliki oleh besi dan besi juga sangat mudah untuk dibengkokkan, digulung, dipotong, dibentuk maupun

---

dicampur dengan logam lainnya. Titik lebur pada besi relative tinggi, besi murni adalah 1536 C atau sekitar 2797 F dan titik didih sebesar 3000 C (5400 F). Besi mempunyai densitas atau kerapatan 7,87 gram/cm<sup>3</sup>.

b. Sifat Kimia Besi

Besi memiliki sifat yang sangat aktif, besi mudah bereaksi dengan oksigen yang menyebabkan besi menjadi berkarat (oksidasi besi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Besi juga dapat bereaksi dengan air dan uap yang menghasilkan hidrogen. Besi juga dapat larut pada larutan asam.

## 2.3 Material Komposit

### 2.3.1. Pengertian Komposit

Komposit adalah suatu material baru yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana kedua bahan tersebut memiliki sifat yang berbeda-beda baik itu sifat mekanik atau sifat kimianya. Oleh karena penyusun matriks memiliki perbedaan satu dengan yang lainnya maka untuk meningkatkan ikatan antar matriks menjadi kuat ditambahkan *wetting agent*.

Komposit tersusun berdasarkan 2 material penyusun, yaitu:

- a) *Matriks* yaitu bahan utama dari campuran komposit yang memiliki tingkat elastisitas yang tinggi tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah.
- b) Penguat (*Reinforcement*) digunakan sebagai bahan penguat dari matriks dan memiliki tingkat elastisitas yang lebih rendah tetapi mempunyai tingkat kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi.

Jenis - jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

- a) *Fibrous Composites* (Komposit Serat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari satu laminat (satu lapisan) yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers (poly aramide), dan sebagainya. Fiber ini dapat disusun acak atau dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.
- b) *Laminated Composites* (Komposit Laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
- c) *Particulate Composites* (Komposit Partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

### 2.3.2. Macam-Macam Komposit

Ditinjau dari unsur pokok penyusun komposit, maka komposit dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :

#### a) Komposit Lapis

Komposit lapis merupakan jenis komposit yang terdiri atas dua lapisan atau lebih yang digabung menjadi satu dimana setiap lapisannya memiliki karakteristik berbeda. Sebagai contoh adalah Polywood Laminated Glass yang merupakan komposit yang terdiri dari lapisan serat dan lapisan matriks, komposit ini sering digunakan sebagai bangunan.

#### b) Komposit Serpihan

Suatu komposit serpihan terdiri atas serpih-serpih yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau dimasukkan kedalam matriks. Sifat-sifat khusus yang dapat diperoleh adalah bentuknya yang besar dan permukaannya yang datar.

#### c) Komposit Partikel

Komposit yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama. Contoh komposit partikel yang sering dijumpai adalah beton, dimana butiran-butiran pasir diikat bersama dengan matriks semen.

#### d) Komposit Serat

Komposit serat yaitu komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Komposit jenis ini hanya terdiri dari satu lapisan. Serat yang digunakan dapat berupa serat sintesis (asbes, kaca, boron) atau serat organik (selulosa, polipropilena, polietilena bermodulus tinggi, sabut kelapa, ijuk, tandan kosong sawit, dll). Berdasarkan ukuran seratnya, komposit serat dapat dibedakan menjadi komposit berserat panjang dan diameternya sebesar <100 mm serat pendek ini dapat diorientasikan atau didistribusikan secara acak. Komposit serat panjang lebih mudah diorientasikan dibanding serat pendek, akan tetapi komposit serat pendek lebih memiliki rancang design lebih banyak.

### 2.3.3. Kelebihan dan Kekurangan Komposit

- Kelebihan komposit

#### a) Sifat-sifat mekanikal dan fisikal

Pemilihan bahan matriks dan serat memiliki peranan penting dalam menentukan sifat-sifat mekanik komposit. Gabungan matriks dan serat dapat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dari bahan konvensional.

Bahan komposit memiliki density yang lebih rendah daripada bahan konvensional. Ini akan memberikan pengaruh yang penting dalam konteks penggunaan karena komposit akan mempunyai kekuatan dan kekakuan yang

1. lebih tinggi dari bahan konvensional. Implikasi kedua ialah produk komposit yang dihasilkan akan mempunyai kerut yang lebih rendah dari logam. Pengurangan berat akan berpengaruh penting dalam dunia industri pembuatan seperti automobile dan angkasa lepas. Ini karena berhubungan dengan penghematan bahan bakar.
2. Dalam industri angkasa lepas terdapat kecenderungan untuk menggantikan komponen yang diperbuat dari logam dengan komposit karena telah terbukti komposit mempunyai rintangan terhadap fatigue yang baik terutamanya komposit yang menggunakan serat karbon.
3. Kelemahan logam yang agak terlihat jelas ialah rintangan terhadap kakisa yang lemah terutama produk yang kebutuhan sehari-hari. Kecenderungan komponen logam untuk mengalami kakisan menyebabkan biaya pembuatan yang tinggi. Bahan komposit sebaiknya mempunyai rintangan terhadap kakisan yang baik.
4. Bahan komposit juga mempunyai kelebihan dari segi keanekaragaman yaitu produk yang mempunyai gabungan sifat-sifat yang menarik yang dapat dihasilkan dengan mengubah sesuai jenis matriks dan serat yang digunakan. Contoh dengan menggabungkan lebih dari satu serat dengan matriks untuk menghasilkan komposit hibrid.
5. Massa jenis rendah (ringan)
6. Lebih kuat, lebih ringan
7. Perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan
8. Koefisien pemuaian yang rendah
9. Tahan terhadap cuaca
10. Tahan terhadap korosi
11. Mudah diproses (dibentuk)
12. Lebih mudah dibanding metal

b) Biaya

Biaya juga mempunyai peranan penting dalam perkembangan komposit. Biaya berkaitan dalam produksi sebuah produk dalam memperhitungkan beberapa aspek seperti biaya bahan mentah, pemrosesan, tenaga manusia, dan sebagainya.

- *Kekurangan Bahan Komposit*
  - a) Kurang elastis
  - b) Lebih sulit dibentuk secara plastis

#### 2.3.4. Perbedaan Komposit dengan Alloy

Perbedaan antara komposit dan alloy adalah dalam hal sistem proses pemaduannya:

- Komposit bila ditinjau dari struktur mikronya masih terlihat adanya komponen matrik dan komponen filler, sedangkan alloy telah terjadi perpaduan yang homogen antara matrik dan filler
- Pada material komposit, dapat merencanakan kekuatan material yang diinginkan dengan mengatur komposisi dari matrik dan filler, sifat material yang menyatu dapat dievaluasi dan diuji secara terpisah.

#### 2.3.5. Klasifikasi komposit

Berdasarkan matrik, komposit dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok besar yaitu:

- a) Komposit matrik polimer (KMP), polimer sebagai matrik
- b) Komposit matrik logam (KML), logam sebagai matrik
- c) Komposit matrik keramik (KMK), keramik sebagai matrik

### 2.4 Perlakuan Panas Logam

Proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) adalah suatu proses untuk merubah sifat mekanis dan sifat fisis dari material dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan logam dengan kecepatan pendinginan tertentu atau tanpa merubah susunan kimia yang terkandung di dalam tersebut. Tujuan proses perlakuan panas ini untuk mendapatkan sifat mekanis dan sifat fisis yang diinginkan, perlakuan panas ini dapat merubah sifat logam sebagian ataupun keseluruhan.

Proses dalam heat treatment meliputi heating, colding, dan cooling. Adapun tujuan dari masing-masing proses yaitu :

1. Heating : Proses pemanasan sampai temperatur tertentu dan dalam periode waktu. Tujuannya agar struktur dari atom-atom dapat berubah secara menyeluruh.
2. Holding : Proses penahanan pemanasan pada temperatur tertentu, bertujuan untuk memberikan kesempatan agar terbentuk struktur yang teratur dan seragam sebelum proses pendinginan.
3. Cooling : Proses pendinginan dengan kecepatan tertentu, bertujuan untuk mendapatkan struktur dan sifat fisik maupun sifat mekanis yang diinginkan.

#### 2.4.1. Quenching

Proses quenching atau pengerasan baja adalah serangkaian dari suatu proses pemanasan logam sehingga mencapai batas austenit yang homogen. Maka proses

---

yang dilakukan adalah pendinginan secara cepat ke dalam media pendingin, tergantung pada kecepatan pendingin yang kita inginkan untuk mencapai kekerasan.

Setelah temperatur pengerasan (*austenitizing*) tercapai, ditahan dalam selang waktu tertentu (*holding time*) kemudian didinginkan cepat. Pada dasarnya baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan. Keuletan dan ketangguhan akan meningkat akan tetapi ketika kekerasan turun kekuatan Tarik juga akan turun. Pada saat tempering proses difusi dapat terjadi yaitu karbon dapat melepaskan diri dari martensit berarti keuletan (*ductility*) dari baja naik, akan tetapi kekuatan tarik, dan kekerasan menurun.

#### a) *Perlakuan Panas T6*

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan logam pada temperatur rekristalisasi selama periode waktu tertentu, kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda beda untuk mengubah struktur logam. Dengan adanya pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu, maka bahan-bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan strukturnya. Perlakuan panas memiliki pengaruh yang besar pada karakteristik komposit seperti sifat mekanisnya yang lebih baik.

Proses perlakuan panas terhadap sebuah Aluminium merupakan sebuah perlakuan panas untuk precipitation hardening. Tahapan proses heat treatment awalnya material dipanaskan dan selanjutnya dilakukan pendinginan cepat (*quenching*). Setelah material tersebut di *quenching*, di struktur Aluminium terbentuk apa yang disebut sebagai Super Saturated Solid Solution (SSSS). Setelah itu proses berlanjut dengan penuaan (*ageing*) yaitu pemberian panas yang tak terlalu tinggi yang berguna untuk membuat SSSS semakin mengeras dan membentuk presipitat yang tujuannya menghalangi dislokasi.

Diketahui ada beberapa proses aging sebagai berikut :

##### a. *artificial aging*

Dimana material merupakan diberikan panas untuk penuaan menggunakan proses buatan atau dengan alat. Dinamakan *artificial aging*. Bila aging temperatur terlalu tinggi dan atau aging time terlalu panjang maka partikel yang terjadi akan terlalu besar (sudah mikroskopik) sehingga efek penguatannya akan menurun bahkan menghilang sama sekali, dan ini dinamakan *over aged*.

##### b. *natural ageing*

Adalah material tersebut dibiarkan pada udara terbuka sehingga menyerap panas dari udara luar dan mengalami penuaan. Dengan memanaskan kembali larutan

---



jenuh itu ke temperatur di bawah garis solvus dan dibiarkan pada temperatur tersebut selama beberapa saat.

Proses perlakuan panas T6 yaitu pada proses ageing dilakukan secara buatan (artificial ageing) yang mana material dapat diberikan panas untuk penuaan. Dengan terhambatnya dislokasi, maka kekerasan dari Aluminium akan semakin meningkat. Karena panas yang diberikan konstan dan terukur, maka proses ageing akan semakin cepat dan material akan cepat mencapai kekerasan maksimumnya. Pada proses penuaan ini, kita juga mengetahui bahwa apabila telah mencapai titik dimana puncak penuaan maka material akan mengalami overageing yaitu penurunan sifat mekanis dari material tersebut. Untuk itu apabila kita lihat dari aspek tersebut, maka T6 akan lebih cepat untuk mengalami overageing karena dengan penuaan dengan artificial menyebabkan material lebih cepat sampai ke puncak ageing.

## **2.5 Media Pendingin**

a) Air Garam ( $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ )

Laju pendinginan lebih cepat dari media pendinginan yang lain. Disebabkan karena massa jenis dari air garam lebih besar dari media pendingin air biasa dan oli.

b) Air Biasa ( $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ )

Massa jenis air lebih rendah dari pada air garam sehingga laju pendinginannya lebih lambat dibandingkan dengan air garam. Hal ini disebabkan karena jarak antara atom-atom didalam air lebih rapat dan menghasilkan struktur martensit yang butirannya lebih besar.

Air merupakan media pendinginan yang paling umum digunakan. Air menghasilkan tingkat pendinginan mendekati tingkat maksimum. Keunggulan air sebagai media pendingin adalah murah, mudah tersedia, mudah dibuang dengan minimal polusi atau bahaya kesehatan. Air juga efektif dalam menghilangkan saling dari permukaan bagian baja yang di-*quenching*. Oleh karena itu air sering digunakan sebagai media *quenching* karena tidak mengakibatkan distorsi berlebihan atau retak. Air banyak digunakan untuk pendinginan logam nonferrous, baja tahan karat austenitic, dan logam lainnya yang telah diperlakukan panas.

Air merupakan media pendingin memiliki dua kelemahan. Kelemahan pertama adalah tingkat pendinginan yang cepat pada suhu yang lebih rendah dimana distorsi dan retak lebih mungkin terjadi sehingga pendinginan air biasanya terbatas pada pendinginan sederhana. Kelemahan kedua pada air biasa bisa menimbulkan lapisan atau selimut uap sehingga dapat menyebabkan jebakan uap yang dapat menghasilkan kekerasan yang tidak rata dan distribusi tegangan yang tidak menguntungkan, menyebabkan distorsi atau bintik lembut.

c) Oli ( $\rho = 981 \text{ kg/m}^3$ )

Pendinginan pada media pendingin oli lebih lambat karena massa jenisnya lebih kecil dibandingkan dengan air dan air garam.

## 2.6 Sifat Mekanik Logam

Sifat mekanik adalah salah satu sifat penting, karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu material (tentunya juga komponen yang terbuat dari material tersebut) untuk menerima beban/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada material/komponen tersebut. seringkali bila suatu material mempunyai sifat mekanik yang baik tetapi kurang baik pada sifat yang lain maka diambil langkah untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan berbagai cara. Misalnya saja baja, baja mempunyai sifat mekanik yang cukup baik (memenuhi syarat untuk suatu pemakaian), tetapi mempunyai sifat tahan korosi yang kurang baik, maka seringkali sifat tahan korosinya ini diperbaiki dengan pengecatan atau galvanising dll, jadi tidak harus mencari material lain yang selain kuat juga tahan korosi.

Beberapa sifat mekanik yang penting antara lain :

- Kekuatan (*strength*) menyatakan kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi *patch*. Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis beban yang bekerja, yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi dan kekuatan lengkung.
- Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan material untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan, indentasi atau penetrasi.
- Kekenyalan (*elasticity*) menyatakan seberapa banyak perumaterial bentuk elastis yang dapat ter jadi sebelum perumaterial bentuk yang permanen mulai terjadi, dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan material untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi. Bila suatu benda mengalami tegangan maka akan terjadi perumaterial bentuk. Bila tegangan yang bekerja besarnya tidak melewati suatu batas tertentu maka perumaterial bentuk yang ter jadi hanya bersifat sementara, perumaterial bentuk itu akan hilang bersama dengan hilangnya tegangan, tetapi bila tegangan yang bekerja telah melampaui batas tersebut maka sebagian dari perumaterial bentuk itu tetap ada walaupun tegangan telah dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perumaterial bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan.

- Kekakuan (*stiffness*) menyatakan kemampuan material untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perumaterial bentuk (deformasi) atau defleksi. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting daripada kekuatan.
- Plastisitas (*plasticity*) menyatakan kemampuan material untuk mengalami sejumlah deformasi plastik (yang permanen) tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi material yang akan diproses dengan berbagai dengan berbagai proses pembentukan seperti forging, rolling, extruding, dll. Sifat ini sering juga disebut sebagai keuletan (*ductility*). Material yang mampu mengalami deformasi plastik cukup banyak dikatakan sebagai material yang mempunyai keuletan yang tinggi, material yang ulet (*ductile*). Sedangkan material yang tidak menunjukkan terjadinya deformasi plastik dikatakan sebagai material yang mempunyai keuletan rendah atau getas (*brittle*).
- Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak factor, sehingga sifat ini sulit diukur.
- Merangkak (*creep*) merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik yang besarnya merupakan fungsi waktu, pada saat material tadi menerima beban yang besarnya relatif tetap.

Berbagai sifat mekanik diatas juga dapat dibedakan menurut cara pembebanannya, yaitu sifat mekanik statik, sifat terhadap beban static, yang besarnya tetap atau berubah dengan lambat, dan sifat mekanik dinamik, sifat mekanik terhadap beban yang berubah-ubah atau mengejut. Ini perlu dibedakan karena tingkah laku material mungkin berbeda terhadap cara pembebanan yang berbeda.

## 2.7 Pengujian Mekanik

Untuk mengetahui/mengukur sifat logam perlu dilakukan pengujian. Pengujian biasanya dilakukan terhadap contoh (*sample*) material yang dipersiapkan menjadi spesimen atau batang uji (*test piece*) dengan bentuk dan ukuran yang standart (mengikuti standart tertentu), baru kemudian dari hasil pengukuran pada pengujian diambil kesimpulan mengenai sifat mekanik yang diuji. sebenarnya hasil pengujian yang paling mendekati kenyataan akan dapat diperoleh bila pengujian dilakukan terhadap benda komponen atau keseluruhan konstruksi dengan bentuk dan ukuran sebenarnya (*full scale*) dan pengujian dilakukan dengan pembebanan yang mendekati keadaan yang sebenarnya. Tetapi cara ini terlalu mahal, tidak praktis dan bahkan kadang-kadang sulit dianalisis.

---

Beberapa pengujian mekanik yang banyak dilakukan adalah pengujian tank (tensile test), pengujian kekerasan (*hardness test*), pengujian pukul takik (*impact test*), kadang-kadang juga pengujian kelelahan (*fatigue test*), *creep test*, *bending*, *compression test* dan beberapa *fabrication test*.

#### 2.7.1. Kekerasan dan Pengujian Kekerasan

Kekerasan sebenarnya merupakan suatu istilah yang sulit didefinisikan secara tepat, karena setiap bidang ilmu dapat memberikan definisinya sendiri - sendiri yang sesuai dengan persepsi dan keperluannya. Karenanya juga cara pengujian kekerasan ada bermacam - macam tergantung konsep yang dianut. Dalam engineering, yang menyangkut logam, kekerasan sering dinyatakan sebagai kemampuan untuk menahan indentasi/penetrasi/abrasi. Ada beberapa cara pengujian kekerasan yang terstandart yang digunakan untuk menguji kekerasan logam, pengujian Brinell, Rockwell, Vickers dll.

##### a. Pengujian Kekerasan Rockwell

Pada pengujian Brinell harus dilakukan pengukuran diameter tapak tekan secara manual, sehingga ini memberi peluang untuk terjadinya kesalahan pengukuran, disamping juga akan memakan waktu. Pada cara Rockwell pengukuran langsung dilakukan oleh mesin, dan mesin langsung menunjukkan angka kekerasan dari bahan yang diuji. Cara ini lebih cepat dan akurat.

Kekerasan diperhitungkan berdasarkan peredaan kedalaman penetrasi ini. Karena yang diukur adalah kedalaman penetrasi, maka pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan dial indicator, dengan sedikit modifikasi yaitu piringan penunjuknya menunjukkan skala kekerasan Rockwell.

Dengan cara Rockwell dapat digunakan beberapa skala, tergantung pada kombinasi jenis indenter dan besar beban utama yang digunakan. Macam skala dan jenis indenter serta besar beban utama dapat dilihat pada Tabel 2.1. di bawah. Untuk logam biasanya digunakan skala B atau C, dan angka kekerasannya dinyatakan dengan RB dan RC. Untuk skala B harus digunakan indenter berupa bola baja berdiameter 1/16" dan beban utama 100 kg. Kekerasan yang dapat diukur dengan Rockwell B ini sampai RB 100, bila pada suatu pengukuran diperoleh angka di atas 100 maka pengukuran harus diulangi dengan menggunakan skala lain. Kekerasan yang diukur dengan skala B ini relatif tidak begitu tinggi, untuk mengukur kekerasan logam yang keras digunakan Rockwell C (sampai angka kekerasan RC 70) atau Rockwell A (untuk yang sangat getas).

Di samping Rockwell yang normal ada pula yang disebut superficial Rockwell, yang menggunakan beban awal 3kg, indenter kerucut intan (diamond cone, brale) dan beban utama 15, 30 atau 45 kg. Superficial Rockwell digunakan untuk specimen yang tipis.

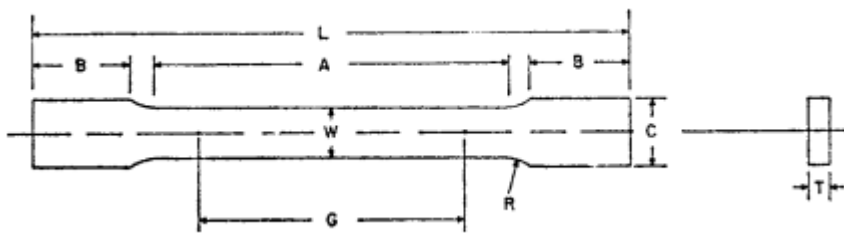
Tabel 2. 1 Skala Kekerasan Rockwell ASTM E18

Skala Simbol	Indenter	Total Beban (kgf)	Warna Dial	Aplikasi Skala
B	1/16-in. (1.588-mm) ball	100	Merah	Paduan tembaga, baja lunak, paduan aluminium, besi tempa, dll.
C	Diamond	150	Hitam	Baja, besi tuang keras, besi tempa peritik, titanium, baja lapisan keras yang dalam, dan bahan lain yang lebih keras dari skala B-100.
A	Diamond	60	Hitam	Carbide cementite, baja tipis, dan baja lapisan keras yang tipis.
D	Diamond	100	Hitam	Baja tipis, baja lapisan keras yang sedang, dan besi tempa peritik.

E	1/8-in. (3.175-mm) ball	100	Merah	Besi tuang, paduan aluminium, magnesium, dan logam bantalan.
F	1/16-in. (1.588-mm) ball	60	Merah	Paduan tembaga yang dilunakkan dan plat lunak yang tipis.
G	1/16-in. (1.588-mm) ball	150	Merah	Besi tempa, paduan tembaga, nikel-seng, dan tembaga-nikel.
H	1/8-in. (3.175-mm) ball	60	Merah	Aluminium, seng, timah.
K	1/8-in. (3.175-mm) ball	150	Merah	Logam, bantalan, dan bahan lainnya sangat lunak atau tipis.
L	1/4-in. (6.350-mm) ball	60	Merah	Logam, bantalan, dan bahan lainnya sangat lunak atau tipis.
M	1/4-in. (6.350-mm) ball	100	Merah	Logam, bantalan, dan bahan lainnya sangat lunak atau tipis.
P	1/4-in. (6.350-mm) ball	150	Merah	Logam, bantalan, dan bahan lainnya sangat lunak atau tipis.
R	1/2-in. (12.70-mm) ball	60	Merah	Logam, bantalan, dan bahan lainnya sangat lunak atau tipis.
S	1/2-in. (12.70-mm) ball	100	Merah	Logam, bantalan, dan bahan lainnya sangat lunak atau tipis.
V	1/2-in. (12.70-mm) ball	150	Merah	Logam, bantalan, dan bahan lainnya sangat lunak atau tipis.

Sumber : ASTM Internasional E 18-03<sup>e1</sup> An American National Standard 2004

2.7.2. Pengujian Tarik



Gambar 2. 1 Spesimen uji tarik standart ASTM E8-08

	Dimensi (mm)	Toleransi (mm)
<b><i>G - Gage length</i></b>	25	$\pm 0,1$
<b><i>W - Width</i></b>	6	$\pm 0,1$
<b><i>R - Radius of fillet</i></b>	6	$\pm 0,25$
<b><i>L - Overall Length</i></b>	100	$\pm 4$
<b><i>A - Length of reduced section</i></b>	32	$\pm 1.25$
<b><i>T - Thicknes</i></b>	6	$\pm 1.25$
<b><i>B - Length of grip section</i></b>	30	$\pm 1.25$
<b><i>C - Width of grip section</i></b>	10	$\pm 0.375$

Tabel 2. 2 Dimensi spesimen uji tarik ASTM E8

Pengujian tarik biasanya dilakukan terhadap spesimen/batang uji yang standart. Material yang akan diuji tarik mula-mula dibuat menjadi batang uji dengan bentuk sesuai dengan suatu standart. Pengujian tarik biasanya dilakukan terhadap spesimen/batang uji yang standart. Material yang akan diuji tarik mula-mula dibuat menjadi batang uji dengan bentuk sesuai dengan suatu standart. salah satu bentuk batang uji dapat dilihat pada Gambar 2.3 Pada bagian tengah dari batang uji (pada bagian yang parallel) merupakan bagian yang menerima tegangan yang uniform, dan pada bagian ini diukurkan "panjang uji" (gauge length), yaitu

bagian yang dianggap menerima pengaruh dari pembebanan, bagian ini yang selalu diukur panjangnya selama proses pengujian.

Batang uji ini dipasang pada mesin tarik, dijepit dengan pencekam dari mesin tarik pada ujung-ujungnya dan ditarik ke arah memanjang secara perlahan. Selama penarikan setiap saat dicatat/tercatat dengan grafik yang tersedia pada mesin tarik, besarnya gaya tarik yang bekerja dan besarnya pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat dari gaya tarik tersebut. Penarikan berlangsung terus sampai batang uji putus.

Untuk dapat digunakan menggambarkan sifat material secara umum, maka grafik  $P - \Delta L$  harus di jadikan grafik lain yaitu suatu diagram Tegangan - Regangan (Stress - strain diagram), disebut juga suatu diagram  $\sigma - \epsilon$ , kadang-kadang juga disebut Diagram Tarik.

Pada saat batang uji menerima beban sebesar  $P$  kg maka batang uji (yaitu panjang uji) akan bertambah sebesar  $\Delta L$  mm.

Pada saat itu pada batang uji bekerja tegangan yang besarnya:

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

dimana  $A_0$  = luas penampang batang uji mula-mula

Juga pada saat itu pada batang uji terjadi regangan yang besarnya :

$$\epsilon = \Delta L / L_0 = (L - L_0) / L_0$$

dimana  $L_0$  = panjang "panjang uji" mula-mula

$L$  = panjang "panjang uji" saat menerima beban

Tegangan dituliskan dengan satuan  $\text{kg/mm}^2$ ,  $\text{kg/cm}^2$ , psi (pound per square inch) atau Mpa (Mega Pascal =  $10^6 \text{ N/m}^2$ ). Regangan dapat dinyatakan dengan persentase pertambahan panjang, satuannya adalah persen (%) atau mm/mm, atau in/in.

Besarnya regangan yang timbul sebagai akibat tegangan yang kecil tersebut berbanding lurus dengan besarnya tegangan yang bekerja (Hukum Hook). Hal ini berlaku hingga titik P, yaitu batas kesebandingan atau *proportionality limit*.

Jadi bila pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan mula-mula akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan penambahan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini berlangsung terus sampai beban mencapai titik P (*proportionality limit*), setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan pertambahan panjang yang lebih besar. Bahkan pada

---

suatu saat dapat terjadi penambahan panjang tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Dikatakan batang uji mengalami yield (luluh). Keadaan ini berlangsung hanya beberapa saat dan sesudah itu beban akan naik lagi untuk dapat memperoleh penambahan panjang (tidak lagi proporsional).

Kenaikan beban ini akan berlangsung terus sampai maksimum, dan untuk logam yang ulet sesudah itu beban mesin tarik akan menurun lagi (tetapi penambahan panjang terus berlangsung) sampai akhirnya batang uji putus. Pada saat beban mencapai maksimum pada batang uji terjadi pengecilan penampang setempat (*local necking*), dan penambahan panjang akan terjadi hanya di sekitar *necking* tersebut. Peristiwa seperti ini hanya terjadi pada logam yang ulet, sedang pada logam-logam yang lebih getas tidak terjadi *necking* dan logam itu akan putus pada saat beban maksimum.

## 2.8 Pola Cetakan

Pola atau *pattern* adalah sebuah model yang memiliki ukuran dan bentuk yang sama dengan bentuk produknya kecuali pada bidang-bidang tertentu yang disebabkan oleh faktor-faktor lain seperti bidang pisah (*parting line*), bentuk rongga (*cavity*), dan proses pemesinannya. Yang menyebabkan kesulitan untuk dibentuk langsung pada pola. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam merencanakan sebuah pola yaitu:

a. Bidang Pisah (*Parting line*)

Fungsi dari bidang pisah ini merupakan pemisah atau membuat partisi dari bagian pola bagian atas (*cope*) dan dengan pola bagian bawah (*drag*). Untuk itu bagian pola atas dan bawah harus memiliki acuan agar tidak mengalami kesalahan dimensi.

b. Penyusutan Pola

Pada setiap pola yang akan harus diketahui dahulu material apa yang akan digunakan untuk pembuatan produk. setiap logam memiliki nilai penyusutan berbeda, antara lain besi cor memiliki nilai penyusutan (*shrinkage*) sebesar 1%, aluminium 1,5% dan baja 2% oleh karena itu ukuran pola harus ditambahkan dengan ukuran penyusutannya,.

c. Kemiringan Pola

Setiap pola yang akan dibuat harus memiliki kemiringan tertentu yaitu dengan tujuan agar pada waktu pencabutan model dari cetakkannya, pola tersebut tidak mengalami kerusakan dan pada saat proses pencabutan pola dari cetakkannya. Jika ukuran dari suatu pola rendah maka kemiringannya besar sedangkan kemiringan setiap pola tergantung pada tinggi rendahnya ukuran pola tersebut

---



jika ukuran dari suatu pola tinggi maka kemiringannya kecil, sedangkan. Pada aplikasinya dilapangan ternyata kemiringan yang dibuat tersebut adalah  $\pm 1^\circ$  dan juga dipengaruhi oleh faktor kesulitan suatu dari pola.

#### 2.8.1 Bahan dan Jenis Pola

Bahan-bahan yang dipakai untuk pola yaitu kayu, resin, atau logam. Dalam proses pengecoran tertentu atau khusus digunakan pola plaster atau lilin.

##### a. Pola Kayu

Kelebihan bahan pola dari kayu yaitu:

1. Digunakan untuk pola yang bentuk dan ukurannya rumit.
2. Mudah didapat.
3. Mudah dikerjakan (proses pengerjaannya mudah)
4. Harganya murah.

Kekurangan bahan pola dari kayu yaitu:

1. Tidak bisa mengerjakan produksi massal.
2. Sering terjadi penyusutan.

Syarat kayu untuk pembuatan pola:

1. Kering sekali (jangan melinting), kadar air 5-8%
2. Mudah dikerjakan mesin atau tangan
3. Mempunyai serat-serat halus
4. Tidak mudah retak atau pecah kerana pengerjaan pencetakan
5. Digunakan untuk proses cetakan tangan atau cetakan mesin.

##### b. Pola Logam

Kelebihan bahan pola dari logam yaitu:

1. Bisa digunakan untuk produksi massal
2. Mudah didapat.

Kekurangan dari bahan pola logam yaitu:

1. Tingkat kesulitan perjakan
2. Tidak bisa mengerjakan pola yang rumit bentuk maupun ukurannya.

##### c. Resin sintesis

Kelebihan bahan pola dari resin sintesis yaitu:

1. Dapat digunakan untuk bentuk dan ukuran yang rumit
2. Biasanya untuk produksi massal

Kekurangan bahan pola dari resin sintesis yaitu:

- 1 Harganya relatif mahal dan sulit didapat

##### d. Lilin

Bahan pola dari lilin biasanya dipakai untuk coran benda kecil, produksi masal dan pengecoran paduan tingkat tinggi.

##### e. Styrofoam

---

Pola dari *Styrofoam* biasanya dipakai satu kali karena pola tersebut tidak dikeluarkan lagi dari cetakan, cetakan yang dipakai adalah semen atau *chemicalmoulding* yang tidak berpengaruh terhadap bahan pola.

f. Gips

Bahan pola dari gips biasa dipakai untuk membuat benda tuang jumlahnya satuan, mengingat bahan ini mudah pecah. Bahan pola ini biasanya dipakai untuk benda tuang dari barang-barang seni, alat teknik dan sebagainya. Cara pembuatannya bisa secara cetakan ukiran dan irisan.

Proses pembuatannya sendiri cukup rumit karena alat ukur yang digunakan memiliki panjang yang berbeda dengan ukuran normal akibat adanya nilai penyusutan logam, untuk itu sangat diperlukan ketelitian pada saat pembuatannya.

### 2.8.2 Faktor Yang Mempengaruhi Cacat Pada Coran

Pengecoran adalah sebuah proses peleburan logam yang dilakukan melalui beberapa proses tahapan. Proses-proses tersebut bisa dimulai dari persiapan spesimen atau bahan logam, proses pembuatan cetakan, peleburan, penuangan, dan pembongkaran. Dari proses tersebut akan menghasilkan coran yang baik maupun coran yang cacat. Untuk menghasilkan coran yang baik maka harus direncanakan dan dilakukan dengan sebaik mungkin. Akan tetapi ketidak sempurnaan atau cacat pada coran masi bisa terjadi. Berikut ini yang mempengaruhi cacat pada coran antara lain :

- Desain pengecoran dan pola
- Pasir cetak dan desain cetakan dan inti
- Komposisi muatan logam
- Proses peleburan dan penuangan
- System saluran masuk dan penambah

### 2.8.3 Macam Cacat Pada Coran

Cacat pada pengecoran dapat digolongkan sebagai berikut :

#### 1. *Cacat ekor tikus*

Dimana cacat ekor tikus sendiri merupakan cacat yang terjadi dibagian luar, dan dapat dilihat secara jelas dengan penglihatan. Sedangkan kekerasan yang meluas adalah cacat yang diakibatkan pasir cetak yang tererosi.

Adapun faktor-faktor yang bisa mempengaruhi terjadinya cacat ekor tikus atau kekerasan yang meluas antara lain:

- a. Kecepatan penuangan terlalu lambat.
  - b. Temperatur penuangan terlalu tinggi.
  - c. Ketahana pada panas pasir cetak rendah.
  - d. Terjadi pemanasan setempat akibat letak saluran turun yang salah.
-

- e. Pasir cetak banyak mengandung unsur kental atau lumpur.
- f. Pelapisan cetakan yang terlalu tebal.
- g. Kepadatan cetakan pasir yang kurang.
- h. Lubang angin pada cetakan kurang.

Untuk mencegah timbulnya cacat diatas dapat dilakukan dengan merencanakan pembuatan cetakan, peleburan dan penuangan yang baik.

Pencegahan yang dapat dioptimalkan adalah sebagai berikut:

- Menggunakan pasir cetak yang berkualitas tinggi dan tidak mengandung banyak lumpur.
- Ketelitian yang tinggi dalam proses pembuatan cetakan.
- Mempertimbangkan saluran turun yang sesuai bentuk pada coran.
- Meneliti kembali suhu pada logam sebelum dituangkan.
- Kecepatan penuangan yang stabil (tidak terlalu cepat atau lambat).

## 2. *Cacat lubang-lubang*

Dimana cacat lubang adalah cacat yang diakibatkan oleh beberapa faktor – faktor dan bentuk yang beragam. Ini adalah beberapa bentuk cacat lubang-lubang antara lain:

- a) Rongga udara.
- b) Lubang jarum.
- c) Rongga gas oleh cil.
- d) Penyusutan dalam.
- e) Penyusutan luar.
- f) Rongga penyusutan bentuk.

Dilihat dari bentuk cacat diatas pasti terdapat penyebab-penyebab yang ditengarai yang menjadikan faktor terjadinya cacat tersebut. Penyebab cacat lubang:

- a) Logam cair teroksidasi.
- b) Saluran cerat dan ladel tidak cukup kering.
- c) Temperature penuangan terlalu rendah.
- d) Bahan muatan logam banyak endapan kotoran.
- e) Cetakan kurang kering.
- f) Permeabilitas pasir cetak kurang sempurna.
- g) Terlalu banyak yang keluar dari cetakan.

Pencegahan yang bisa dilakukan untuk menghindari cacat lubang:

- Pada saat pencairan alas kokas dijaga agar logam tidak pada daerah oksidasi.
  - Pada penuangan logam harus sesuai dan penuangan dilakukan dengan cepat
  - Ketelitian dalam pembuatan cetakan
-

### 3. Cacat retakan

Dimana cacat retakan sendiri merupakan cacat yang diakibatkan penyusutan ataupun akibat dari tegangan sisa. Dari kedua hal tersebut diakibatkan karena dari peroses pendinginan yang tidak seimbang selama pembekuan. Cacat retakan terjadi di sebabkan oleh beberapa faktor penyebab:

- a) Perencanaan coran yang tidak memperhitungkan proses pembekuan, seperti perbedaan tebal dinding coran yang tidak seragam.
- b) Pemuaiian cetakan, dan inti menahan pemuaiian dari coran.
- c) Ukuran saluran turun dari penambah yang tidak memadai.

Untuk menghindari terjadinya cacat retakan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Menyeragamkan proses pembekuan logam.
- Pengisian logam cair dari beberapa tempat.
- Waktu penuangan harus dilakukan dengan sesingkat mungkin.
- Menghindari coran yang memiliki sudut-sudut tajam.
- Menghindari perubahan mendadak pada dinding.

### 4. Cacat permukaan kasar

Adalah cacat yang mengakibatkan permukaan coran yang kasar

Faktor penyebab yang mempengaruhi cacat permukaan kasar adalah :

- a) Cetakan rontok.
- b) Kemiringan pola tidak cukup.
- c) Cetakan kurang padat.
- d) Bagian cembung dari cetakan rontok dan pecahan pasir masuk ke coran.
- e) Getaran yang kurang saat penarikan pola.
- f) Cetakan pasir tidak diperbaiki saat pasir cetak melekat pada pola saat ditarik.

Pencegahan yang bisa dilakukan:

- Pembuatan cetakan harus teliti.
  - Pemeriksaan bagian dalam cetakan sebelum penuangan.
  - Pola logam harus dipanaskan.
  - Kemiringan yang sesuai.
  - Penarikan pola dengan getaran yang cukup.
  - Pemadatan pasir yang cukup baik
  - Menggunakan pasir tahan panas yang baik.
-

### 5. *Cacat salah alir*

Dimana cacat salah alir merupakan cacat yang disebabkan logam cair tidak cukup mengisi rongga cetakan. Umumnya terjadi penyumbatan akibat logam cair terburu membeku sebelum mengisi rongga cetak secara keseluruhan.

Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi cacat salah alir :

- a) Coran terlalu tipis
- b) Temperature penuangan terlalu rendah.
- c) Laju penuangan terlalu lambat.
- d) Aliran logam cair tidak seragam akibat sistem saluran jelek.
- e) Lubang angin pada cetakan kurang.
- f) Sistem penambah yang tidak sempurna.

Pencegahan yang bisa dilakukan:

- Penuangan yang cukup tinggi.
- Penuangan dengan kecepatan yang pas.
- Penambahan lubang angin.
- Penyempurnaan sistem penambah.

### 6. *Cacat kesalahan ukuran*

Cacat kesalahan ukuran merupakan sebuah kesalahan yang terjadi pada pembuatan pola pada cetakan, karena itu pembuatan ukuran pada cetakan harus diperhatikan benar-benar supaya dapat menghindari cacat pada coran yang nantinya akan dibuat dan ketelitian dalam pembuatan pola juga supaya kita dapat memperhitungkan penyusutan yang nantinya terjadi pada coran.

### 7. *Cacat inklusi dan struktur tak seragam*

Cacat inklusi dan struktur tak seragam diakibatkan oleh sebuah terak atau bahan cairan non logam masuk kedalam cairan logam yang diakibatkan oleh reaksi kimia selama peleburan, penuangan. Faktor-faktor penyebab terjadinya cacat inklusi dan struktur tak seragam adalah:

- a) Logam cair teroksidasi.
- b) Penyingkiran terak belum bersih.
- c) Tahanan panas yang rendah dari bahan pelapis ladle.
- d) Permukaan cetakan yang lemah.
- e) Komposisi logam tidak memadai.
- f) Pendinginan yang cepat.
- g) Kelebihan kadar belerang.
- h) Kadar mangan kurang.

Pencegahan yang dapat dilakukan:

- Pembersihan terak dengan baik.
- Menggunakan ladle yang tahan panas dengan baik.
- Pendinginan yang perlahan.
- Menggunakan pasir yang tahan panas.

## **8. Deformasi**

Cacat deformasi merupakan cacat yang diakibatkan karena terjadinya perubahan terhadap bentuk coran selama waktu pembekuan, dikarenakan adanya gaya yang timbul pada saat proses penuangan dan proses pembekuan.

Ada beberapa faktor penyebab terjadinya cacat deformasi antara lain:

- a) Kurangnya kekuatan tekan pasir cetak.
- b) Pemadatan pasir cetak tidak seragam.
- c) Pergeseran titik tengah pola.
- d) Pergeseran titik tengah cetakan.
- e) Inti terapung.
- f) Penahan inti tidak kuat.
- g) Perbedaan tegangan selama pendinginan dan penyusutan