

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Metode Squeeze Casting**

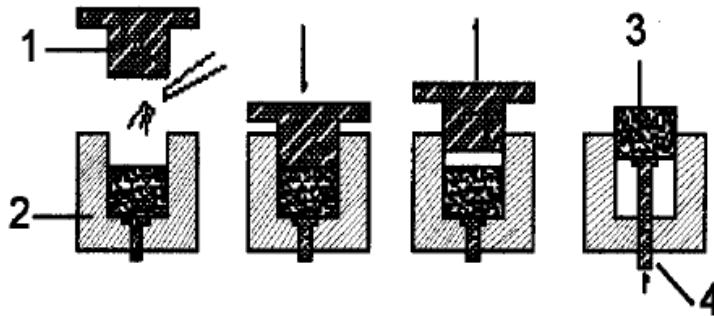
*Squeeze Casting* yaitu pembuatan bahan yang didapatkan dari logam cair yang dipanaskan dengan tungku kemudian dicetak dengan cara ditempa. dari hal ini terjadi karena kontak logam cair dengan permukaan *die* memungkinkan terjadinya perpindahan panas yang cukup cepat sehingga menghasilkan struktur mikro yang homogen dengan sifat mekanik yang baik (P.Sentilkumar, dkk, 2016).

#### **2.2 Jenis Pengecoran Squeeze Casting**

- Pengisian langsung (*direct squeeze casting*).

Proses pengecoran dimana logam cair didinginkan dengan disertai pemberian tekanan secara langsung. Dengan harapan mampu mencegah munculnya porositas gas dan penyusutan pada hasil coran. Keuntungan utama proses *direct squeeze casting* adalah sebagai berikut;

1. Mampu menghasilkan produk cor tanpa porositas gas dan penyusutan.
2. Tidak diperlukan gating system, dengan demikian tidak terjadi pembuangan material.
3. Tidak mempertimbangkan *castability* karena pemberian tekanan dapat mengeliminir kebutuhan akan *high fluidity*, baik untuk coran umum maupun paduan kasar.
4. Mikrostruktur coran dapat dimanipulasi dengan mudah melalui suatu proses kontrol yang baik seperti temperatur penuangan dan besarnya tekanan. Untuk mencapai sifat coran yang optimum dapat juga ditambahkan bahan inti tertentu, akan tetapi hal ini biasanya tidak begitu penting.
5. Dikarenakan tidak adanya cacat pada proses *squeeze* yang baik maka biaya perlakuan setelah coran selesai dan biaya untuk pengelasan non destructive dapat dihemat atau tidak diperlukan.
6. *Squeeze casting* merupakan salah satu teknik yang paling efektif dan efisien untuk menghasilkan komponen komposit/paduan ferrous maupun non ferrous dengan bentuk mendekati kesempurnaan.

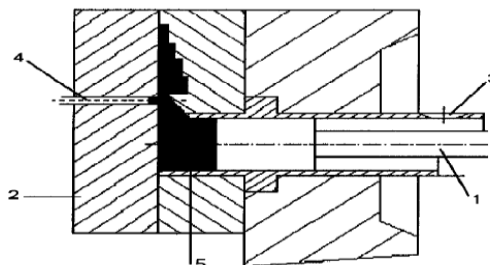


Gambar 2. 1. *Direct Squeeze Casting.*

- Pengisian tidak langsung (*indirect squeeze casting*)

Istilah *indirect* dipakai untuk menggambarkan injeksi logam kedalam rongga cetakan dengan bantuan piston berdiameter kecil dimana mekanisme penekan ini dipertahankan sampai logam cair membeku. Keuntungan utama ISC adalah kemampuannya untuk menghasilkan produk cor dengan bentuk yang lebih kompleks dengan memberikan beberapa sistem pengeluaran inti (*core pull*). Proses ini sebetulnya merupakan proses cangkakan antara *low pressure* dan *high pressure die casting*. Proses ISC ini tidak sebaik proses DSC. Secara khusus ada dua kelemahan ISC dibandingkan dengan DSC.

- Penggunaan bahan baku tidak efisien karena adanya kebutuhan pembuatan *runner* dan *gating system*. Efisiensi pemakaian bahan hanya 28 %. Sebagai contoh untuk menghasilkan dengan berat 0,62 kg diperlukan bahan cor seberat 2,2 kg.
- *Wrought aerospace alloys* yang memiliki kekuatan yang tinggi, pada dasarnya sulit dikerjakan dengan ISC, kalau pun bisa hasil coran tidak bisa bebas dari cacat.



Gambar 2. 2. *Indirect Squeeze Casting*

### 2.3 Parameter squeeze casting

✓ Volume cairan logam (*melt volume*)

Diperlukan kontrol yang akurat ketika logam cair dituangkan kedalam rongga cetak (*die cavity*).

✓ Temperatur Tuang (*Casting Temperature*).

Temperatur yang digunakan tergantung pada jenis paduan dan bentuk coran/komponen. Dalam proses penuangan diperlukan pengaturan temperatur penuangan, hal ini karena temperatur penuangan banyak sekali mempengaruhi kualitas coran, temperatur penuangan yang terlalu rendah menyebabkan pembekuan pendek, kecairan yang buruk dan menyebabkan kegagalan pengecoran. Selain itu dalam penuangan penting sekali dilakukan dengan cepat. Waktu penuangan yang cocok perlu ditentukan dengan mempertimbangkan berat dan tebal coran, sifat cetakan, dll.

✓ Temperatur Perkakas (*Tooling Temperature*).

Untuk produk cor yang mempunyai penampang relatif tebal, rentang temperatur ini dapat diturunkan. Biasanya temperatur *die* dan *punch* dengan variasi 220°C - 330°C menggunakan sprayer kemudian ditahan 10 menit supaya temperaturnya merata di seluruh *die* (Aspiyansyah, 2010). Kelebihan dan kelonggaran *punch* pada *die* dapat mengakibatkan erosi pada permukaannya.

✓ Waktu Tunggu (*Time Delay*)

Waktu tunggu adalah lamanya waktu yang di ukur dari saat pertama penuangan logam cair ke dalam rongga cetak hingga saat permukaan punch menyentuh dan mulai menekan permukaan logam cair. Bentuk penampang yang kompleks memerlukan waktu yang cukup bagi logam cair mengisi keseluruhan rongga cetakan; untuk itu perlu adanya tenggang waktu yang cukup sebelum *punch* menyentuh dan menekan logam cair. Hal ini untuk menghindari terjadinya porositas akibatkan penyusutan (*shrinkage porosity*).

✓ Batas Tekan (*Pressure Level*)

Beban penekanan didapat dari pada saat cairan telah dimasukkan kedalam cetakan. Kemudian ditekan agar mendapatkan produk coran yang padat. Bentuk coran dengan temperatur cairan 850°C kemudian di tekan dengan variasi 10 - 30 Mpa (R. N. Raed, dkk, 2013)

✓ Durasi penekanan (*Pressure Duration*).

Durasi penekanan dihitung dari saat punch dititik terendah sampai saat punch diangkat (penekanan dilepas). Untuk benda cor dengan berat hingga 9 kg, durasi penekanan yang sering dipakai bervariasi antara 30-120 detik.

✓ Pelumasan (*Lubrication*).

Proses *squeeze casting* membutuhkan pelumas pada permukaan *dies* untuk memudahkan proses pengambilan produk cor dari cetaknya. Akan tetapi sistem pelumasan ini diusahakan jangan sampai menutupi lubang ventilasi yang ada pada *dies*. Untuk paduan aluminium, magnesium dan tembaga, permukaan *dies* biasanya di lapisi dengan sejenis bahan keramik untuk mencegah efek pengelasan antara produk cor dengan permukaan *dies*.

✓ Kecepatan pengisian (*Filling rate*)

Makin rendah kecepatan pengisian akan menyebabkan makin tingginya kemungkinan luntuk mendapatkan aliran laminar. Akan tetapi kecepatan pengisian yang terlalu rendah dapat menyebabkan kehilangan panas (*heat loss*) yang besar dan berakibat pada terjadinya *premature solidification* serta *cold shuts*. Oleh karena itu perlu ditentukan kecepatan pengisian yang optimal, sehingga aliran pengisian menjadi laminar dan tidak terjadi turbulensi. Kecepatan pengisian 2 cm/s -16 cm/s (Ndaliman, M. B dan Pius, A. P. 2013).

2.3.1 Pengaruh Temperatur Tuang (*Casting temperature*) terhadap struktur mikro.

Pada proses *squeeze casting* menggunakan tekanan 25 Mpa- 150 Mpa. Pada tekanan 25 Mpa dengan temperatur tuang 650°C, 700°C, dan 750°C masing-masing tekanan dituang dalam temperatur cetakan 250°C dengan durasi penekanan 30 detik. Dalam penelitian ini menggunakan Al paduan dan pelumas 10% grafit dalam minyak pelumas tipe 20W / 50 digunakan: Si-8,08%, Cu-1,920%, Fe-0,686%, Mn-0,173%, Ni-0,086%, Al-rem. Pelelehan digunakan menggunakan tungku resistensi dan mesin hidrolik. sebelum cairan yang telah di cor di tuang ke cetakan. Cetakan dipanaskan terlebih dahulu sampai temperatur 250°C. Kemudian cairan dimasukkan ke dalam cetakan setelah itu di tekan dengan tekanan yang telah divariasi secara berurutan dengan waktu tekan 30 detik. Dalam temperatur tuang, kepadatan meningkat seiring dengan peningkatan tekanan. Pada temperatur tuang 650°C pada tekanan 75 Mpa kepadatannya meningkat 2.830 g/cm<sup>3</sup>, pada temperatur tuang 700°C densitasnya meningkat tajam dari 2.720 g/cm<sup>3</sup> pada tekanan 0 Mpa menjadi 2.842 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan pada temperatur tuang 750°C kerapatannya semakin meningkat seiring dengan tekanan yang semakin tinggi. Karenanya pada kurva 700 dan 750°C cenderung meningkat. Kecenderungan ini diakibatkan dengan tekanan dan temperatur dapat menurunkan porositas dan mengurangi jarak antar atom sehingga jarak antar atom semakin rapat. Suhu optimum pada temperatur tuang 700°C pada tekanan 150 Mpa (Raji & Khan, 2006). Pada *squeeze casting* Al-Si4Cu terdapat beban penekanan 10, 15, 20, 25, 30 MPa dengan temperatur tuang yang 750, 800, dan 850°C dan temperatur cetakan 300°C dengan durasi penekanan 30 detik, percobaan korosi dilakukan dengan beberapa waktu dan tekanan yang

divariasikan. Pengujian korosi menggunakan larutan NaCl 3,5%. Dari hasil pengecoan ini di analisis laju korosinya dengan menggunakan elektrokimia dari Al-Si-4Cu dilakukan dengan potensiostat polarisasi. Semua percobaan dilakukan dengan komputer (PCI4/750, GAMRY Instruments, Inc., Warminster, PA) dalam larutan NaCl 3,5% per liter air suling pada suhu kamar. Struktur mikro dari bahan coran berbentuk hipotektik yang terdiri dari alfa pimer silikon almunium. pada tekanan 30 Mpa dengan variasi temperatur tuang 750, 800, dan 850°C didapat ukuran butir yang semakin halus. Dan tekanan semakin tinggi dengan variasi temperatur menghasilkan struktur mikro yang lebih halus. Pada parameter *squeeze casting* telah menurunkan arus korosi sekitar 100 mV menjadi -792 mV. Pada tekanan 15 Mpa dengan temperatur 750°C  $I_{corr}$  yang dihasilkan semakin sedikit sedangkan pada temperatur 850°C  $I_{corr}$  semakin meningkat. Sedangkan pada tekanan 20-30 Mpa pada suhu 850°C terjadi penurunan  $I_{corr}$ . Semakin halus mikrostruktur maka ketahanan korosinya semakin menurun. Pada pengujian ini korosi yang terjadi berupa korosi sumuran (Yaseen, dkk, 2015). Pada beban penekanan 60 MPa dengan variasi temperatur tuang 680, 700, dan 720°C didapat ketebalan 0,02 mm dengan diameter 0.10. analisa struktur mikro menghasilkan bahwa temperatur tuang yang rendah dapat menyempurnakan struktur dendrite dan membentuk eutektik dibatas dendrite (Zhang, Yi, Huang, & Dong, 2016). Al A319 dihasilkan dari proses *squeeze casting* dengan beban penekanan 10, 15, 20, 25, 30 Mpa dan temperatur tuang 850°C dengan proses pemanasan T6 dengan panas isotermik. Perlakuan panas isotermik yang cepat menghasilkan peningkatan morfologi pada permukaan spesimennya lebih halus dan dapat diterima dibanding dengan perlakuan panas T6 dan kemungkinan juga dampak dari durasi paparan yang singkat dari percobaan pemanasan isotermik yang cepat, sehingga peningkatan laju oksidasinya berkurang dan lapisan oksidanya terkelupas (Razooqi, dkk, 2013). Pengecoran daur ulang Al-Si digunakan menggunakan variasi temperatur tuang 670°C, 720°C, dan 770°C menunjukkan bahwa struktur mikro yang terjadi keseluruhan pada bahan coran berupa struktur *dendrite*. Struktur *dendrite* merupakan salah satu ciri dari almunium paduan (Al-Si). Yang membedakan variasi temperatur tuang adalah pada struktur *dendrite* dan susunannya. Pada temperatur 670°C mempunyai ukuran dendrite yang besar, padat, dan porositas sedang. Semakin besar temperatur pengecoran maka struktur *dendrite* akan semakin mengecil (Wijaya, Zubaidin, & Wijoyo, 2017). Sebuah produk cor-coran yang mempunyai variasi temperatur tuang 650°C, 700°C, dan 750°C dan temperatur cetakan 100°C, 200°C, dan 300°C menunjukkan perubahan serpihan Mg yang semula tebal menjadi tipis dikarenakan terjadinya laju pembekuan, temperatur tuang dan

waktu pembekuan. Semakin tinggi temperatur tuang maka yang dihasilkan serpihan Mg semakin tebal yang terdapat oksidasi dikarenakan gas lingkungan seperti oksigen dan hidrogen yang menjadikan serpihan Mg menjadi tipis, serta lambatnya pembekuan menyebabkan logam cair teroksidasi lebih banyak yang ditunjukkan dengan dominan semakin kecilnya serpihan yang dihasilkan pada temperatur tuang yang tinggi. Pada temperatur 750°C dengan temperatur 200°C terjadi pengurangan serpihan garis tipis lebih dominan, berarti dengan adanya laju pembekuan dan waktu pembekuan yang cukup lama membuat magnesium lebih mudah teroksidasi yang membuat laju korosi semakin cepat. Dengan penambahan Mg pada proses pengecoran membuat sifat mekanik suatu bahan semakin meningkat. Jumlah Mg yang berkurang mengakibatkan sifat reaksi oksidasi Mg cepat terjadi dan cepat menguap pada logam AlMg<sub>2</sub> mencapai titik lebur. Menurunnya unsur Mg dapat menurunkan kekuatan logam AlMg (Apris, dkk, 2016). Menurut (AH Ahmad, Dkk, 2014) metode termal langsung digunakan untuk penciptaan mikrostruktur globular yang cocok untuk logam semi padat membentuk dalam validasi bekerja aluminium cair A356 dituangkan ke dalam cetakan tabung tembaga metalik dan didinginkan ke semi padat suhu sebelum dipadamkan dalam air pada suhu kamar. Pengaruh menuangkan suhu 630 °C, 650 °C, 665 °C, 680 °C dan waktu tahan 45s dan 60 s pada struktur mikro paduan aluminium A356. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rata-rata tingkat suhu dalam cetakan tembaga dari menuangkan suhu awal sebelum quenching kira-kira 1 °C/s. pemeriksaan yang dipadatkan mikrostruktur menunjukkan bahwa struktur mikro lebih bulat ketika menurunkan suhu penuangan dan menahannya periode digunakan. Dari mikrograf itu ditemukan bahwa struktur yang paling bulat dan terkecil adalah dicapai pada parameter pengolahan 630°C dan 45 an. Menurut (Dhihandono & Budiyanto, 2016) HPDC adalah suatu metode dengan cara menekan cairan logam ke cetakan rongga dengan karakter kecepatan dan temperatur. Pada tekanan 50 bar, 75 bar, dan 100 bar) dengan temperatur cairan 700°C, 750°C dan 800°C dan temperatur cetakan 250°C, 300°C, dan 350°C. Struktur mikro pada temperatur tuang 800°C dengan temperatur cetakan 350°C, 300°C, dan 250°C dan tekanan 100 bar. perubahan temperatur cetakan cukup signifikan perubahannya terdapat perubahan ukuran dari fasa silikon primer pada temperatur cetakan 300°C pada tekanan 100 bar. Semakin lama temperatur cetakan fasa silikon semakin kecil. Ukuran fasa membesar seiring dengan turunnya temperatur cetakan. Struktur mikro pada temperatur tuang 750°C dengan temperatur cetakan 350°C, 300°C, dan 250°C dan tekanan 75 bar didapat temperatur cetakan pada temperatur 300°C fasa silikonnya paling kecil diakibatkan karena ukuran fasa yang membesar seiring

dengan naiknya temperatur. Dimana fasa silikon yang paling besar pada temperatur 350°C. Perubahan *hypoeutektik* silikon pada temperatur rendah hanya terdapat diantara DAS (*Dendrite Arm Spacing*) yang lebih tinggi ruang tumbuh diantara DAS lebih luas. Temperatur tinggi akan menyediakan waktu tuang lebih lama dan ruang tumbuh yang lebih luas. *Hypoeutektik* silikon pada temperatur tuang 700°C mempunyai waktu pembekuan lebih singkat dan ruang tumbuh yang semakin sempit sehingga struktur yang terbentuk berupa serpihan pendek. Sedangkan pada temperatur 750°C struktur mikro yang terbentuk berbentuk serpihan panjang dan pada temperatur 800°C terbentuknya primary silikon yaitu struktur silikon yang berbentuk serpihan tebal menjadi semakin tebal. Hal ini terjadi karena waktu pembekuan yang lama menyebabkan daerah tumbuh yang semakin luas sehingga terjadi pemisahan silikon dan aluminium ada di daerah  $\alpha$ -Al cenderung bertambah seiring terbentuknya silikon dengan serpihan tebal. Menurut (Hermawan, dkk, 2013) penelitian ini menggunakan aluminium daur ulang sepatu kampas rem yang beredar dipasaran. Peleburan dilakukan tungku kemudian di tuang dengan temperatur 600°C, 700°C, dan 800°C ke dalam cetakan dengan temperatur 300°C dan ditekan 66,58 Mpa. Terlihat pada hasil produk coran terdapat porositas. Hal ini yang dapat mempengaruhi kekuatan sebuah produk karena porositas merupakan ruang kosong yang dapat menimbulkan awal retakan jika terkena beban atau tegangan. Pada temperatur tuang 600°C struktur silikon terlihat lebih kasar, sedangkan pada temperatur tuang 700°C dan 800°C terlihat struktur silikon yang semakin kasar dibanding temperatur tuang 600°C. Pada temperatur tuang yang semakin tinggi mengakibatkan struktur silikon yang semakin kasar, hal ini disebabkan karena penambahan temperatur tuang mengakibatkan proses pembekuannya lebih lambat sehingga struktur pembentukannya lebih lambat dari pada pertumbuhannya. Pada temperatur tuang 600°C dengan temperatur cetakan 300°C dan tekanan 66,58 Mpa terdapat struktur *dendrite* pada sepatu kampas rem yang beredar dipasaran yang dibuat di pabrik merk terkenal. Bedanya yaitu pada hasil produk *Squeeze* lebih sedikit porositasnya dibanding dengan temperatur tuang 600°C dengan metode pengecoran tuang. Struktur mikro terlihat pada hasil pengecoran pada temperatur tuang 700°C dan 800°C dengan temperatur cetakan 300°C dan diberikan tekanan 66,58 Mpa. Hasilnya memperlihatkan sedikit porositas gas yang terbentuk pada produk coran. Bedanya adalah pada temperatur 700°C dan 800°C jarak struktur *dendrite* yang terlihat lebih besar dibandingkan pada temperatur tuang 600°C.

### 2.3.2 Pengaruh Durasi Penekanan (Pressure Duration) Terhadap Struktur mikro.

Menurut (M. Kamaraj, 2015) komposit hibrida aluminium LM6 memiliki sifat yang bagus seperti koefisien ekspansi panas yang rendah, ketahanan aus yang lebih baik dan sifat mekanik yang tinggi. Penerapan tekanan dapat meningkatkan sifat mekanik seperti kekerasan, kekuatan tarik dan ketangguhan seiring dengan bertambahnya tekanan yang diberikan. Proses pengecoran dilakukan dengan menuangkan logam cair kedalam cetakan melalui jalan yang menghubungkan tungku peleburan dengan cetakan. Jalan setapaknya dipanaskan untuk mempertahankan fluiditas logam cair kemudian ditekan dengan pers hidrolik. Dengan divariasikannya beban penekanan dan durasi penekanan didapatkan kesimpulan sifat mekanik seperti kekerasan, kekuatan luluh dan kekuatan tarik akhir komposit meningkat dengan meningkatnya tekanan maksimum dengan beban sebesar 120 MPa dengan durasi penekanan selama 60 detik. Sehingga kepadatan dan kekerasan produk coran dapat meningkat dengan meningkatnya tekanan yang diberikan Perlakuan Panas T6. Menurut (Deepak Sigh) parameter squeeze casting yang sangat berpengaruh diantaranya beban penekanan, durasi penekanan dan suhu yang memiliki dampak paling signifikan terhadap sifat mekanik. Untuk material logam paduan kuningan dengan memvariasikan beban penekanan sebesar 80 MPa, 120 MPa dan 160 MPa dengan variasi durasi penekanan 15 detik, 30 detik, 45 detik dan suhu die 500 C, 1000 C, 1500 C. Uji yang dilakukan menggunakan pengujian ketangguhan impak sebanyak 9 kali. Hasil optimum dalam pengujian terjadi pada kondisi beban tekanan 120 MPa, suhu 1000 C, temperatur tuang 10000 C dengan durasi penekanan 45 detik memiliki nilai ketangguhan yang maksimum ketika beban terkena tumbukan.

## 2.4 Struktur Mikro

Struktur mikro yaitu suatu struktur yang dapat diamati oleh alat mikro, atau dapat pula diartikan sebuah hasil pengamatan dari *scanning electron microscope (SEM)* maupun dari *X-Ray Diffraction (XRD)*. Fungsi diadakan pengujian ini adalah untuk melihat fasa-fasa yang terjadi didalam logam atau paduan tersebut. Menurut (M. Mandala, dkk, 2016) pengamatan menggunakan cor logam struktur



mikronya berbentuk struktur dendrite yang lebih kecil dan perbesaran butirnya lebih merata dibanding produk coran dengan cetakan lainnya dan proses solidifikasinya lebih cepat terjadi.

*X-Ray Diffraction (XRD)* merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit maupun nonkristalit, seperti mengidentifikasi struktur kristalit, dan fasa ( kuantitatif) dalam satu bahan dengan menggunakan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. *XRD* juga dapat mengidentifikasi jenis atom, dan kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan cacat kristal. Ada empat tahap pengerjaan yaitu: preparasi, difraksi, deteksi, dan interpretasi (**Erlangga, Mulyadi, & Cahyarini, 2016**). Hasil pengujian XRF didapat kandungan unsur logam yang terdapat pada batu pipih dan bidang belahnya menunjukkan perbedaan variasi komposisi persentasenya, namun jenis unsurnya tidak variasi. Kandungan unsur logam utama (Si, Al, Ca, dan Sr) terutama pada unsur silikat cenderung pada bidang tahan leleh, namun pada kandungan unsur golongan transisi cenderung mengarah ke bidang belah. Pada pengujian XRD terdapat kemiripan yang hampir sama pola difraksinya dari sample bubuk-bubuk sayatan bidang belahnya. Yang dimaksud sama yaitu posisi sudut dua-theta dari tiap peak pada pola difraksi yang dibandingkan, namun ada perbedaan intensitas peak pada bahan yang dibandingkan. Hal ini, yang menunjukkan perbedaan pada kandungan unsurnya (%) (**Karyasa. I. W, 2013**).

## 2.5 Pegujian Korosi

Korosi merupakan suatu perubahan atau indikasi suatu logam yang mengakibatkan sifat dan karakteristik berubah, yang diakibatkan karena adanya *degradasi* logam akibat reaksi redoks (reaksi induksi/oksidasi) antara suatu logam dengan zat pada lingkungan sekitar. Korosi pada logam sangat merugikan bagi seluruh masyarakat. Oleh karena itu, korosi dapat dikendalikan atau diperlambat laju korosinya dengan memperlambat proses pengkaratannya.

Namun, dibandingkan dengan yang lainnya aluminium memiliki kelebihan ringan, tahan terhadap korosi dan sangat mudah dibentuk. Pada aluminium mempunyai kandungan  $Al_2O_3$  yang mempunyai sifat tahan terhadap korosi pada PH 4 sampai 9 selain PH tersebut aluminium bisa terkorosi pada lingkungan asam maupun basa.

Dalam kehidupan sehari-hari logam sangat susah dibuat homogen karena perbedaan fase-fasenya, adanya pengotor, dan cara merubah struktur dan sifatnya. Akibatnya, akan terjadi perbedaan potensial yang akan menimbulkan korosi yang berupa korosi galvanis ( anoda, katoda, elektrolit dan konduktor) di antara butiran-butiran logamnya. Pada proses korosi adalah peristiwa spontan yang berlangsung

secara bersamaan dengan adanya elektron yang mengalir di dalam logam yang berfungsi sebagai anoda ke bagian logam yang bertindak sebagai katoda (Siregar, 2010).

Pengujian korosi dengan menggunakan metode polarisasi merupakan salah satu reaksi korosi yang dapat menimbulkan kerusakan pada logam. Polarisasi dibagi menjadi dua yaitu:

- Polarisasi aktivasi  
Dimana proses elektrokimia yang dikontrol oleh reaksi berurutan pada permukaan metal-electrolite.
- Polarisasi konsentrasi  
Proses elektrokimia yang di kontrol oleh proses difusi elektrolit.

Pada metode elektrokimia dengan teknik polarisasi dapat mempelajari fenomena korosi dengan penentuan parameter korosi melalui potensial korosi, tahanan korosi, arus korosi, laju korosi dan perilaku korosi melalui penentuan kurva polarisasi ( $E$  vs  $\log I$ ) (A, Kartaman, K, & Yanlinastuti, 2014). Polarisasi atau penyimpangan merupakan gabungan polarisasi anoda dan polarisasi katoda pada lingkungannya yang dapat diukur dengan elektroda acuannya. Adanya beda potensial mengakibatkan timbulkan transfer elektron yang mengakibatkan adanya arus listrik. Besar elektroda yang mengalir dapat diukur dengan elektroda pembantu.

## 2.6 Perlakuan Panas (*Solution heat treatment*)

Menurut (Guoping Liu, 2017) aluminium 6101/A356 yang dilakukan proses perlakuan panas T6 (540°C selama 5 jam, didinginkan di dalam air dingin dan penuaan pada 175°C selama 4 jam) dapat memperbaiki sifat mekanis dan mikrostruktur yang terdiri dari struktur butir yang halus.

*Heat treatment* (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan cara memanaskan specimen pada *electric trance* (tungku) 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. 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 kekerasan dan ketahanan aus yang lebih baik (Keshavamurthy dkk, 2016).

Perlakuan panas pada aluminium paduan dilakukan dengan memanaskan sampai terjadi fase tunggal kemudian ditahan beberapa saat dan diteruskan dengan pendinginan cepat hingga tidak sempat berubah ke fase lain. Jika bahan tadi dibiarkan untuk jangka waktu tertentu maka terjadilah proses penuaan (aging).

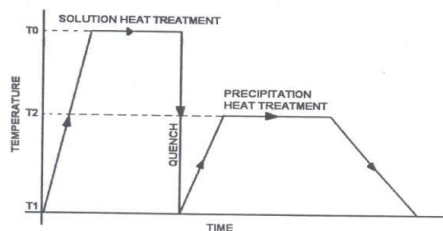
Perubahan akan terjadi berupa presipitasi (pengendapan) fase kedua yang dimulai dengan proses nukleasi dan timbulnya kluster atom yang menjadi awal dari presipitat. Presipitat ini dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya. Proses ini merupakan proses *age hardening* yang disebut *natural aging*. Jika setelah dilakukan pendinginan cepat kemudian dipanaskan lagi hingga di bawah temperatur solvus (*solvus line*) kemudian ditahan dalam jangka waktu yang lama dan dilanjutkan dengan pendinginan lambat di udara disebut proses penuaan buatan (*artificial aging*).

Salah satu cara perlakuan panas pada logam paduan aluminium adalah dengan penuaan keras (*age hardening*). Melalui penuaan keras, logam paduan aluminium akan memperoleh kekuatan dan kekerasan yang lebih baik. Dahulu orang menyebut penuaan keras dengan sebutan pemuliaan atau penemperan keras. Penamaan tersebut kemudian dibakukan menjadi penuaan keras karena penemperan keras pada logam paduan aluminium berbeda dengan penemperan keras yang berlangsung pada penemperan keras baja.

Paduan aluminium yang dapat ditua keraskan atau di *age hardening* dibedakan atas paduan aluminium yang dapat ditua keraskan dalam keadaan dingin dan paduan aluminium yang dapat ditua keraskan dalam keadaan panas. Penuaan keras berlangsung dalam tiga tahap.

Tahapan perlakuan panas T6 adalah :

1. *Solution treatment*
2. *Quenching*
3. *Aging*

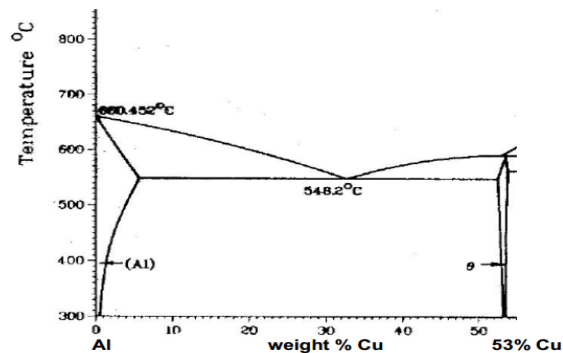


Gambar 2. 3. Siklus Perlakuan panas

### 2.6.1 *Solution Treatment (Perlakuan Pelarutan)*

Tahap pertama dalam proses *age hardening* yaitu *solution heat treatment* atau perlakuan panas pelarutan. *Solution heat treatment* yaitu pemanasan logam aluminium dalam dapur pemanas dengan temperatur  $550^{\circ}\text{C}$  -  $560^{\circ}\text{C}$  dan dilakukan penahanan atau *holding* sesuai dengan jenis dan ukuran benda kerja (Schonmetz, 1990). Pada tahap *solution heat treatment* terjadi pelarutan fasa-fasa yang ada, menjadi larutan padat. Tujuan dari *solution heat treatment* itu sendiri yaitu untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen.

Proses *Solution heat treatment* dapat dijelaskan dalam gambar 2. dimana logam paduan dipanaskan dalam dapur pemanas hingga mencapai temperatur T1. Pada temperatur T1 fase logam paduan akan berupa kristal campuran  $\alpha$  (symbol angka 8 miring kepotong) dalam larutan padat. Pada temperatur T1 tersebut pemanasan ditahan beberapa saat agar didapat larutan padat yang mendekati homogen.



Gambar 2. 4. Diagram fasa perlakuan panas Al-Cu

### 2.6.2 *Quenching* (Pendinginan Cepat)

Benda yang telah mengalami perlakuan panas lalu diperlakukan pendinginan, mempunyai kekuatan tarik yang menurun apabila dibandingkan dengan benda sebelum mengalami perlakuan panas, hal ini disebabkan karena lambatnya laju pendinginan yang terjadi, sehingga akan menimbulkan butiran yang terbentuk menjadi besar. Dengan laju pendinginan yang cepat akan membentuk struktur butiran yang kecil, sehingga kekuatan baja menjadi tinggi dan tidak mudah putus (Rubijanto, 2006).

Material awal memiliki struktur mikro berupa karbida spheroidal dalam matriks ferit sedangkan struktur mikro hasil quench-temper terdiri dari martensit, perlit dan martensit temper. Semakin lama waktu temper yang diberikan maka martensit temper yang terbentuk akibat proses temper akan semakin banyak pula sedangkan martensit hasil quench makin sedikit, hal ini akan menurunkan nilai kekerasan dari material karena sifat dari martensit temper yang lebih lunak dari pada martensit hasil quench. Dengan turunnya kekerasan diikuti naiknya keuletan material akan menyebabkan umur lelah material yang makin rendah, hal ini terjadi karena fenomena tersebut masih berada pada daerah dimana dengan kekerasan yang dimiliki material belum melampaui batas lelah maksimumnya sehingga kekerasan berbanding lurus dengan umur lelah material (Rozaq & Soeharto, 2013).

### 2.6.3 Aging (Penuaan).

*Aging* dapat dilakukan dengan membiarkan larutan lewat jenuh itu pada temperatur kamar selama beberapa waktu. Dinamakan *natural aging* atau dengan memanaskan kembali larutan lewat jenuh itu ke temperatur di bawah garis solvus dan dibiarkan pada temperatur tersebut selama beberapa saat. 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*.

Setelah dilakukan pendinginan cepat kemudian dipanaskan lagi hingga dibawah temperatur solvus (*solvus line*) kemudian ditahan dalam jangka waktu yang lama dan dilanjutkan dengan pendinginan lambat di udara. Perubahan sifat-sifat dengan berjalannya waktu pada umumnya dinamakan *aging* atau penuaan. *Aging* atau penuaan pada logam paduan dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*).

*Aging* (perlakuan penuaan) yaitu perlakuan panas dengan menahannya pada suatu temperatur tertentu (temperatur kamar atau temperatur dibawah *solvus line*/batas pelarut) untuk jangka waktu tertentu. Penuaan dapat dibagi menjadi dua yaitu :

- 1) Penuaan yang dilakukan dengan membiarkan larutan padat jenuh itu pada temperatur kamar selama beberapa waktu, dinamakan *natural aging* yaitu penuaan yang terjadi secara alamiah.

Penuaan dengan memanaskan kembali larutan padat jenuh itu kesuatu temperatur di bawah garis *solvus* dan dibiarkan pada temperatur tersebut selama beberapa saat, dinamakan *artificial aging* (*aging* buatan/*aging treatment*).