

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Pengertian Komposit

Material komposit adalah material gabungan dari dua atau lebih material yang memiliki sifat fisis dan mekanis berbeda yang menghasilkan material baru dengan sifat fisis dan mekanis tertentu yang lebih baik dari material penyusunnya. (Fahmi & Zainuri, M, 2011).

Material komposit adalah sistem bahan terdiri dari kombinasi dua atau lebih unsur mikro atau makro yang berbeda dalam bentuk, komposisi, kimia dan yang pada dasarnya tidak larut dalam satu sama lain. Salah satunya yang disebut matriks dan yang lainnya adalah penguat. Fase yang memperkuat tertanam dalam matriks untuk memberikan karakteristik yang diinginkan. (Mahalingegowda, B & Mahesh, B, 2014).

##### 2.1.1 Penyusun Komposit

*Matriks* adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi (pecahan) volume terbesar (dominan) yang berfungsi sebagai pemisah serat, mentransfer tegangan keserat, dan perekat (pengikat) dan pelindung filler (pengisi) dari kerusakan eksternal. Bahan matriks yang digunakan harus Ductility lebih tinggi dari pada penguat. Memiliki modulus elastisitas (kekakuan) lebih rendah dari pada penguat. Mempunyai ikatan yang bagus antara matriks dan penguat. membentuk ikatan koheren, permukaan matriks/serat, menjadikan bahan lebih ringan. Melindungi serat. Memisahkan serat. Melepas ikatan. Tetap stabil setelah proses manufaktur. (Fahmi & Zainuri, M, 2011).

Serat/Penguat (*Reinforcement*). Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit.

Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutnya : Matriks (Penyusun dengan fraksi volume terbesar), penguat (penahan beban utama), *Interphase* (pelekat antar dua penyusun), *Interface* (permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain).

Secara struktur mikro, material komposit tidak merubah material pembentuknya (dalam orde kristalan) tetapi secara keseluruhan material komposit berbeda dengan material pembentuknya, karena terjadi ikatan antar permukaan antara matriks dan penguat.

Syarat terbentuknya komposit, yaitu : adanya ikatan permukaan antara matriks dan penguat. Ikatan antar permukaan ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi.

Dalam material komposit gaya adhesi-kohesi terjadi melalui 3 cara : Interlocking antar permukaan → Ikatan yang terjadi karena kekasaran bentuk permukaan partikel. Gaya elektrostatis → Ikatan yang terjadi karena adanya gaya tarik-menarik antara atom yang bermuatan (ion). Gaya vanderwalls → Ikatan yang terjadi karena adanya pengutapan antar partikel.

Kualitas ikatan antar matriks dan penguat dipengaruhi oleh beberapa variable, antara lain : Ukuran partikel, Rapat jenis bahan yang digunakan, Fraksi volume material, Komposisi material, Bentuk partikel, Kecepatan dan waktu pencampuran, Penekanan (kompaksi), Pemanasan (sintering).

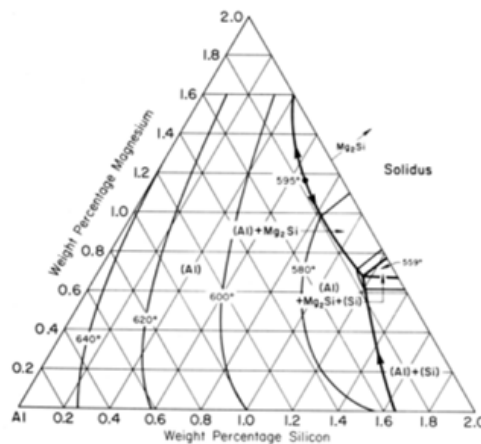
## 2.2 Bahan Komposit Al6061/Abudasar batu bara

### 2.2.1 Aluminium 6061

Yaitu paduan aluminium seri 6xxx yang mengandung magnesium dan silicon sebagai unsur paduan utama. Density adalah 2,7 gr/cm<sup>3</sup> dan mencair pada suhu sekitar 630° C dua digit terakhir dari Al 6061 mengidentifikasi paduan aluminium yang berbeda dalam kelompok. Angka kedua menunjukkan modifikasi paduan. Sebuah digit kedua nol menunjukkan paduan asli dan bilangan bulat 1 sampai 9 menunjukkan modifikasi paduan berturut-turut. Komposisi Al 6061 ditunjukkan pada tabel berikut :

**Tabel 2.2.1.** Komposisi Al 6061 (Veigas. dkk, 2016).

Komponen	Komposisi %
Si	0.55
Cu	0.3
Fe	0.15
Mn	0.15
Mg	0.9
Zn	0.12
Cr	0.23
Ti	0.1
Al	96.5



**Gambar 2.1** diagram fasa aluminium 6061

Paduan aluminium seri 6061 akan menghasilkan dua fasa dan satu karbida yang bisa dianalisis berdasarkan diagram fasa yang ada. Fasa-fasa dan karbida yang terbentuk dari paduan aluminium seri 6061 adalah  $\beta$ -AlFeSi,  $\alpha$ -Al(FeSi) dan Mg<sub>2</sub>Si.

**Tabel 2.2.1a.** Fasa-fasa dan kabrida Al 6061.

Alloy	Phase constituents <sup>(9)</sup>	
	Rough state	Treated state
Wrought alloys		
1xxx (Al > 99.00%), Al-Fe-Si, Al-Cu	Al <sub>3</sub> Fe, α-Al(FeSi)	Al <sub>6</sub> Mn, α-Al(FeSi)
2xxx (Cu), Al-Si-Cu-Mn-Mg, Al-Si-Cu-Mn, Al-Cu-Mg, Al-Cu-Mg-Ni, Al-Cu-Mn-Ti-V-Zr, Al-Cu-Mg-Ni-Fe-Ti	Al <sub>2</sub> Cu, Al <sub>2</sub> CuMg, Al <sub>20</sub> Cu <sub>2</sub> Mn <sub>3</sub> , α-Al(FeMnSi), Al <sub>3</sub> FeMn, Al <sub>6</sub> MnFe, Al <sub>7</sub> Cu <sub>2</sub> Fe, Mg <sub>2</sub> Si, Al <sub>3</sub> Cu <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub> Si <sub>6</sub>	Al <sub>2</sub> Cu, Al <sub>2</sub> CuMg, Al <sub>20</sub> Cu <sub>2</sub> Mn <sub>3</sub> , α-Al(FeMnSi), Al <sub>7</sub> Cu <sub>2</sub> Fe, Al <sub>17</sub> Mn <sub>3</sub> Si
3xxx (Mn), Al-Cu-Mn, Al-Fe-Si-Mg-Mn, Al-Si-Mn-Fe	α-Al(FeMnSi), Al <sub>6</sub> MnFe	α-Al(FeMnSi), Al <sub>6</sub> MnFe

4xxx (Si)	β-AlFeSi	...
5xxx (Mg), Al-Mn-Mg-Cr, Al-Mn-Mg-Cr, Al-Mn-Mg, Al-Mg	Mg <sub>2</sub> Si, Al <sub>18</sub> Mg <sub>3</sub> Cr <sub>2</sub> , Al <sub>6</sub> Mn	Mg <sub>2</sub> Si, Al <sub>3</sub> Ni
6xxx (Mg, Si), Al-Si-Cu-Mg-Cr, Al-Si-Mg, Al-Si-Mg-Cr, Al-Si-Mn-Mg	β-AlFeSi, Mg <sub>2</sub> Si, α-Al(FeSi)	Mg <sub>2</sub> Si

(ASMMetal Handbook Volume 9, 2004)

Magnesium dan silica menjadi unsure paduan yang sangat penting bagi paduan aluminium seri 6061 karena magnesium dan silica akan membentuk karbida Mg<sub>2</sub>Si yang menyebabkan paduan seri 6061 ini bisa diberikan perlakuan panas untuk memperbaiki sifat mekaniknya. Adanya unsure besi (Fe) menyebabkan kelarutan silica (Si) dalam Aluminium (Al) akan berkurang. Adanya fasa α dan β disebabkan oleh terjadinya reaksi peritektik dan reaksi solidifikasi diakhiri dengan reaksi eutektik.

Adapun larutan etsa yang digunakan untuk menganalisis struktur mikro dari paduan aluminium 6061 adalah keller. Keller merupakan etsa yang dibuat dari campuran larutan 2ml HF + 3ml HCl + 5ml HNO<sub>3</sub> + 190ml H<sub>2</sub>O.

**Tabel 2.2.1b.** etsa keller

No.	Reagent	Remarks
1	Hydrofluoric acid (40%) Hydrochloric acid (1.19) Nitric acid (1.40) Water  {Keller's etch}†	0.5 ml 1.5 ml 2.5 ml 95.5 ml  15s immersion is recommended. Particles of all common micro-constituents are outlined. Colour indications: Mg <sub>2</sub> Si and CaSi <sub>2</sub> : blue to brown $\alpha$ (AlFeSi) and (AlFeMn): darkened $\beta$ (AlCuFe): light brown MgZn <sub>2</sub> , NiAl <sub>3</sub> , (AlCuFeMn), Al <sub>2</sub> Cu Mg and Al <sub>2</sub> CuMg: brown to black $\alpha$ (AlCuFe) and (AlCuMn): blackened Al <sub>3</sub> Mg <sub>2</sub> : heavily outlined and pitted  The colours of other constituents are little altered. Not good for high Si alloys
2	Hydrofluoric acid (40%) Water	0.5 ml 99.5 ml  15s swabbing is recommended. This reagent removes surface flowed layers, and reveals small particles of constituents, which are usually fairly heavily outlined. There is little grain contrast in the matrix.

(Smithells Metals Reference Book 7 Edition, 1993)

Dari tabel di atas, etsa keller digunakan untuk melihat fasa  $\beta$ -AlFeSi,  $\alpha$ -Al(FeSi) yang akan berwarna gelap dan melihat karbida Mg<sub>2</sub>Si yang akan berwarna biru hingga orange. Adapun gambar dari struktur mikro yang dihasilkan dari paduan aluminium seri 6061 yang difoto dengan ukuran perbesaran berbeda, mulai dari perbesaran 20 mikro, 50 mikro, dan 100 mikro.

### 2.2.2 Abu dasar Batubara

Abu dasar batubara merupakan salah satu material keramik oksida yang tersusun lebih dari 70% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang mempunyai angka kekerasan yang cukup tinggi dan mempunyai titik cair hingga diatas 2000°C. Permasalahan utama pada pembuatan material komposit yang diperkuat dengan bahan keramik adalah sifat kebasahan (wettability). Maka dari itu untuk meningkatkan kebasahan pada permukaan partikel abu dasar batubara perlu ditambahkan Mg untuk bahan pembasahnya, dengan melalui proses pelapisan serbuk abu dasar batubara menggunakan metode electroless plating dengan bahan pengaktif Mg yang terlarut dalam larutan HNO<sub>3</sub>. Didapat bahwa penguat Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada proses electroless plating partikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan larutan elektrolit (HNO<sub>3</sub>+Al+Mg) dapat meningkatkan wettability dari Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan membentuk fasa spinel (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) (Andhika Insan Adiyatma 2004).

Penambahan aditif Mg saat proses electroless plating pada partikel penguat abu dasar batubara dapat mempengaruhi densitas dan porositas komposit pada waktu pengecoran. Penelitian yang sudah dilakukan oleh (G.N. Anastasia Sahari, 2009) mengatakan bahwa permasalahan utama dari komposit matrik keramik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al adalah sulitnya aluminium berinfiltrasi ke keramik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Hal ini dikarenakan pada permulaan oksidasi dipermukaan aluminium akan terbentuk lapisan tipis yang sangat stabil dan tidak mudah ditembus. Mg ditambahkan karena memiliki reaktifitas yang tinggi dan energi bebas yang kecil untuk terjadinya oksidasi lebih lanjut yang dapat menaikkan penetrasi kapilaritas

pada lapisan oksida dan mempermudah terbentuknya interface juga mempengaruhi tegangan permukaan dan menurunkan sudut kontak.

Electroless merupakan proses plating yang tidak menggunakan listrik dalam proses pelapisannya. Pelapisan yang terjadi karena adanya reaksi oksidasi dan reduksi pada permukaan barang, sehingga terbentuk lapisan logam yang berasal dari garam logam tersebut. Karena tidak menggunakan bantuan arus listrik dalam pertukaran electron, proses pelapisan yang terjadi berjalan lebih lambat, sehingga untuk mempercepat pelapisan, temperatur proses harus tinggi, bisa mencapai 900C.(**Edi Santoso, Harjo Seputro, Eka Puji Himawan, September 2016**).

### 2.3 Metode Squeeze Casting

Pengecoran *Squeeze* sering disebut juga penempaan logam cair (*liquid metal forging*), yaitu suatu proses dimana logam cair didinginkan sambil diberikan tekanan. Proses ini pada dasarnya mengkombinasikan keuntungan keuntungan pada proses *forging* dan *casting*.

Perlengkapan proses antara lain : dapur pemanas, mekanisme press, punch, dan die (direct), pouring hole, injection chamber plunger dan gating system (indirect). Kontak logam cair dengan permukaan die memungkinkan terjadinya perpindahan panas yang cukup cepat, menghasilkan strukturmikro yang homogen dengan sifat mekanik yang baik. (**Firdaus, 2002**).

**Tabel 2.3.** perbandingan sifat mekanis paduan

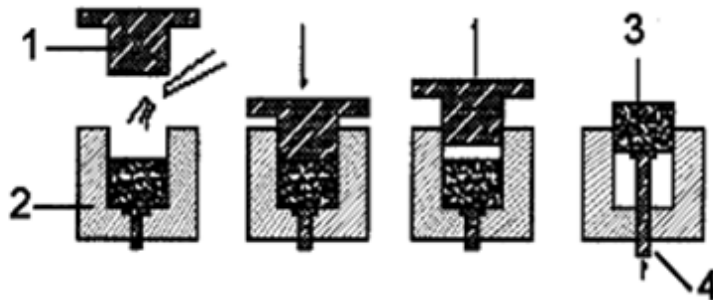
Alloy	Process	Tensile strength		Yield strength		Elongation %
		MPa	ksi	MPa	ksi	
356-T6 Al	Squeeze casting	309	44.8	265	38.5	3
	Permanent mold	262	38.0	186	27.0	5
	Sand casting	172	25.0	138	20.0	2
535 Al (quenched)	Squeeze casting	312	45.2	152	22.1	34.2
	Permanent mold	194	28.2	128	18.6	7
6061-T6 Al	Squeeze casting	292	42.3	268	38.8	10
	Forging	262	38.0	241	35.0	10
A356 -T4 Al (a)	Squeeze casting	265	38.4	179	25.9	20
A206 -T4 Al (a)	Squeeze casting	390	56.5	236	34.2	24

Metode Squeeze casting pertama kali dikemukakan oleh Chernov pada tahun 1878. Penelitian mengenai pengaruh tekanan terhadap perilaku logam cair selama proses pendinginan pertama kali diselidiki oleh Welter pada tahun 1931 yaitu dengan bahan paduan Al-Si. Sejak itu tidak ada lagi penelitian mengenai Squeeze casting hingga tahun 1960, yaitu penelitian mengenai sifat struktur paduan aluminium A356 setelah dilakukan Squeeze casting dengan berbagai kondisi pengecoran.

### 2.3.1 Direct Squeeze Casting

Keuntungan utama proses DSC adalah sebagai berikut :

- Mampu menghasilkan produk cor tanpa porositas gas dan penyusutan.
- Tidak diperlukan gating system, dengan demikian tidak terjadi pembuangan material.
- Tidak begitu mempertimbangkan castability karena pemberian tekanan dapat mengeliminir kebutuhan akan high fluidity, baik untuk coran secara umum maupun paduan kasar.
- 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 .
- 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.
- Sifat mekanik hasil coran dengan komposisi yang sama, bisa sebaik atau bahkan lebih baik dibandingkan produk coran dengan teknik yang lain.
- Squeeze casting merupakan salah satu teknik yang paling efektif dan efisien untuk menghasilkan komponen komposit/paduan ferrous maupun nonferrous dengan bentuk mendekati kesempurnaan.



**Gambar 2.2** Mekanisme *direct squeeze casting*

Keterangan gambar

1. Punch
2. Dies
3. Benda Cetak
4. Plunyer Pendorong

Metoda DSC dapat diadopsi untuk menghasilkan komponen otomotif, seperti piston, brake-disc, velg/wheel; dan industri rekayasa umum lainnya dengan kualitas yang cukup tinggi. (Firdaus, 2002).

### 2.3.2 Parameter Proses Pengecoran Squeeze.

Untuk memperoleh produk cor yang memenuhi syarat-syarat ideal bagi suatu sound – cast, ada beberapa variabel yang perlu diperhatikan, yaitu :

- Batas Tekanan (*Pressure Level*) Rentang tekanan normal adalah 50 – 140 MPa, tergantung pada bentuk geometri komponen serta sifat mekanis yang

dibutuhkan. Tetapi dimungkinkan tekanan minimum adalah 40 MPa. Tekanan yang sering digunakan 70 MPa.

- Waktu Tuang (*Time Delay*) Adalah lamanya waktu yang diukur 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 akibat penyusutan (*shrinkage porosity*).

## 2.4 Pengujian Porositas

Porositas adalah suatu cacat (void) pada produk cor yang dapat menurunkan kualitas benda tuang. Salah satu penyebab terjadinya porositas pada penuangan paduan aluminium adalah gas hidrogen. Porositas oleh gas hidrogen dalam benda cetak paduan aluminium-silikon akan memberikan pengaruh yang buruk pada kekuatan, serta kesempurnaan dari benda tuang tersebut. Penyebabnya antara lain kontrol yang kurang sempurna terhadap absorpsi gas oleh paduan, pelepasan gas dari dalam logam karena interaksi antara gas dengan logam selama peleburan dan penuangan. (**Aluminum And Aluminum Alloys: ASM Specialty Handbook, 1994**).

Porositas juga dapat disebabkan dari gas yang dikeluarkan oleh inti saat terkena panas cairan. Gas ini terperangkap dalam cairan dan setelah dingin akan menjadi cacat lubang. Hidro karbon dapat terurai pada permukaan logam cair dan melepaskan hidrogen. Permukaan cairan tidak kekurangan hidrogen dan sebagian besar hidrogen akan terkonveksi ke atmosfer bebas, namun sebagian akan terdifusi ke logam cair jika tidak dicegah. Jika terdifusi ke logam cair dan ikut membeku di dalamnya maka akan menjadi cacat pori-pori pada benda tersebut (**Campbell, 2003**).

Porositas adalah ukuran dari ruang kosong di antara material, dan merupakan fraksi dari volume ruang kosong terhadap total volume, yang bernilai antara 0 dan 1, atau sebagai persentase antara 0-100%. Porositas bergantung pada jenis bahan, ukuran bahan, distribusi pori, sementasi, riwayat diagenetik, dan komposisinya.

Dalam pengujian kali ini menggunakan hukum Archimedes Penentuan porositas akan digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ Porositas} = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$$

Dengan :

% P= % Porositas

$m_k$  = massa kering (kg)

$m_b$  = massa basah (kg)

### **2.4.1 Porositas dan Kekuatan Tarik**

Porositas secara fisik adalah rongga-rongga yang bila mendapat tegangan tarik akan berperan sebagai pemusatan tegangan, sehingga akan memicu munculnya retak lebih cepat. Dengan kondisi dan sifat porositas terhadap kekuatan material maka dapat dipahami bahwa semakin tinggi porositas maka semakin rendah kekuatan tarik material tersebut.

Selain itu Gambar 8, 9, 10 dan 11 menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro pada bagian tengah coran. Bagian tengah ini merupakan bagian yang mewakili penampang spesimen uji tarik yang dapat digunakan untuk menjelaskan perilaku kekuatan tarik spesimen. Dari hasil pengamatan struktur mikro dapat diketahui bahwa semakin tinggi penekanan plunger akan memberikan efek mekanis yang membuat pembentukan dendrite terhambat dan membuat struktur butiran menjadi lebih kecil. Dari hasil-hasil pengamatan ini maka dapat diketahui bahwa semakin tinggi penekanan plunger, kekuatan tarik coran die casting Al-Mg-Si semakin meningkat yang disebabkan oleh semakin menurunnya porositas dan semakin mengecilnya ukuran butir struktur mikro coran. (**Yudy Surya Irawan, Tjuk Oerbandono, Dian Fitria Agus Aristiyono, Pratikto, Tahun 2013**).

### **2.5 Pengujian Korosi**

Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Dalam bahasa sehari-hari, korosi disebut perkaratan.

Dibandingkan dengan logam seperti tembaga, besi, atau seng, aluminium memiliki kelebihan yaitu tahan terhadap korosi, ringan dan mudah dibentuk. Aluminium mempunyai lapisan  $Al_2O_3$  yang bisa melindungi logam terhadap pengkorosian pada pH antara 4 sampai dengan 9 diluar kisaran itu Aluminium bisa terkorosi, baik pada suasana asam maupun basa.

Korosi yang umumnya terjadi pada logam Aluminium adalah korosi sumuran. Korosi sumuran membentuk lubang lubang kecil yang kasat mata pada awalnya. Korosi ini berlangsung ketika logam Aluminium bereaksi dengan udara lembab. (**jones 1992**).

Aluminium maupun paduannya memiliki sifat tahan terhadap korosi karena terbentuknya lapisan tipis pasifasi yang bersifat protektif. Korosi aluminium membentuk lapisan  $Al_2O_3$ , dimana lapisan tersebut terbentuk secara spontan pada permukaan logam, karena logam mempunyai komposisi kimia yang tidak homogen. Lapisan  $Al_2O_3$  stabil pada lingkungan pH 4 s/d pH 9 (pasifasi) sehingga lapisan tersebut dapat melindungi logam bagian dalam dari serangan pengkorosi, namun aluminium dapat juga terkorosi dalam lingkungan yang agresif yaitu di luar kisaran pH tersebut terutama suasana asam maupun basa.

Dalam kenyataannya, logam sulit dibuat betul-betul homogen karena memiliki fase-fase yang berbeda, adanya pengotor, dan cara preparasi yang memodifikasi struktur dan sifatnya. Akibatnya, akan terjadi perbedaan-perbedaan potensial yang dapat menimbulkan korosi galvanis (adanya anoda, katoda, elektrolit dan konduktor) diantara butir-butir dalam logam tersebut. Proses korosi pada logam adalah peristiwa spontan yang berlangsung bersamaan dengan adanya elektron yang



mengalir di dalam logam dari bagian yang berfungsi sebagai anoda ke bagian logam yang bertindak sebagai katoda. ( **Tiurlina Siregar, juli 2010** )

Pengujian korosi menggunakan metode elektro-kimia dengan teknik polarisasi. Metode ini memiliki beberapa keuntungan, antarlain adalah mudah, cepat dan sensitive. Metode elektrokimia dengan teknik polarisasi dapat mempelajari fenomena korosi melalui penentuan parameter korosi yaitu potensial korosi, tahanan korosi, arus korosi, laju korosi dan perilaku korosi melalui penentuan kurva polarisasi (E vs log I). ( **Dian.A, Maman Kartaman, Rosika K, Yanlinastuti, 2014** ).

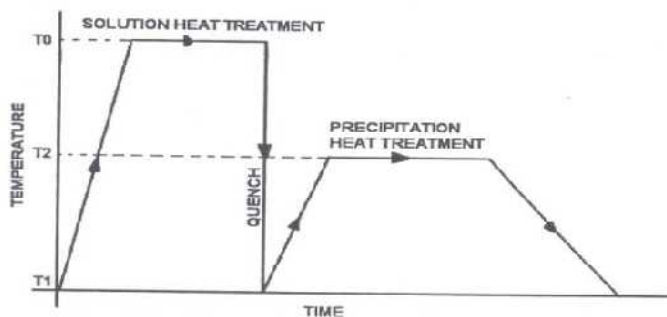
Polarisasi atau penyimpangan dari potensial kesetimbangan sama dengan gabungan polarisasi anoda pada logam dan polarisasi katoda pada lingkungannya. Selisih polarisasi ini menyatakan beda potensial antara katoda dan anoda, yang dapat diukur dengan elektroda kalomel (elektroda acuan). Akibat beda potensial menimbulkan transfer elektron dan menghasilkan arus listrik. Besarnya arus listrik yang mengalir dapat diukur dengan elektroda pembantu.

## 2.6 Perlakuan Panas T6

Perlakuan panas merupakan suatu proses kombinasi antara pemanasan dan pendinginan terhadap logam dalam bentuk padat selama waktu tertentu, dengan tujuan mendapatkan sifat-sifat mekanik tertentu. Proses perlakuan panas ini bergantung pada pemakaiannya, seperti dapat digunakan untuk mengeraskan, melunakkan, menghilangkan tegangan sisa, dan untuk meningkatkan mampu mesin ( **Mursalin dkk, 2009** )

Langkah - langkah berikut yang di lakukan selama proses penuaan :

1. Solution treatment pada temperatur  $530^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam.
2. Quenching dalam air pada temperatur  $80^{\circ}\text{C}$ .
3. Stabilisasi pada suhu kamar selama 3 jam.
4. Penuaan pada temperatur  $175^{\circ}\text{C}$  dengan variasi waktu yang berbeda dimulai dari 1 jam sampai 7 jam dalam selang waktu 2 jam ( **Benal. M & Shivanand K, 2006** ).



**Gambar 2.3.** Siklus Perlakuan Panas ( **Rahman. K & Benal. M, 2012** ).

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 2.3 dimana logam paduan aluminium pertama kali dipanaskan dalam dapur pemanas hingga mencapai temperatur T1. Pada temperatur T1 fase logam paduan aluminium akan berupa kristal campuran  $\alpha$  dalam larutan padat. Pada temperatur T1 tsb. pemanasan ditahan beberapa saat agar didapat larutan padat yang mendekati homogen.

Tujuan dilakukan quenching adalah agar larutan padat homogen yang terbentuk pada solution heat treatment dan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya. Pada tahap quenching akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh (Super Saturated Solid Solution) yang merupakan fasa tidak stabil pada temperatur biasa atau temperatur ruang. Pada proses quenching tidak hanya menyebabkan atom terlarut tetap ada dalam larutan, namun juga menyebabkan jumlah kekosongan atom tetap besar. Adanya kekosongan atom dalam jumlah besar dapat membantu proses difusi atom pada temperatur ruang untuk membentuk Zona-Guinier-Preston (Zona GP). Zona Guinier-Preston (Zona GP) adalah kondisi didalam paduan dimana terdapat agregasi atom padat atau pengelompokan atom padat. **(Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1992).**

Pada tahap artificial aging dalam proses age hardening dapat dilakukan beberapa variasi perlakuan yang dapat mempengaruhi hasil dari proses age hardening. Salah satu variasi tersebut adalah variasi temperatur artificial aging. Temperatur artificial aging dapat ditetapkan pada temperatur saat pengkristalan paduan aluminium ( $150^{\circ}\text{C}$ ), di bawah temperatur pengkristalan atau di atas temperatur pengkristalan logam paduan aluminium. **(Schonmetz, 1990)**. Penuaan buatan (artificial aging) berlangsung pada suhu antara  $100^{\circ}\text{C}$  -  $200^{\circ}\text{C}$ . Pengambilan temperatur artificial aging pada temperatur antara  $100^{\circ}\text{C}$  -  $200^{\circ}\text{C}$  akan berpengaruh pada tingkat kekerasan sebab pada proses artificial aging akan terjadi perubahan-perubahan fasa atau struktur. Perubahan fasa tersebut akan memberikan sumbangan terhadap pengerasan.