

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material aluminium

Aluminium banyak digunakan dalam industri cor seperti pembuatan komponen otomotif dan komponen yang lainnya, karena aluminium mempunyai banyak sifat yang menguntungkan, diantaranya aluminium mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara. Paduan ini diklasifikasikan menjadi dua kelompok umum yaitu paduan aluminium tuang/ cor (*cast aluminium alloys*) dan paduan tempa (*wrought aluminium alloys*). Aluminium murni memiliki temperature lebur 660° C. Tabel 2-1 memperlihatkan properti dari aluminium (ASM International, 1979).

Tabel 2. 1 Sifat fisik dan mekanik dari Aluminium

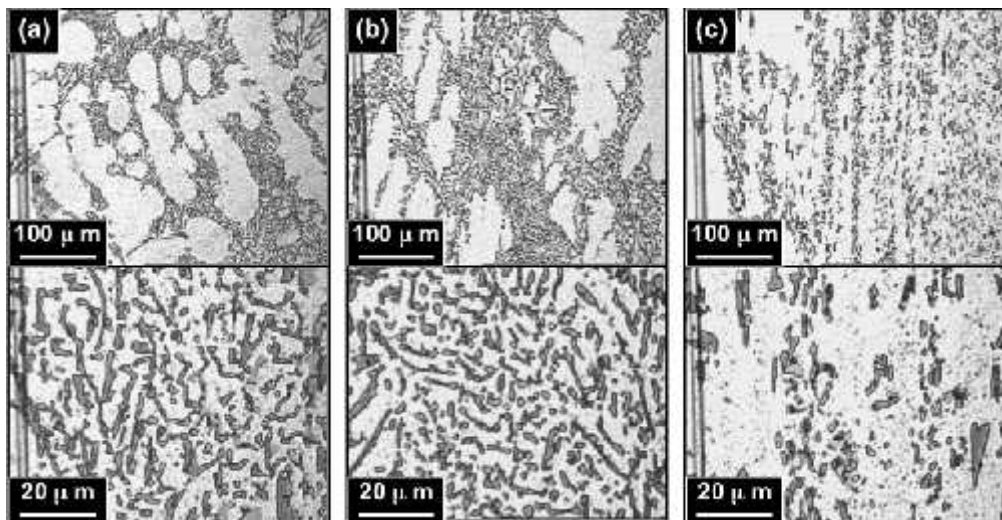
Sifat	Besaran British	Satuan Indonesia
Densitas	436,99 lb/ft ³ .	2,7 g/cm ³ .
Titik cair	1220 ° F	660 ° C
Kekuatan tarik	100000 – 80000 psi	689,5 – 5515,8 MPa
Titik luluh	5000 – 68000 psi	34,5 – 468,8 MPa
Modulus elastis	10.6 x 10 ⁶ psi	73,08 x 10 ³ MPa
Prosentase muai	14 – 15 %	14 – 15 %
Rasio Poisson ()	0.33	0,33
Tahanan jenis	3 x 10 ⁻⁶ / cm ³ .	28,2 n .m.
Konduktivitas panas	130 Btu / hr/ ft/° F.	237 W/m.K
Koefisien muai panas	13 x 10 ⁻⁶ in / in /° F.	23,1 m/m.K
Kapasitas panas (C')	0.23 Btu/ lb/ ° F.	24,2 J/mol.K
Kekuatan tarik/densitas	10000 – 80000 in.	393,7 – 3149,6 mm

2.2. Unsur-unsur Paduan Aluminium

Aluminium murni mempunyai kemurnian hingga 99,96% dan minimal 99%. Zat pengotornya berupa unsur Fe dan Si. Aluminium paduan memiliki berbagai kandungan atom-atom atau unsur-unsur utama (mayor) dan minor. Unsur mayor seperti Mg, Mn, Zn, Cu, dan Si sedangkan unsur minor seperti Cr, Ca, Pb, Ag, Fe, Sn, Zr, Ti, Sn, dan lain-lain. Unsur-unsur paduan yang utama dalam Aluminium antara lain:

a. Silikon (Si)

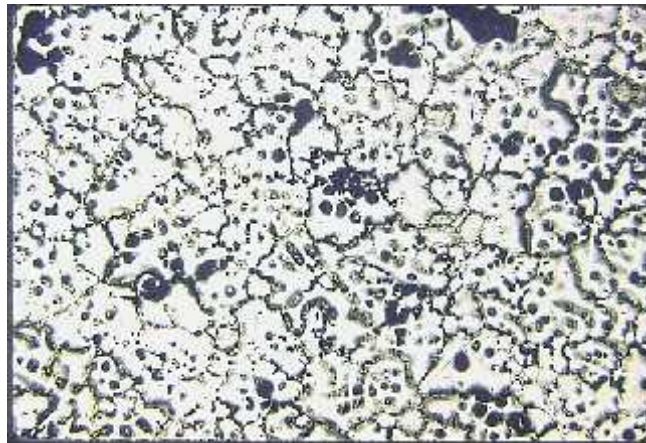
Dengan atau tanpa paduan lainnya silikon mempunyai ketahanan terhadap korosi. Bila bersama aluminium ia akan mempunyai kekuatan yang tinggi setelah perlakuan panas, Paduan aluminium dengan silikon hingga 12.5% akan menurunkan koefisien muai termal yang baik untuk proses penempaan. Jika konsentrasi silikon lebih tinggi dari 12.5%, tingkat kerapuhan logam akan meningkat secara drastis.



Gambar 2. 1 Struktur mikro dari paduan aluminium-silikon. Gambar (a) merupakan paduan Al-Si tanpa perlakuan khusus. Gambar (b) merupakan paduan Al-Si dengan perlakuan termal. Gambar (c) adalah paduan Al-Si dengan perlakuan termal dan penempaan. Perhatikan bahwa semakin ke kanan, struktur mikro semakin baik.

b. Tembaga (Cu)

Paduan aluminium-tembaga akan meningkatkan kekerasannya dan kekuatannya karena tembaga bisa memperhalus struktur butir dan akan mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu tempa, keuletan yang baik dan mudah dibentuk. Umumnya, untuk kepentingan penempaan, paduan tidak boleh memiliki konsentrasi tembaga di atas 5,6% karena akan membentuk senyawa CuAl_2 dalam logam yang menjadikan logam rapuh.



Gambar 2. 2 Struktur Mikro Aluminium (*alloy*) - Tembaga

c. Magnesium (Mg)

Keberadaan magnesium hingga 15,35% dapat menurunkan titik lebur logam paduan yang cukup drastis, dari 660 °C hingga 450 °C. Namun, hal ini tidak menjadikan aluminium paduan dapat ditempa menggunakan panas dengan mudah karena korosi akan terjadi pada suhu di atas 60 °C. Magnesium juga menjadikan logam paduan dapat bekerja dengan baik pada temperatur yang sangat rendah, di mana kebanyakan logam akan mengalami *failure* pada temperatur tersebut.

d. Nikel (Ni)

Dengan unsur nikel aluminium dapat bekerja pada temperature tinggi, misalnya piston dan *silinder head* untuk motor.

e. Mangan (Mn)

Penambahan mangan akan berefek pada sifat dapat dilakukan pengerasan tegangan dengan mudah (*work-hardening*) sehingga didapatkan logam paduan dengan kekuatan tensil yang tinggi namun tidak terlalu rapuh. Selain itu, penambahan mangan akan meningkatkan titik lebur paduan aluminium.

f. Seng (Zn)

Paduan aluminium dengan seng merupakan paduan yang paling terkenal karena merupakan bahan pembuat badan dan sayap pesawat terbang. Paduan ini memiliki kekuatan tertinggi dibandingkan paduan lainnya, aluminium dengan 5,5% seng dapat memiliki kekuatan tensil sebesar 580 MPa dengan elongasi sebesar 11% dalam setiap 50 mm bahan. Bandingkan dengan aluminium dengan 1% magnesium yang memiliki kekuatan tensil sebesar 410 MPa namun memiliki elongasi sebesar 6% setiap 50 mm bahan.

g. *Ferro* (Fe)

Besi (Fe) juga kerap kali muncul dalam aluminium paduan sebagai suatu "kecelakaan". Kehadiran besi umumnya terjadi ketika pengecoran dengan menggunakan cetakan besi yang tidak dilapisi batuan kapur atau keramik. Efek kehadiran Fe dalam paduan adalah berkurangnya kekuatan tensil secara signifikan, namun diikuti dengan penambahan kekerasan dalam jumlah yang sangat kecil. Dalam paduan 10% silikon, keberadaan Fe

sebesar 2,08% mengurangi kekuatan tensil dari 217 hingga 78 MPa, dan menambah skala Brinnel dari 62 hingga 70. Hal ini terjadi akibat terbentuknya kristal Fe-Al-X, dengan X adalah paduan utama aluminium selain Fe.

h. Titanium (Ti)

Penambahan titanium pada aluminium dimaksud untuk mendapat struktur butir yang halus. Biasanya penambahan bersama-sama dengan Cr dalam prosentase 0,1%, titanium juga dapat meningkatkan mampu mesin. i. Bismuth Digunakan untuk meningkatkan sifat mampu mesin dari aluminium.

2.3. Bagian – bagian dari rancang bangun alat mesin *centrifugal casting*

2.3.1. Rangka

Rangka mesin merupakan tempat bertumpunya seluruh beban dari seluruh komponen pada mesin *centrifugal casting* tersebut, sedangkan cara kerja rangka mesin yaitu tempat menyatunya seluruh komponen dan merupakan penahan seluruh beban dari komponen – komponen yang telah terpasang saat mesin beroperasi.

Rangka pada umumnya dicor atau dibuat dengan pengelasan. Bahan yang banyak digunakan adalah besi cor atau baja cor. Sekarang ini penggunaan konstruksi dengan lasan lebih disukai bila dibandingkan dengan rangka cor karena beberapa keuntungan antara lain :

1. Menghemat berat sampai 25%.
2. Perbaikan pada rangka yang rusak mudah dikerjakan.
3. Bisa digunakan berbagai jenis baja.

4. Perubahan desain lebih murah karena tidak memerlukan dana untuk pembuatan pola atau inti.
5. Kesalahan dalam pemesinan atau desain lebih mudah untuk dikoreksi.
6. Tambahan bahan bisa diberikan pada daerah yang bertegangan untuk mengurangi getaran dan defleksi.

Rangka berfungsi untuk menopang sistem penggerak, sistem poros dan sistem cetakan. Rangka rencananya dibuat dari profil “L” yang terbuat dari baja karbon rendah.

2.3.2 Poros

Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen – elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, sproket dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban lentur, beban tarikan, beban tekan, atau beban puntiran yang bekerja sendiri – sendiri atau berupa gabungan satu dengan yang lainnya.

a. Fungsi poros

Poros dalam sebuah mesin berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama – sama dengan putaran. Setiap elemen mesin yang berputar, seperti cakra tali, puli sabuk mesin, piring kabel, roda jalan dan roda gigi dipasang berputar terhadap poros dukung yang tetap atau dipasang tetap pada poros dukung yang berputar. Contohnya sebuah poros dukung yang berputar yaitu poros roda keran pemutar gerobak.

b. Macam – macam poros berdasarkan pembebanannya

1. Poros Transmisi (*Transmission Shaft*)

Poros transmisi lebih dikenal dengan sebutan shaft. *Shaft* akan mengalami beban puntir berulang, beban lentur bergantian ataupun kedua – duanya. Pada *shaft*, daya dapat ditransmisikan melalui *gear*, *belt*, *pulley*, *sprocket* rantai, dll.

2. Gandar

Poros gandar merupakan poros yang dipasang diantara roda – roda kereta barang. Poros gandar tidak menerima beban punter dan hanya mendapat beban lentur.

3. Poros *Spindle*

Poros *spindle* merupakan poros transmisi yang relatif pendek, misalnya pada poros utama mesin perkakas dimana beban utamanya berupa beban puntiran. Selain beban puntiran, poros spindle juga menerima beban lentur (*axial load*). Poros *spindle* dapat digunakan secara efektif apabila deformasi yang terjadi pada poros tersebut kecil.

c. Hal – Hal yang Perlu Diperhatikan Dalam Perencanaan Poros

1. Kekuatan Poros

Poros transmisi akan menerima beban punter (*twisting moment*), beban lentur (*bending moment*) ataupun gabungan antara beban puntir dan lentur. Dalam perencanaan poros perlu memperhatikan beberapa faktor, misalnya : kelelahan, tumbukan dan pengaruh konsentrasi tegangan bila menggunakan poros bertenaga ataupun pasak pada

poros tersebut. Poros yang dirancang tersebut harus cukup aman untuk menahan beban – beban tersebut.

2. Kekakuan Poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekakuan yang cukup aman dalam menahan pembebanan tetapi adanya lenturan atau defleksi yang terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktepatan (pada mesin perkakas), getaran mesin (*vibration*) dan suara (*noise*). Oleh karena itu disamping memperhatikan kekuatan poros, kekakuan poros juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan jenis mesin yang akan ditransmisikan dayanya dengan poros tersebut.

3. Putaran kritis

Bila putaran mesin dinaikkan maka akan menimbulkan getaran (*vibration*) pada mesin tersebut. Batas antara putaran mesin yang mempunyai jumlah putaran normal dengan putaran mesin yang menimbulkan getaran yang tinggi disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor bakar, motor listrik, dll. Selain itu, timbulnya getaran yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian yang lainnya. Jadi dalam perancangan poros perlu mempertimbangkan putaran kerja dari poros tersebut agar lebih rendah dari putaran kritisnya.

4. Material Poros

Poros yang biasa digunakan untuk putaran tinggi dan beban yang berat pada umumnya dibuat dari baja paduan (*alloy steel*) dengan

proses pengerasan kulit (*case hardening*) sehingga tahan terhadap keausan. Beberapa diantaranya adalah baja chrom nikel.

d. Persamaan yang digunakan pada Perhitungan Poros

1. Menentukan Momen Torsi Poros (Khurmi, 1982 : 416)

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$$

Dimana :

T_e = Momen torsi

M = Bending momen terbesar pada poros

T = Torsi pada poros

2. Menentukan Diameter Poros (Khurmi, 1982 : 416)

$$T_e = \frac{\pi}{16} \cdot f_s \cdot d^3$$

Dimana:

T_e = Momen torsi

f_s = *Shear Stress*

d = Diameter poros (mm);

3. Menentukan Daya yang dibutuhkan Mesin *Centrifugal Casting*

(Adedipe, 2011 : 4)

$$P = \frac{2 \times \pi \cdot N_z \times T}{60}$$

Dimana:

P = Daya yang dibutuhkan (W)

4. Menentukan Torsi yang dihasilkan (Adedipe, 2011 : 5)

$$T = F \times r_D$$

Dimana:

T = Torsi yang dihasilkan (Nm);

r_D = Jari – jari Cetakan (m).

5. Menentukan Gaya *Centrifugal* Mesin (Adedipe, 2011 : 6)

$$F = Mr\omega^2$$

Dimana:

F = Gaya *Centrifugal* mesin (N);

M = Masa Cetakan (kg);

r = Jari – jari Cetakan (mm);

= Kecepatan Angular Cetakan (rpm)

6. Daya rencana dapat diketahui dengan rumus (Sularso, 2004 : 7)

$$P_d = f_c \cdot P$$

Dimana : f_c = Faktor koreksi

P = Daya normal (KW)

7. Momen puntir dapat diketahui dengan rumus (Sularso, 2004 : 7)

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{n_1}$$

Dimana : P_d = Daya rencana (watt)

n_1 = Putaran poros (rpm)

8. Tegangan geser yang diijinkan (Sularso, 2004 : 8)

$$g = \frac{\sigma_b}{sf_1 \cdot sf_2}$$

Dimana : σb = Kekuatan tarik bahan

Sf1 = Faktor keamanan

Sf2 = Faktor keamanan

2.3.3 Bantalan

Menurut Sularso dan Kiyokatsu Suga (1997 : 174) dalam buku elemen mesin, bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak – baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan panjang umurnya. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh system akan menurun atau tidak dapat bekerja secara semestinya. Jadi, bantalan dalam pemesinan dapat disamakan peranannya dengan pondasi pada gedung.

Dalam memilih bantalan yang digunakan, perlu diperhatikan hal – hal sebagai berikut :

1. Tinggi rendahnya putaran poros.
2. Jenis bahan yang digunakan.
3. Besar kecilnya beban yang dikenakan.
4. Kemudahan perawatan.

Bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

A. Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros.

a. Bantalan luncur

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantara lapisan pelumas.

b. Bantalan gelinding

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara dua bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum, dan rol bulat.

B. Atas dasar arah beban terhadap poros

a. Bantalan Radial

Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros.

b. Bantalan Aksial

Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu porosnya.

c. Bantalan Gelinding Khusus

Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

2.3.4. Transmisi

Transmisi adalah suatu alat untuk meneruskan tenaga dari poros satu ke poros yang lain dibantu dengan alat yang sesuai kebutuhan, misal alat itu rantai, sabuk, gear dll. Pada alat *centrifugal casting* aluminium ini kita menggunakan transmisi sabuk yang dihubungkan menggunakan puli.

1. Transmisi sabuk – puli

Sabuk adalah suatu elemen mesin fleksibel yang dapat digunakan dengan mudah untuk mentransmisikan torsi dan gerakan berputar dari suatu komponen satu ke beberapa komponen lain. *Belt* digunakan untuk memindahkan daya antara dua poros yang sejajar. Poros – poros terpisah pada suatu jarak minimum tertentu yang tergantung pada jenis pemakaian belt / sabuk agar bekerja secara efisien. Sabuk mempunyai karakteristik sebagai berikut

- a. Sabuk bisa dipakai untuk jarak sumbu yang panjang.
- b. Karena slip dan gerakan sabuk yang lambat perbandingan sudut antara dua poros tidak konstan ataupun sama dengan perbandingan diameter puli.
- c. Bila sabuk v dipakai, beberapa variasi dalam perbandingan kecepatan sudut bisa didapat dengan menggunakan puli kecil dengan sisi yang dibebani pegas. Diameter puli merupakan fungsi dari tegangan sabuk dan dapat diubah – ubah dengan merubah jarak sumbunya.
- d. Sedikit penyetelan atas jarak sumbu biasanya diperlukan sewaktu sabuk sedang dipakai.

Dengan menggunakan puli yang bertingkat suatu alat pengubah perbandingan kecepatan yang ekonomis bisa didapat

2. Macam – Macam Sabuk

A. Sabuk datar

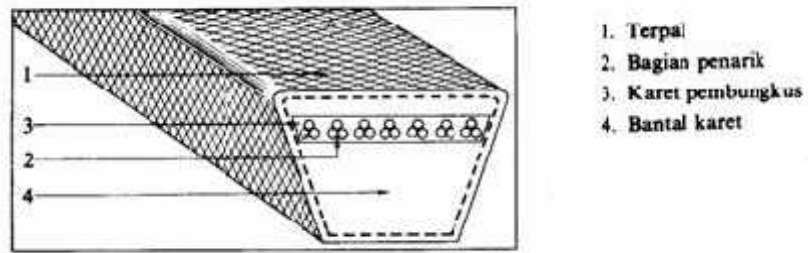
Bahan sabuk pada umumnya terbuat dari samak atau kain yang diresapi oleh karet. Sabuk datar yang modern terdiri atas inti elastis yang

kuat seperti benang baja atau nilon. Beberapa keuntungan sabuk datar yaitu :

- a. Pada sabuk datar sangat efisien untuk kecepatan tinggi dan tidak bising.
- b. Dapat memindahkan jumlah daya yang besar pada jarak sumbu yang panjang.
- c. Tidak memerlukan puli yang besar dan dapat memindahkan daya antar puli pada posisi yang tegak lurus satu sama lain.
- d. Sabuk datar khususnya sangat berguna untuk instalasi penggerak dalam kelompok aksi klos.

B. Sabuk V (*V – Belt*)

Sabuk V terbuat dari kain dan benang, biasanya katun rayon atau nilon dan diresapi karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan tetoron atau semacamnya digunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar (Gambar 2.1). Sabuk V dibelitkan dikeliling alur puli yang berbentuk V pula. Bagian sabuk yang sedang membelit pada puli ini mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekan juga akan bertambah karena pengaruh bentuk baji, yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relative rendah.

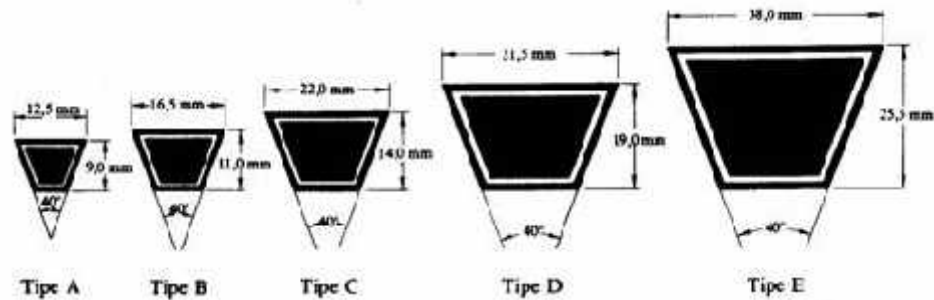


Gambar 2. 3 Konstruksi V-Belt

Sebagian besar transmisi sabuk menggunakan karena mudah penanganannya dan harganya murah. Kecepatan sabuk direncanakan untuk 10 m/s sampai 20 m/s pada umumnya, dan maksimal sampai 25 m/s. Daya maksimum yang dapat ditransmisikan kurang lebih sampai 500 KW.

Jenis – jenis v belt ada tiga jenis yaitu :

a. Tipe standard ditandai dengan huruf A, B, C, D, & E

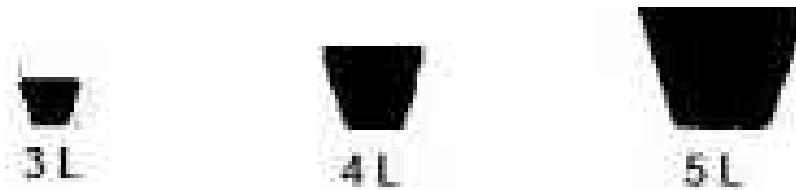


Gambar 2. 4 V-Belt Konvensional Tipe Standard



Gambar 2. 5 V-Belt Konvensional Tipe Sempit

- b. Tipe sempit, ditandai dengan symbol 3V, 5V, & 8V



Gambar 2. 6-Belt Beban Ringan

- c. Tipe untuk beban ringan, ditandai dengan 3L, 4L, & 5L

Kelebihan sabuk V dibandingkan dengan sabuk datar yaitu

1. Selip antara sabuk dan puli dapat diabaikan.
2. Memberikan umur mesin lebih lama.
3. Sabuk V mudah dipasang dan dibongkar.
4. Sabuk V juga dapat dioperasikan pada arah yang berlawanan.
5. Sabuk V tanpa sambungan dapat memperlancar putaran.
6. Sabuk V mempunyai kemampuan untuk menahan guncangan saat mesin dinyalakan.

Sedangkan kelemahan sabuk V dibandingkan dengan sabuk datar yaitu :

1. Sabuk V tidak secepat sabuk datar.
2. Konstruksi puli sabuk V lebih rumit dibandingkan dengan sabuk datar.

3. Tidak dapat digunakan untuk jarak poros yang panjang.

C. Persamaan yang digunakan pada Perhitungan V-Belt dan Puli

a. Menentukan Kecepatan *Pulley* pada Poros

Kecepatan *Pulley* pada poros ditentukan (Khurmi, 1982 : 657)

oleh :

$$N_2 = \frac{N_1 \times d_1}{d_2}$$

Dimana:

N_1 = Kecepatan *Pulley* pada Motor Listrik (m/s);

N_2 = Kecepatan *Pulley* pada Poros (rpm);

d_1 = Diameter *Sheave Pulley* pada Motor Listrik (mm);

d_2 = Diameter *Sheave Pulley* pada Poros (mm).

b. Mencari kecepatan *pulley* yang digerakkan

Kecepatan *pulley* dapat dihitung dengan menggunakan rumus

(Khurmi, 1982 : 683) :

$$v = \frac{\pi d N}{60 \times 1000}$$

Dimana :

v = kecepatan linier sabuk V-belt (m/s)

c. Menentukan panjang pada *Belt*

Panjang *Belt* pada mesin *centrifugal casting* ditentukan (Sularso,

2004 : 170) oleh :

$$L = 2c + \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4c}$$

Dimana:

L = Panjang efektif sisi luar (mm);

C = Jarak antara dua *Pulleys* (mm).

d. Menentukan Kecepatan Sudut *Pulley* pada Poros

Kecepatan sudut *pulley* pada poros ditentukan (Adedipe, 2011 : 4)

oleh :

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times N}{60}$$

Dimana:

= Kecepatan sudut pada cetakan (rads-1);

N = Kecepatan *pulley* pada poros (rpm).

e. Berat Sabuk ditentukan dengan rumus (Khurmi, 1982 : 683)

$$W = A.L. \cdot g$$

Dimana :

W = Berat sabuk (N)

= massa jenis sabuk (kg/cm³)

g = percepatan gravitasi (cm/s²)

f. Gaya sentrifugal sabuk dapat dicari dengan rumus (Khurmi, 1982 :

669)

$$T_c = \frac{W \cdot v^2}{g \cdot r}$$

Dimana :

T_c = Gaya sentrifugal sabuk (N)

W = Berat sabuk (N)

v = kecepatan linear sabuk (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

r = jari – jari puli (m)

g. Gaya sabuk sisi kancang dan kendor dapat dicari dengan rumus

(Sularso, 2004 : 171)

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\theta}$$

Dimana :

F_1 = Gaya sabuk sisi kancang (N)

F_2 = Gaya sabuk sisi kendor (N)

e = bilangan natural

μ = koefisien gesek sabuk dan puli

= sudut kontak sabuk terhadap puli

h. Torsi (T) dapat dicari dengan rumus (Adedipe, 2011 : 5)

$$T = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot n^2}$$

Dimana :

T = Torsi (Nm)

n^2 = putaran puli yang digerakan (rpm)

P = daya total (watt)

2.4. Pengecoran *Centrifugal*

Proses *centrifugal casting* berbeda dengan proses pengecoran statik, pada *centrifugal casting*, pembekuan logam terjadi pada cetakan yang berputar, sedangkan pada pengecoran statik pembekuan logam terjadi pada cetakan yang diam. Pada *centrifugal casting*, biasanya pengisian cetakan (*pouring*) dilakukan ketika cetakan sedang berputar, walaupun pada aplikasi tertentu terutama pada *centrifugal casting* yang tegak lurus, penuangan dimulai ketika

cetakan diam, kemudian cetakan diputar sampai pada kecepatan tertentu sehingga pembekuan logam terjadi pada saat cetakan tersebut berputar.

Pada *centrifugal casting* yang mendatar, pengisian logam dilakukan pada saat cetakan berputar pada kecepatan putar yang rendah, setelah cetakan penuh putaran dinaikkan sampai pada putaran tertentu dengan percepatan yang tinggi dan ditahan pada putaran itu sampai pembekuan terjadi.

Hampir semua logam dan logam paduan mengalami penurunan volume ketika berubah dari fasa cair ke fasa padat. Penurunan volume ini disebut dengan penyusutan, besarnya penyusutan tergantung dari jenis logamnya, penyusutan dapat terjadi sampai 5 % atau lebih. Oleh karena itu pada pengecoran statik dipakai penambah (*riser*) yang berfungsi untuk mengisi cetakan ketika penyusutan berlangsung. Suhu logam terus menurun dalam cetakan sampai pada akhirnya membeku seluruhnya. Pada kondisi ini juga terjadi penurunan volume seiring dengan penurunan suhu coran, sehingga ukuran coran menjadi lebih kecil pada suhu kamar, untuk mengatasi hal ini biasanya dilakukan penambahan ukuran pada mal (*pattern allowance*).

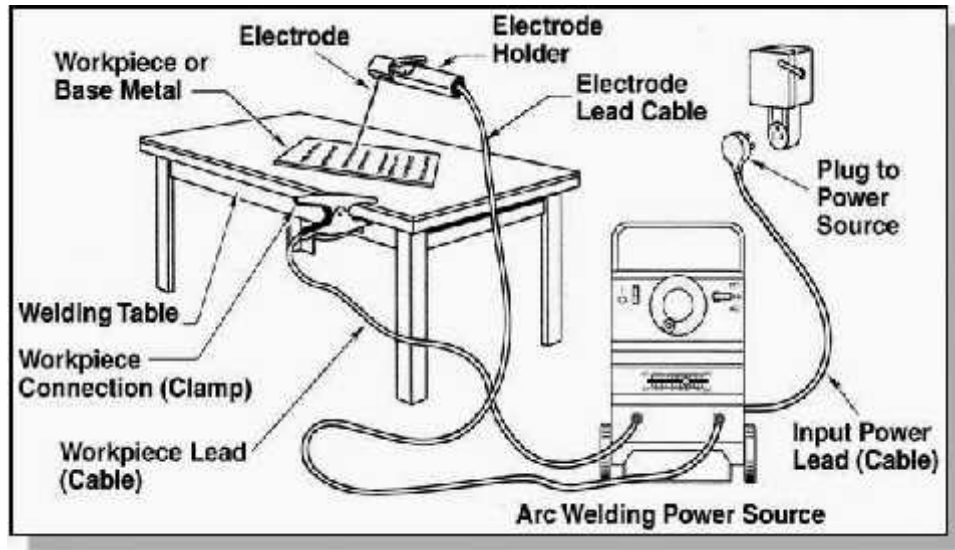
Pada *centrifugal casting*, proses pembekuan terjadi pada cetakan logam dan tidak memakai inti (*core*), penyerapan panas dari logam cair yang paling besar terjadi pada dinding cetakan bagian luar dan penyerapan panas yang lebih kecil terjadi pada bagian diameter dalam dari coran, karena pada bagian diameter luar logam cair bersentuhan dengan dinding cetakan yang terbuat dari logam dan pada bagian diameter dalam bersentuhan dengan udara. Oleh karena itu arah pembekuan coran terjadi dari bagian diameter luar mengarah ke bagian diameter dalam. Karena bagian coran yang membeku

terlebih dahulu adalah pada bagian diameter luar, maka pengurangan volume akibat penyusutan akan terisi oleh logam cair yang tersisa pada bagian diameter dalam, oleh karena itu pada *centrifugal casting* mendatar tidak digunakan penambah.

Pengecoran *centrifugal* adalah proses penuangan logam cair ke dalam cetakan yang berputar. Proses pengecoran ini dapat menghasilkan produk coran yang relatif bebas dari gas dan *shrinkage porosity*. Karena pengaruh dari gaya *centrifugal* hasil coran akan lebih padat, permukaan halus dan struktur logam yang dihasilkan akan memberikan sifat mekanik yang baik. Selain itu, pengotor yang memiliki berat jenis lebih rendah dibandingkan logamnya akan berkumpul di permukaan dalam dan dapat dibuang melalui proses pemesinan. Kecepatan putar cetakan yang ideal akan menghasilkan gaya adhesi yang cukup besar antara logam cair dengan dinding cetakan dan getaran yang minimal. Kondisi seperti ini dapat menghasilkan sebuah benda cor dengan struktur yang seragam. Kecepatan putar yang terlalu rendah dapat mengakibatkan *sliding* dan menghasilkan permukaan yang kurang baik. Sedangkan kecepatan putar yang terlalu tinggi dapat menimbulkan getaran, dimana hasilnya berupa *segregasi* melingkar.

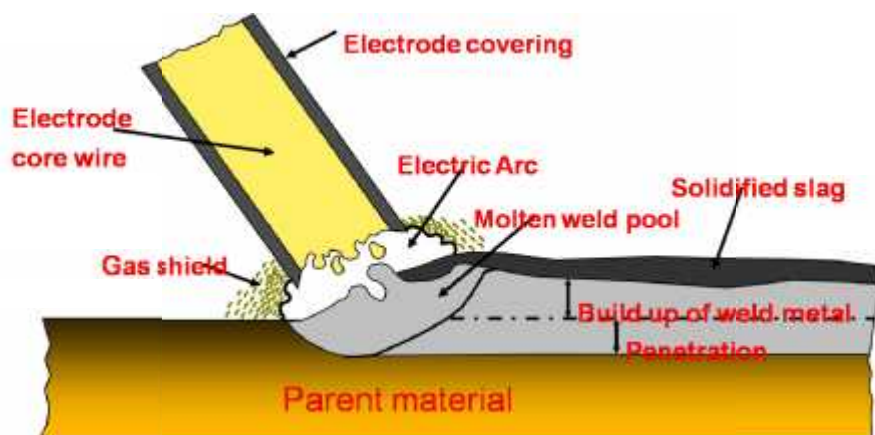
2.5. Proses Pengelasan SMAW

SMAW adalah proses las busur manual dimana panas pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda terumpan berpelindung flux dengan benda kerja. Gambar dibawah memperlihatkan bentuk rangkaian pengelasan SMAW.



Gambar 2. 7 Rangkaian Proses Pengelasan SMAW

Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah-daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan flux atau slag yang terbentuk. Filler metal atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan, atau pada elektroda-elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang dicampur dengan lapisan pembungkus elektroda. Gambar dibawah memperlihatkan prinsip dasar proses SMAW.



Gambar 2. 8 Prinsip Dasar Pengelasan SMAW

2.5.1. Keuntungan

SMAW adalah proses las busur paling sederhana dan paling serba guna. Karena sederhana dan mudah dalam mengangkut peralatan dan perlengkapannya, membuat proses SMAW ini mempunyai aplikasi luas mulai dari refinery piping hingga pipelines, dan bahkan untuk pengelasan di bawah laut guna memperbaiki struktur anjungan lepas pantai. SMAW bisa dilakukan pada berbagai posisi atau lokasi yang bisa dijangkau dengan sebatang elektroda. Sambungan-sambungan pada daerah dimana pandangan mata terbatas masih bisa di las dengan cara membengkokkan elektroda.

Proses SMAW digunakan untuk mengelas berbagai macam logam ferrous dan non ferrous, termasuk baja carbon dan baja paduan rendah, stainless steel, paduan-paduan nikel, cast iron, dan beberapa paduan tembaga.

2.5.2. Kelemahan

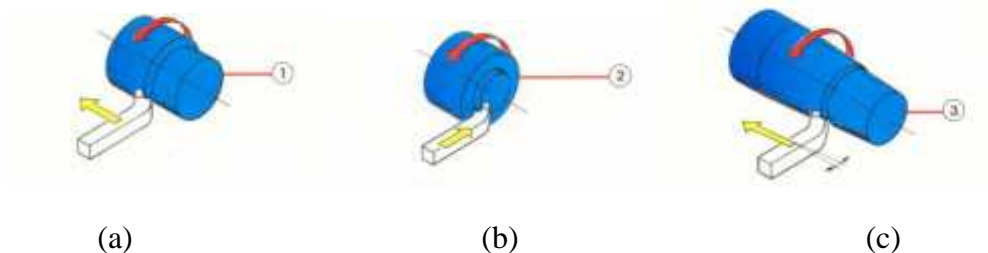
Meskipun SMAW adalah proses pengelasan dengan daya guna tinggi, proses ini mempunyai beberapa karakteristik dimana laju pengisiannya lebih rendah dibandingkan proses pengelasan semi-otomatis atau otomatis. Panjang elektroda tetap dan pengelasan mesti dihentikan setelah sebatang elektroda terbakar habis. Puntung elektroda yang tersisa terbuang, dan waktu juga terbuang untuk mengganti-ganti elektroda. Slag atau terak yang terbentuk harus dihilangkan dari lapisan las sebelum lapisan berikutnya didepositkan. Langkah-langkah ini mengurangi efisiensi pengelasan hingga sekitar 50 %.

Asap dan gas yang terbentuk merupakan masalah, sehingga diperlukan ventilasi memadai pada pengelasan di dalam ruang tertutup. Pandangan mata pada kawah las agak terhalang oleh slag pelindung dan asap yang menutupi endapan logam. Dibutuhkan juru las yang sangat terampil untuk dapat menghasilkan pengelasan berkualitas radiography apabila mengelas pipa atau plat hanya dari arah satu sisi.

2.6. Proses Bubut

Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan Mesin Bubut. Bentuk dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesinan permukaan luar benda silindris atau bubut rata :

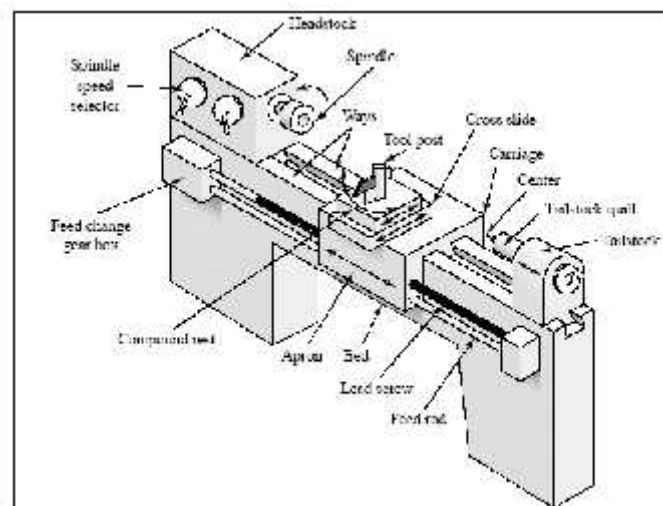
- a. Dengan benda kerja yang berputar
- b. Dengan satu pahat bermata potong tunggal (*with a single-point cutting tool*)
- c. Dengan gerakan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga akan membuang permukaan luar benda kerja (lihat Gambar 2.7a)



Gambar 2. 9 Proses bubut rata, bubut permukaan, dan bubut tirus

Proses bubut permukaan/*surface turning* (Gambar 2.7b) adalah proses bubut yang identik dengan proses bubut rata ,tetapi arah gerakan pemakanan tegak lurus terhadap sumbu benda kerja. Proses bubut tirus/*taper turning* (Gambar 2.7c) sebenarnya identik dengan proses bubut rata di atas, hanya jalannya pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. Demikian juga proses bubut kontur, dilakukan dengan cara memvariasi kedalaman potong sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan.

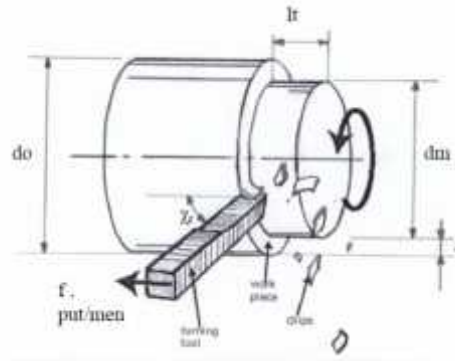
Walaupun proses bubut secara khusus menggunakan pahat bermata potong tunggal, tetapi proses bubut bermata potong jamak tetap termasuk proses bubut juga, karena pada dasarnya setiap pahat bekerja sendiri-sendiri. Selain itu proses pengaturannya (*setting*) pahalanya tetap dilakukan satu persatu. Gambar skematis mesin bubut dan bagian-bagiannya dijelaskan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 10 Gambar skematis Mesin Bubut dan nama bagian-bagiannya

2.6.1. Perencanaan dan Perhitungan Proses Bubut

Elemen dasar proses bubut dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus dan Gambar 2.9 berikut :



Gambar 2. 11 Skema Proses Bubut

Keterangan :

Benda Kerja :

- do = diameter mula ; mm
- dm = diameter akhir ; mm
- lt = panjang pemotongan

Pahat :

- Xr = sudut potong utama

Mesin Bubut :

- a = kedalaman potong ; mm
- f = gerak makan ; mm/putaran
- n = putaran poros utama ; putaran/menit

Rumus :

1. Kecepatan potong :

$$v = \frac{\pi d n}{1000} ; m / menit.$$

d = diameter rata – rata benda kerja $(d_o+d_m)/2$; mm

$n = \text{putaran poros utama ; put/menit}$
 $= 3,14$

2. Kecepatan makan :

$$v_f = f \cdot n; \text{mm/menit}$$

3. Waktu pemotongan :

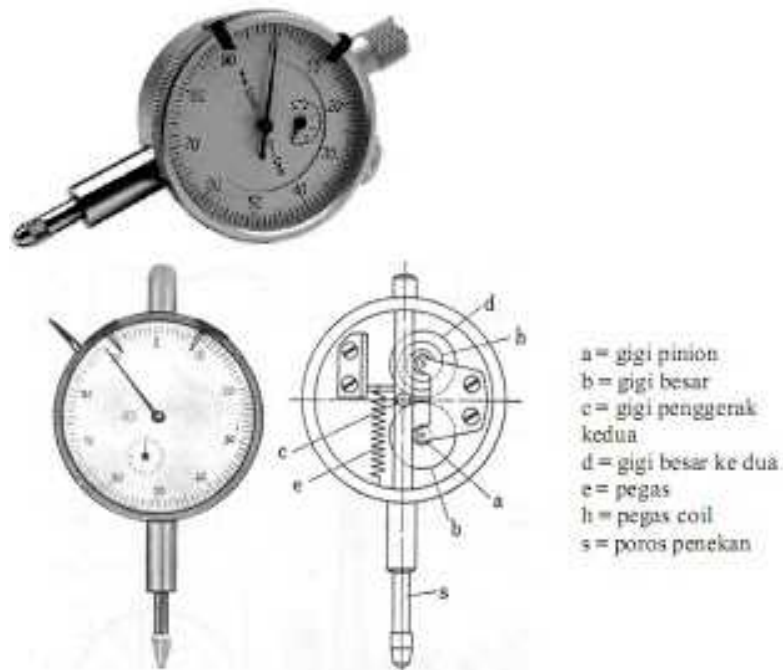
$$t_c = \frac{l_t}{v_f}; \text{menit}$$

2.7. Dial Indikator

Dial indikator adalah salah satu alat ukur yang dapat mengukur kerataan benda kerja yang ketelitiannya 0,01mm.

Bagian bagian dial indikator :

1. Rumah indikator berbentuk silindir yang tebal
2. Spindle
3. Jarum penunjuk seperangkat roda gigi
4. Cincin luar pelat dudukan baja
5. Ujung keras yang dapat dilepas



Gambar 2. 12 Skema Dial Indikator

2.8. Kepala Pembagi

Kepala pembagi merupakan satu dari alat bantu yang penting dalam proses frais. Alat ini digunakan untuk membagi lingkaran atau keliling benda kerja menjadi bagian yang sama, seperti pada pembuatan roda gigi, segi empat, segienam, segidelapan dan lainnya.

Alat ini dapat pula digunakan untuk memutar benda kerja dengan perbandingan relatif terhadap meja seperti pada pembuatan helik dan pereameran.

Kepala pembagi terdiri dari roda gigi cacing dengan jumlah gigi 40 yang di pasang pada spindel kepala pembagi. Hal ini berarti bahwa perbandingan putaran kepala pembagi dan benda kerja berbanding 40.

2.8.1. Fungsi Kepala Pembagi

Roda gigi dibuat pada mesin frais dengan cara menyayat benda kerja, membuat alur-alur pada keliling benda kerja dengan jarak dan bentuk tertentu sehingga membentuk roda gigi. Jarak dari alur satu ke alur lainnya harus sama. Oleh karena itu pada pembuatan roda gigi dengan mesin frais diperlukan alat pembagi keliling benda kerja yang disebut kepala pembagi. Kepala pembagi berfungsi untuk membagi keliling benda kerja menjadi bagian yang sama besar.



Gambar 2. 13 Kepala Pembagi Vertikal

2.8.2. Kepala pembagi dengan roda gigi cacing yang dilengkapi dengan piring pembagi

Roda gigi cacing dan ulir cacing mempunyai perbandingan putaran 40:1. Artinya jika engkol diputar 40 putaran maka roda gigi cacing baru berputar satu putaran sehingga untuk pembagian keliling z bagian

diperlukan putaran engkol sebanyak n putaran yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$N = \frac{40}{Z}$$

N = putaran engkol

Z = jumlah pembagian yang diperlukan

40 = angka perbandingan transmisi

2.9. Cacat Coran

Cacat coran adalah kerusakan atau kesalahan yang terjadi pada benda cor yang menyebabkan ditolaknya benda cor tersebut oleh konsumen (*reject*). Adanya *defect* ini dalam produksi tidak dapat dihindari, tapi harus diminimalisir. Terdapat beberapa macam cacat pengecoran pada pengecoran logam, diantaranya:

1. Porosity

Porosity merupakan fenomena terperangkapnya gas dalam logam cair pada waktu proses pengecoran. Ciri – ciri dari cacat *porosity* ini pada benda cor terdapat lubang-lubang baik pada permukaan maupun pada bagian dalam benda cor. Jenis cacat porositas yang banyak terjadi adalah *pinholes* (lubang jarum), *blisters*, dan *body sears*. Terdapat beberapa penyebab terjadinya porositas, diantaranya adanya gas yang terbawa dalam logam cair selama pencairan atau terserap dalam logam cair dari cetakan, reaksi logam induk dengan uap air dari cetakan, titik cair terlalu tinggi dan waktu pencairan terlalu lama. Pencegahan dari porositas ini adalah dengan cara menghilangkan gas dengan fluks.

2. *Shrinkage* (penyusutan)

Shrinkage dapat terjadi sebanyak 5 – 10 % volume dan umumnya terjadi akibat *casting design* (*gating sistem*) yang kurang sempurna. Ciri – ciri dari cacat ini adalah adanya inklusi atau kotoran pada logam cair dan viskositas logam cair menurun karena temperatur tuang terlalu tinggi atau terlalu rendah. Selain itu penyebab terjadinya *shrinkage* dikarenakan perbedaan ketebalan benda cor yang terlalu besar atau terdapatnya bagian tebal yang tidak dapat dialiri logam cair secara utuh selain itu kurang banyaknya saluran masuk dan penambah juga dapat mengakibatkan terjadinya *shrinkage*. Pencegahan dari cacat *shrinkage* diantaranya digunakan pembekuan mengarah dengan penggunaan cil.

3. Misruns

Adalah cacat yg terjadi karena logam cair tidak mengisi seluruh rongga cetakan sehingga benda cor menjadi tidak lengkap atau ada bagian yg kurang dari benda cor. Penyebabnya adalah ketidakseragamannya benda cor, sehingga mengganggu aliran dari logam cair. Selain itu kecepatan penuangan yang terlalu lambat dan kurangnya lubang angin pada cetakan, juga menjadi penyebab adanya cacat misrun. Pencegahan dari cacat pengecoran ini diantaranya mengatur temperatur tuang agar jangan terlalu tinggi, menambah kecepatan penuangan agar tidak terlalu lambat, dan menambah jumlah saluran

4. *Dros* (Oksida/Kotoran)

Penyebabnya adalah logam cair dari paduan aluminium yang mudah teroksidasi. Oksida dalam logam cair atau yang dihasilkan pada waktu

penuangan terkumpul sebagai dros pada permukaan kup atau di bagian dalam coran.

5. *Gas Defect*

Gas defect berupa lubang pada hasil cor dalam bentuk bulat akibat terperangkapnya gas dalam logam cair sewaktu proses pembekuan. Hal ini akibat kandungan gas dalam logam cair, cetakan atau *core* (inti) yang basah. Penyebabnya adalah aliran turbulen dalam gating sistem, kondisi peralatan yang basah (air/minyak), dan *scrap* basah oleh air atau minyak. Pencegahannya adalah usahakan agar aliran logam cair tidak turbulen.

6. *Cold Shut*

Cold Shut dapat diartikan tidak terpenuhinya rongga cetakan oleh logam cair, hal ini terjadi jika dua aliran logam lebur bertemu tetapi kurang terjadi fusi antar keduanya akibat adanya pendinginan yang premature. Penyebabnya adalah temperatur preheating yang rendah, tidak tepatnya dalam pemilihan jenis logam yang digunakan sebagai cetakan, temperatur tuang yang terlalu rendah. Pencegahannya adalah *preheat* cetakan dengan temperatur yang sesuai, pilih jenis cetakan, dan temperatur tuang yang sesuai.

7. *Non – Metallic Inclusion*

Adalah masuknya '*non-metallic*' pada logam cair dan pencegahannya adalah penempatan filter.

8. Hot Tears (Retak Panas)

Yaitu retaknya logam pada titik yang mengalami tegangan yang tinggi akibat dari ketidakmampuan logam untuk menyusut secara natural.