

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *State of Art*

Dalam penelitian dilakukan, terdapat penelitian sebelumnya yang dapat dijadikan sebagai referensi. Referensi tersebut bisa berfungsi sebagai panduan dan acuan dalam pelaksanaan penelitian ini, terutama terkait metode yang digunakan. Hal ini akan sangat membantu dalam menjalankan penelitian yang akan dilakukan.

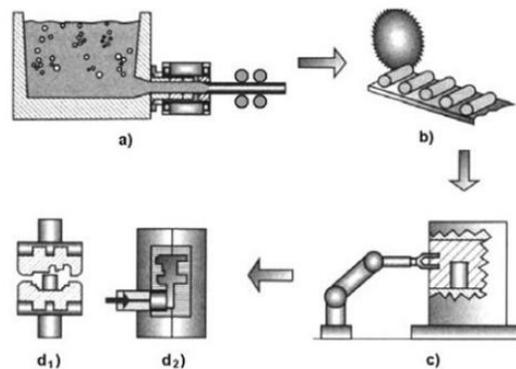
Referensi pertama pada penelitian ini adalah dari penelitian yang dilakukan oleh Zulfahmi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Fraksi Volume Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Terhadap Kekuatan Tarik dan Densitas Komposit Al<sub>5</sub>CU/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Melalui Proses *Semi-Solid Thixoforming*” Penelitian tersebut membahas tentang proses pembuatan ingot dengan metode *thixoforming* untuk melihat pengaruh fraksi volume yang ditambahkan

Referensi kedua yaitu dari penelitian Aytekin Polat, Mustafa Avsar, dan Fahrettin Ozturk yang berjudul “*Effects Of The Artificial-aging Temperature And time On The Mechanical Properties And Springback Behavior Of AA6061*” Pada penelitian tersebut membahas tentang efek waktu dan temperatur pada proses artificial aging. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa variasi waktu dan suhu yang menghasilkan hasil terbaik adalah penuaan antara 5 jam dan 40 jam pada suhu 180 °C. Kombinasi ini menunjukkan kekerasan maksimum, kekuatan luluh, dan kekuatan tarik dari paduan tersebut

Referensi ketiga yaitu dari penelitian Topic, I, Höppel, H.W. & Göken, M yang berjudul “*Influence of rolling direction on strength and ductility of aluminium and aluminium alloys produced by accumulative roll bonding*” Penelitian tersebut membahas tentang pengaruh *rolling* pada kekuatan material, khususnya pada aluminium dan paduan aluminium yang diproses melalui *accumulative roll bonding* (ARB), menunjukkan peningkatan kekuatan spesifik yang signifikan.

## 2.2 Thixoforming

*Thixoforming* merupakan singkatan dari *thixotropic forming* adalah teknik pembentukan logam yang relatif baru ditemukan dan dikembangkan, pembentukan logam pada fase *semi-solid* ditemukan pada tahun 1970 oleh Flemings dan teman kerjanya yang mempelajari tentang perilaku logam pada fase *semi-solid*. Lekas dari itu pembentukan logam *semi solid* digunakan pada industri otomotif untuk membuat komponen chassis, silinder rem, hingga velg. Sehingga memulai banyak perkembangan yang dipatenkan pada saat itu, membuat pembentukan logam *semi-solid* memiliki pengaruh terhadap kemajuan di bidang industri dan sains. [1]



**Gambar 2.1** Tahapan pemrosesan *Thixoforming*

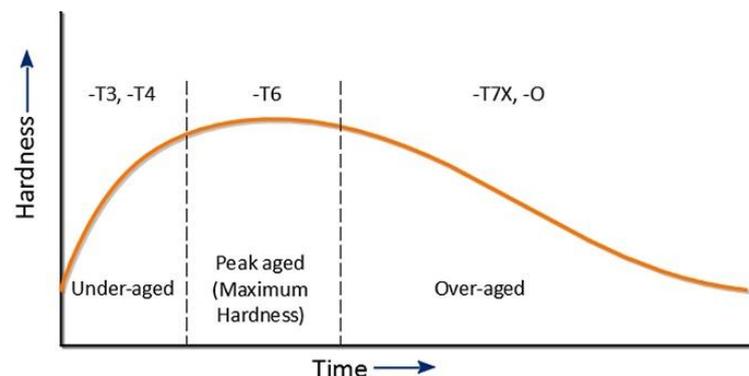
*Thixoforming* merupakan suatu teknik pembentukan logam yang memanfaatkan perilaku logam pada suhu transisi antara *solidus* dan *liquidus*, penelitian pada *thixoforming* pada saat ini memiliki fokus pada material mentah untuk memproduksi komponen dengan sifat mekanis yang unggul sehingga hasil *thixoforming* seringkali digunakan pada bidang otomotif. Proses pembentukan logam menggunakan teknik *thixoforming* juga menghasilkan sedikit komponen cacat pengecoran seperti makrosegrasi, penyusutan dan porositas. Tahapan proses *thixoforming* dapat dilihat pada Gambar 2.1 yaitu (a) proses pengecoran batang, (b) memotong batang, (c) memanaskan batang menjadi *semi-solid*, dan (d) pembentukan [2]

Dibandingkan dengan metode penempaan konvensional, *thixoforming* memiliki keunggulan pada saat membentuk geometri yang kompleks dikarenakan beban penempaan yang lebih ringan dibandingkan dengan

penempaan konvensional yang dimana geometri yang terbatas. Namun proses produksi dengan metode penempaan konvensional memerlukan waktu yang sedikit dibandingkan dengan *thixoforming* yang memakan waktu untuk proses solidifikasi. [1]

### 2.3 Artificial Aging

*Artificial aging* atau dapat disebut penuaan buatan adalah perlakuan panas pada aluminium untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan, dengan menurunkan tingkat elastisitasnya. Pada penuaan ini dapat dilakukan secara natural dengan didiamkan selama bertahun-tahun atau dapat diselesaikan dengan buatan. *Artificial aging* dapat diselesaikan dengan memanaskan larutan paduan yang diberi perlakuan panas kepada aluminium tersebut. Temperatur harus dibawah titik rekristalisasi tetapi cukup tinggi untuk membentuk presipitat lebih cepat. Setelah presipitat memiliki ukuran yang sesuai, maka logam akan segera didinginkan untuk mencegah pembesaran lebih lanjut.



**Gambar 2.2** Grafik *artificial aging* pada aluminium

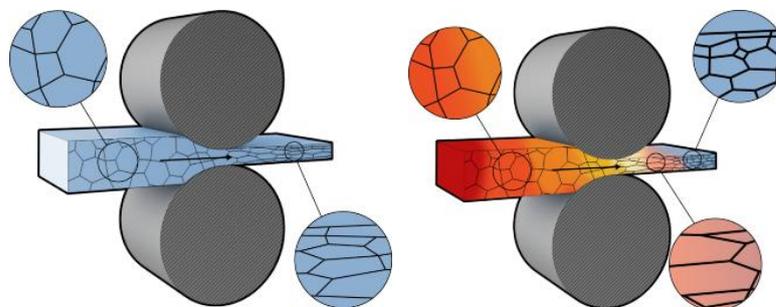
Pengerasan presipitat adalah proses di mana kekerasan, kekuatan hasil, dan kekuatan akhir mengalami peningkatan dari waktu ke waktu pada suhu penuaan yang konsisten. Setelah pendinginan yang cepat dari suhu yang jauh lebih tinggi. Pendinginan cepat atau proses *quenching* ini menyebabkan larutan padat yang *supersaturated* dan berfungsi sebagai dorongan untuk presipitat. Memanaskan material yang sudah di *quenching* dengan suhu  $95^{\circ}$  sampai dengan  $205^{\circ}\text{C}$  mempercepat presipitasi pada aluminium yang sudah dilakukan perlakuan panas. Seperti pada Gambar 2.2 perubahan struktur tergantung pada

waktu dan suhu, peningkatan kekuatan pada *artificial aging* dapat melampaui tegangan maksimum material yang berarti aluminium dapat mengalami penurunan *ductility* dan kekakuan. Penuaan berlebihan mengurangi kekuatan tegangan dan meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Hal ini juga meningkatkan Pertumbuhan retak lelah serta memberikan stabilitas dimensi ke komponen [3].

Proses *artificial aging* dilakukan setelah proses *solutioning* dan *quenching*, proses tersebut dinamakan proses *precipitation hardening*. *Solutioning* merupakan proses pemanasan logam paduan hingga suhu tinggi untuk melarutkan elemen-elemen paduan secara homogen dalam matriks logam, untuk material AA 6061 *solutioning* dilakukan pada suhu 475–625°C pada waktu 30, 60, dan 90 menit [4]. Setelah dilakukan *solutioning*, *quenching* dilakukan dengan tujuan untuk mendinginkan logam secara cepat agar mengunci struktur mikro dan mencegah terbentuknya fasa yang tidak diinginkan, sehingga meningkatkan kekuatan dan kekerasan material, *quenching* dilakukan menggunakan air, minyak, dan udara. [5].

## 2.4 Rolling

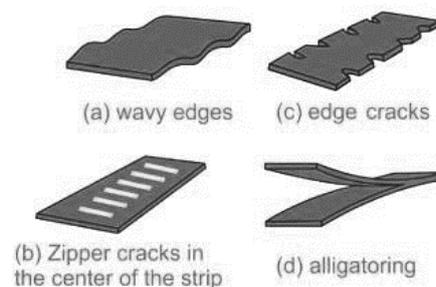
*Rolling* merupakan proses manufaktur yang bertujuan untuk mengubah bentuk benda logam dengan menekan benda tersebut dengan dua gulungan yang berputar, pada proses *rolling* terdapat dua metode yaitu *hot rolling* dan *cold rolling*. Proses *rolling* ini digunakan untuk menghasilkan lembaran dengan ketebalan yang berbeda-beda, termasuk untuk mereduksi ketebalan spesimen uji tarik yang akan dilakukan pada penelitian ini. [6]



**Gambar 2.3** Proses *rolling* pada lembaran logam

Proses *rolling* dapat mempengaruhi sifat mekanik pada logam sesuai dengan reduksi ketebalan, semakin tinggi reduksi ketebalan maka semakin besar perubahan sifat mekaniknya. Proses *cold rolling* pada aluminium menghasilkan karakteristik yang unggul dibandingkan dengan *hot rolling*, terutama dalam tingkat kekerasan material, kekuatan mekanik, toleransi dan dimensi karena penyusutan. Oleh karena itu, dimensi logam menunjukkan keakuratan lebih baik dan permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan proses *hot rolling*. [6]

Pada proses pengerolan dapat terjadi sebuah *defect* pada sampel yang dilakukan proses pengerolan. Beberapa cacat pengerolan yang paling umum adalah tepi bergelombang (*wavy edges*), retakan risleting (*zipper cracks*) di tengah strip, retakan di tepi (*edge crack*), dan retakan buaya (*alligating*). [7]



**Gambar 2.4** *Defects* pada proses pengerolan [7]

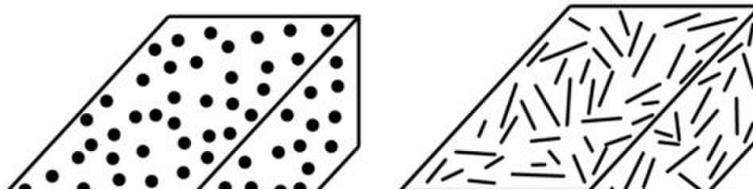
*Defect* pada proses pengerolan dapat dicegah dengan cara kalibrasi dan pemeliharaan mesin secara teratur untuk memastikan gap dan kondisi rol tetap ideal selama proses *rolling*. Untuk menghindari retakan dan ketebalan yang tidak seragam, sangat penting untuk mengontrol secara hati-hati laju *rolling* dan tekanan. Retakan dan cacat permukaan dapat dihindari dengan menggunakan bahan mentah berkualitas tinggi yang tidak memiliki inklusi atau cacat internal serta menjaga rol bebas dari partikel asing.

## 2.5 Komposit

Komposit adalah jenis bahan yang dibuat melalui rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang memiliki sifat yang berbeda satu sama lain baik dari segi kimia maupun fisika dan tetap terpisah dalam bahan komposit akhir.

Karena sifat-sifat yang berbeda dari masing-masing bahan penyusunnya, komposit antar material harus berikatan dengan kuat, yang berarti bahwa *wetting agent* harus ditambahkan. [8]

Komposit terdiri dari dua komponen yaitu zat utama dan zat pendukung. Pada zat utama bertindak sebagai pengikat, sedangkan bahan pendukung berfungsi sebagai penguat. Pada penguat dapat terdiri dari partikel, serat, fragmen, atau konfigurasi geometris lainnya. Penguat adalah elemen penting dalam bahan komposit yang membantu mempertahankan beban yang diterima. Kekuatan bahan komposit sebagian besar tergantung pada jenis penguat yang digunakan. Biasanya, bahan penguat memiliki kekakuan dan daya tahan. Pengukuran yang biasa digunakan termasuk jenis partikel, serat alami, karbon, seratan kaca, dan keramik. [9]



**Gambar 2.5** Jenis penguat dalam komposit [9]

Jenis-jenis pada penguat material komposit terdiri dari 4 jenis yaitu:

a. Komposit Partikel (*Particles Composite*)

Partikel dalam komposit adalah butiran kecil dari material seperti logam atau keramik yang ditempatkan dalam matriks untuk meningkatkan sifat thermal dan sifat mekanik. Penguat partikel memberikan penguatan dengan menghambat gerakan dan pembelokan retakan, yang secara keseluruhan meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan ketahanan terhadap abrasi atau korosi pada komposit.

b. Komposit Serat (*Fibers Composite*)

Komposit serat adalah penguat dengan bentuk serat-serat kecil memiliki panjang yang relatif pendek, namun memberikan penguatan dengan meningkatkan transfer beban antara matriks dan bahan penguat. Jenis penguat serat lebih mudah dalam proses manufaktur namun mungkin tidak memberikan kekuatan sekuat serat kontinu.

c. Komposit Kontinyu (*Continues Fibers Composite*)

Serat kontinyu adalah serat panjang yang memberikan penguatan yang lebih baik karena mentransfer beban dengan efektif dan menghindari terjadinya retakan. Jenis penguat kontinyu sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kekuatan struktural tinggi dan kekakuan yang baik.

d. Komposit Laminasi (*Sheet Laminated Composite*)

Laminat lembaran merupakan bentuk penguat dalam komposit yang terdiri dari lembaran material seperti logam atau komposit serat, yang memberikan penguatan dalam beberapa arah dan meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan ketahanan terhadap tekanan atau beban searah.

Karena keunggulannya, seperti kekuatan tinggi, berat yang ringan, dan ketahanan terhadap korosi, material komposit telah menjadi bagian penting dari berbagai industri. Pada bidang dirgantara, pesawat modern seperti Boeing 787 Dreamliner dan Airbus A350 menggunakan komposit serat karbon dalam struktur utama badan pesawat dan sayap, yang membuat pesawat lebih ringan dan efisien bahan bakar.

Komposit digunakan dalam industri kendaraan untuk meningkatkan performa, efisiensi bahan bakar, dan berat kendaraan. Misalnya, komponen interior dan panel bodi mobil sering dibuat dari komposit untuk mencapai tujuan ini. Selain itu, industri energi, terutama energi terbarukan, menggunakan komposit untuk membuat bilah turbin angin dan komponen lainnya karena kekuatan tinggi dan daya tahannya terhadap lingkungan yang keras. Lambung kapal dan komponen maritim lainnya juga dibuat dari komposit untuk mengurangi berat dan meningkatkan ketahanan terhadap air asin.

## 2.6 Aluminium Al 6061

Aluminum Al 6061 umumnya digunakan dalam berbagai bidang teknik, terutama dalam transportasi dan konstruksi, karena kualitas mekanisnya yang luar biasa seperti kekuatan tegangan dan kekerasan. Komposisi kimia dasar pada Al 6061 dapat dilihat pada Tabel 2.1. Ketahanan yang luar biasa terhadap korosi menjadikannya bahan yang menjadi pilihan utama untuk aplikasi

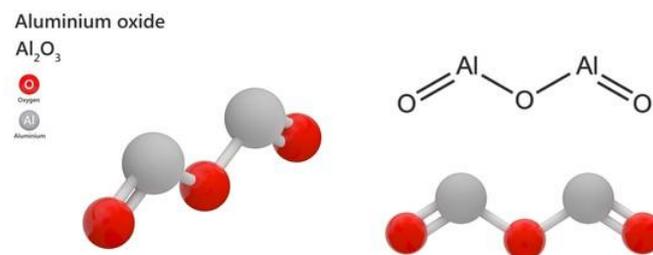
struktural laut. Permintaan untuk bahan yang lebih ringan, hemat biaya, dan kinerja tinggi dalam berbagai aplikasi struktural dan non-struktural telah menyebabkan pembuatan berbagai jenis komposit matriks logam dengan material Al6061. [10]

**Tabel 2.1** Komposisi Aluminium Al 6061

Elemen	Mg	Fe	Si	Cu	Mn	V	Ti	Al
Berat %	1.08	0.17	0.63	0.32	0.52	0.01	0.02	Yang tersisa

## 2.7 Alumina ( $Al_2O_3$ )

*Aluminium Oxide* atau biasa disebut Alumina dengan rumus kimia ( $Al_2O_3$ ) adalah keramik rekayasa yang paling serbaguna karena batas suhu tinggi dan sifat kimia, listrik dan mekanisnya. Material juga memiliki biaya yang rendah, mudah terbentuk dan selesai menggunakan beberapa teknik produksi. Hal ini sering dikombinasikan dengan silika atau unsur-unsur untuk meningkatkan sifat atau manufaktur dan biasanya akan berkisar dari 92% hingga 99,9%  $Al_2O_3$ . Komponen-komponen keramik yang dirancang aluminium dapat dibuat menggunakan pressing uniaxial. [11]

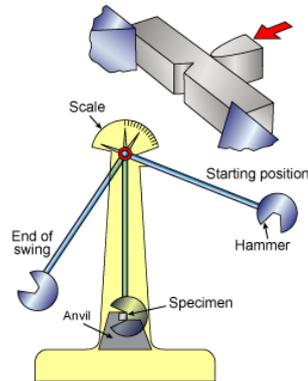


**Gambar 2.6** Struktur kimia aluminium oxide

## 2.8 Uji Impak

Pengujian impak adalah metode yang digunakan untuk mengukur ketangguhan sebuah spesimen ketika diberikan beban mendadak melalui proses benturan. Ketangguhan merujuk pada besarnya energi yang dibutuhkan untuk mematahkan atau merusak suatu material, yang dinilai dari luas area di bawah kurva tegangan-regangan. Meskipun sebuah material mungkin memiliki

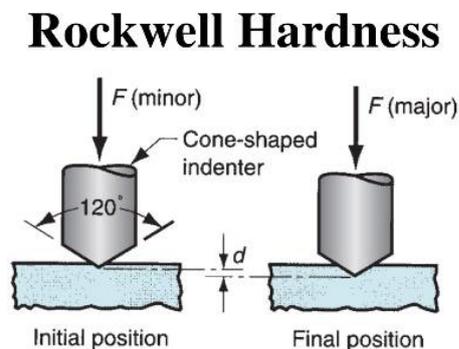
kekuatan tarik yang tinggi, hal ini tidak selalu berarti material tersebut cocok untuk kondisi beban kejut. Sebuah paduan memiliki parameter ketangguhan terhadap patahan yang ditentukan oleh kombinasi antara tegangan kritis dan panjang retak. [12]



**Gambar 2.7** Metode Uji Impak [10]

## 2.9 Uji Kekerasan

Uji kekerasan adalah alat yang menguntungkan untuk menjamin suatu karakterisasi sebuah material. Pengujian kekerasan Rockwell sering digunakan karena kesederhanaannya dan eksekusi yang cepat. [13]. Pengujian kekerasan dengan metode rockwell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material yang diuji coba menggunakan spesimen uji coba. Prinsip pada uji kekerasan metode rockwell adalah dengan menekan bagian penetrator intan dengan bentuk kerucut ke permukaan spesimen dengan diberikan pembebanan dan kedalaman indentasi akan menghasilkan nilai kekerasan dari beban mayor dan minor. [14]

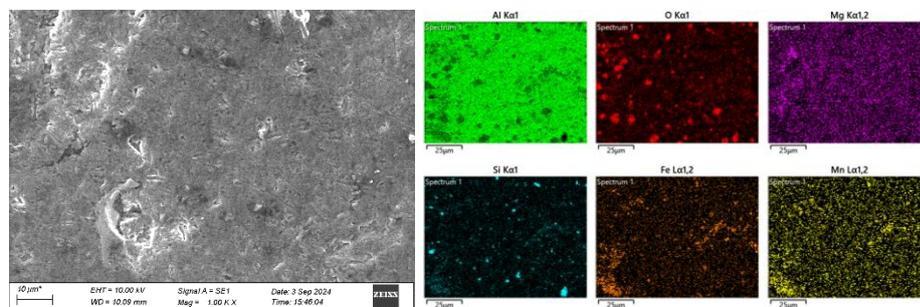


**Gambar 2.8** Uji kekerasan rockwell [11]

## 2.10 Uji Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro adalah pengujian yang dilakukan untuk mengamati struktur mikroskopis logam, paduan komposit, kepadatan struktur, identifikasi distribusi fasa, ukuran butir, dan adanya cacat atau ketidaksempurnaan dalam material. Mikrostruktur material khususnya sifat mekanik logam memainkan peran penting dalam menentukan kinerja dan kualitas material tersebut. Dengan menganalisis mikrostruktur, kita dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang kinerja dan keandalan pada suatu material. Pada spesifikasi suatu material ditentukan pada hasil metalografi yang sudah dialami oleh material yang diuji. [15]

Pada pengujian struktur mikro, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS) adalah dua teknik yang sering digunakan karena kemampuannya dalam memberikan gambaran yang detail mengenai struktur mikro dan komposisi kimia material. Hasil dari uji SEM dan EDS memberikan informasi penting yang dapat digunakan untuk mengkorelasikan struktur mikro dengan sifat mekanik seperti kekerasan dan ketangguhan, serta membantu dalam mengoptimalkan proses manufaktur untuk menghasilkan material komposit dengan kinerja yang lebih baik.



**Gambar 2.9** Hasil SEM dan EDS