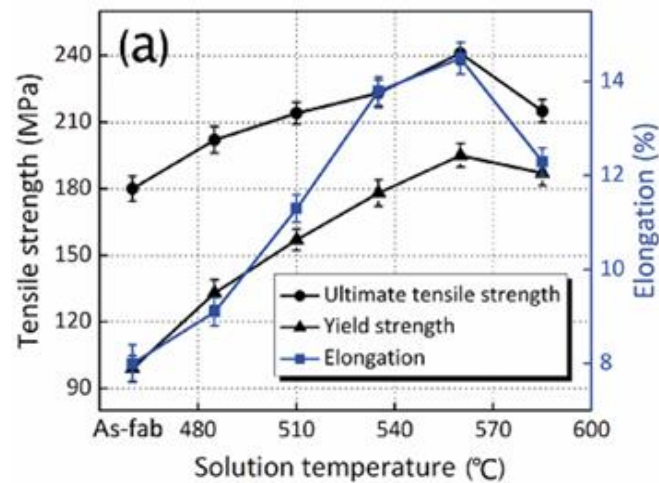


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

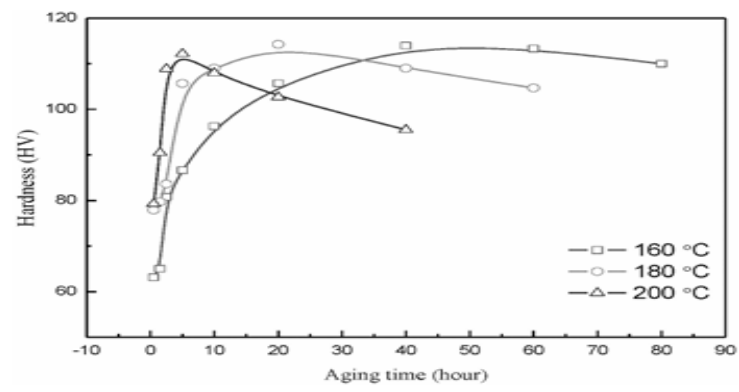
2.1 State of The Art

Menurut [26] telah melakukan penelitian *thixoforming* menggunakan Al 6061. Dimana prosesnya terdapat pengpressan dingin hingga sampel berdiameter 50 mm dan ketebalan 15 mm. Sampel kemudian dipanaskan dalam tungku tahan pada suhu semisolid 660°C selama 80 menit. Spesimen yang telah dipanaskan dengan cepat dimasukkan ke dalam cetakan ditekan pada 160 MPa. Pada gambar 2.1 menunjukkan efek temperatur pada *tensile strength* (MPa):

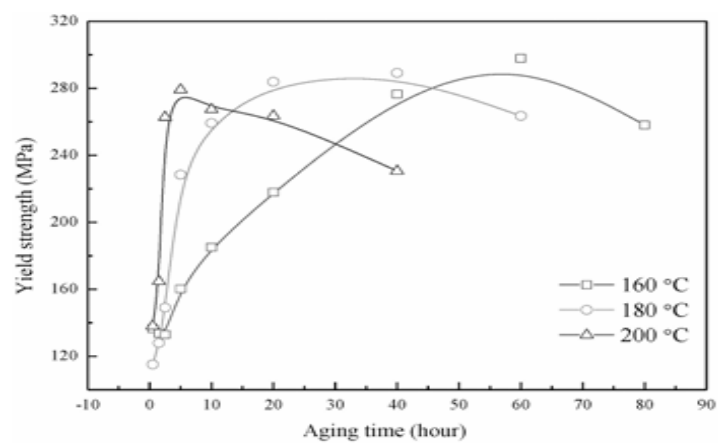


Gambar 2.1 Efek Temperatur Pada *Tensile Strength* (MPa) [26]

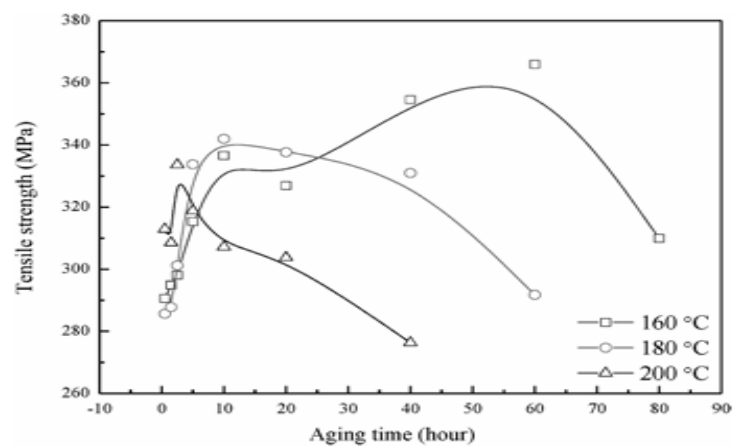
Hasil yang didapat dari penelitian tersebut yaitu, pada temperatur 560°C Dimana nilai puncak 14,5%, 241 MPa, dan 195 MPa pada UTS, YS dan *elongation*. Lalu [16] melakukan penelitian efek penuaan buatan (*artificial aging*) temperatur dan waktu terhadap sifat mekanik Al 6061. Dimana dilakukan pengujian kekerasan (HV), pengujian kekuatan lulug (*Yield Strength*), dan pengujian tarik (*tensile strength*), berikut adalah gambar grafiknya:



Gambar 2.2 Efek penuaan buatan (*artificial aging*) pada temperatur dan waktu terhadap kekerasan Al 6061 [16].



Gambar 2.3 Efek penuaan buatan pada temperatur dan waktu terhadap kekuatan luluh Al 6061 [16].



Gambar 2.4 Efek penuaan buatan pada temperatur dan waktu terhadap tarik Al 6061 [16].

Didapatkan kesimpulan bahwasannya Nilai kekuatan puncak paduan untuk penuaan pada suhu 160, 180, dan 190 °C diperoleh setelah 60, 10, dan 5 jam. Penuaan pada suhu 180°C selama 5-40 jam menghasilkan kekerasan, kekuatan luluh, dan kekuatan tarik tertinggi untuk paduan tersebut. Penuaan yang berlebihan pada paduan mengakibatkan penurunan karakteristik mekanis karena penggabungan endapan, ukuran butir yang lebih besar, dan cacat anil pada suhu dan waktu yang lebih tinggi. Lalu menurut [21] melakukan penelitian fungsi penguat alumina pada kekerasan komposit matriks aluminium. Terdapat 3 variabel yang dilakukan dalam penelitian, adapun komposisi dan hasil pengujiannya dibawah ini:

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan

No.	Material Uji Komposit Matriks Aluminium	Nilai Kekerasan (HRB)					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	Penguat alumina 10%	60	60	59.4	59.4	62.6	60.28
2	Penguat alumina 10% + SiC 5%	40	43	45	46	41	43
3	Penguat alumina 10% + SiC 10%	42	44	42	42	39	41.8

Gambar 2.5 Komposisi dan Hasil Penguat [21]

Pada gambar 2.5 menunjukkan bahwasannya komposisi alumina pada komposit matriks aluminium unggul pada pengujian kekerasan dibanding variabel lainnya. Penguat alumina 10% mendapatkan rata-rata dari 5 kali percobaan yaitu 60,28 HRB, penguat alumina 10% + SiC 5% mendapatkan rata-rata 43 HRB, dan penguat alumina 10% + SiC 10% mendapat rata-rata 41,8 HRB.

2.2 Aluminium

Kata "alum" berasal dari bahasa Latin "alumen". Alum biasa digunakan oleh orang-orang Yunani dan Romawi kuno sebagai larutan penutup rongga-rongga kecil. Lavoisier mengira bahwasannya elemen tersebut merupakan oksida (oksigen) metal yang baru pertama kali dikeahui. Sekiar tahun 1807 penemuan ini dimanakan dengan aluminium, Davy menyarankan untuk menamai logam ini Aluminium. Istilah yang terakhir ini merupakan kombinasi dari berbagai elemen yang berbeda dengan "ium" di bagian akhir. Unsur logam

aluminium memiliki simbol kimia Al, berat atom 27, dan nomor atom 13. 13 proton dan 14 neutron, atau 81 quark secara keseluruhan, membentuk inti atom. Setelah silikon dan oksigen, aluminium merupakan unsur dalam urutan ketiga yang banyak sekali ditemukan di kerak planet ini. Aluminium adalah logam yang paling banyak, terdiri dari 8% dari total massa kerak [7].

Sejak penemuan teknik peleburan saat ini pada tahun 1886, aluminium menjadi logam industri yang signifikan. Aluminium lebih dipilih daripada baja dalam aplikasi-aplikasi di mana kualitasnya yang unik - yang dikenal sebagai "ringan dan cerah" - membuatnya layak untuk diinvestasikan. Kekuatan tarik aluminium murni bervariasi dari sekitar 90 hingga 140 N/mm², termasuk bahan yang lemah. Biasanya ini digunakan untuk barang-barang rumah tangga seperti panci, kaleng, dan kemasan serta konduktor listrik, namun untuk paduan yang lebih kuat diperlukan untuk aplikasi struktural yang signifikan, dimana kekuatan tarik dari paduan terkuat lebih dari 500 N/mm².



Gambar 2.6 Aluminium (Sumber: clickmetal.co.uk)

2.3 Alumina

Alumina merupakan senyawa kimia yang mengandung aluminium dan oksigen, adapun rumusnya Al₂O₃. Alumina secara alami berbentuk kristal dan tersusun dari mineral korondum. Senyawa ini umumnya digunakan sebagai isolator suhu tinggi karena sifat isolasi listrik yang sangat baik dan kapasitas panas yang tinggi. Alumina termasuk zat berpori, berfungsi sebagai adsorben yang efektif [8]. Ketahanan korosi dan titik leleh yang tinggi menjadikan alumina sebagai bahan yang ideal untuk berbagai aplikasi. Alumina tersedia dalam tiga fase: γ , β , dan α . Masing-masing dari ketiga fase ini memiliki fitur dan aplikasi yang berbeda. Beta alumina (β Al₂O₃) mempunyai kualitas isolator yang baik, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi keramik, termasuk produksi tungku. Gamma alumina (γ Al₂O₃) umumnya digunakan sebagai

katalis di beberapa industri, termasuk penyulingan minyak bumi. Alpha ($\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$) adalah fase alumina yang paling stabil. Memiliki struktur kristal heksagonal dengan konstanta kisi $a = 4,7588$ dan $c = 12,9910$ nm. Alumina alfa adalah bahan refraktori berbasis oksida yang populer karena kualitas fisik, mekanik, dan karakteristik termalnya yang unggul [14].



Gambar 2.7 Alumina (jucoresrefractory.com)

2.4 Klasifikasi Aluminium

Paduan aluminium dikategorikan ke dalam dua kelompok utama: komposisi tempa (*wrought composition*) dan komposisi pengecoran (*casting composition*). Setiap kelompok dibagi lagi menurut proses utama pengembangannya sendiri. Banyak cara paduan bereaksi terhadap perlakuan panas tergantung pada kelarutan fasanya. Proses-proses ini meliputi presipitasi, penuaan, pengerasan, dan perlakuan panas larutan. Paduan yang dapat dicetak atau ditempa disebut sebagai perlakuan panas. Sebaliknya, banyak komposisi tempa lainnya yang mengandalkan reduksi mekanis untuk pengerasan kerja [5]. Menurut *Aluminium Association United States*, berikut untuk Paduan komposisi tempa (*wrought composition*) dengan sistem empat digit:

- 1xxx: Komposisi Paduan murni (Al 99%)
- 2xxx: Tembaga (Cu) sebagai elemen paduan utamanya, tetapi paduan elemen seperti magnesium (Mg) ditentukan
- 3xxx: Mangan (Mn) sebagai elemen paduan utamanya
- 4xxx: Silikon (Si) sebagai elemen paduan utamanya
- 5xxx: Magnesium (Mg) sebagai elemen paduan utamanya
- 6xxx: Magnesium (Mg) dan silikon (Si) sebagai elemen paduan utamanya

- 7xxx: Seng (Zn) sebagai elemen Paduan utamanya, tetapi paduan elemen lainnya seperti tembaga (Cu), Magnesium (Mg) dan Zirconium (Zr) Ditentukan
- 8xxx: Timah (Sn) dan beberapa paduan lithium
- 9xxx: Digunakan untuk masa depan

Dalam kelompok paduan 2xxx - 8xxx, digit kedua menunjukkan paduan modifikasi. Namun ketika digit kedua adalah nol, menunjukkan bahwa paduan murni. Bilangan bulat 1 - 9, ditetapkan secara berurutan menunjukkan modifikasi dari paduan murni. 2 digit yang terakhir dari 4 digit dalam kelompok 2xxx hingga 8xxx tidak memiliki arti khusus, tetapi hanya berfungsi untuk mengidentifikasi perbedaan paduan aluminium tersebut.

Adapun pada paduan komposisi pengecoran (*casting composition*) nilai desimal digunakan setelah sistem 3 digit, pada desimal .0 mengacu pada batasan paduan pengecoran, sedangkan decimal .1 dan .2 sesuai dengan komposisi ingot. Berikut adalah paduan untuk komposisi pengecoran:

- 1xx.x: Komposisi Paduan murni, terutama dalam pembuatan rotor (Al 99%)
- 2xx.x: Tembaga (Cu) sebagai elemen paduan utamanya, tetapi paduan elemen lainnya ditentukan
- 3xx.x: Silikon (Si) sebagai elemen paduan utamanya, tetapi elemen tembaga (Cu) dan magnesium (Mg) ditentukan
- 4xx.x: Silikon (Si) sebagai elemen paduan utamanya
- 5xx.x: Magnesium (Mg) sebagai elemen paduan utamanya
- 6xx.x: Seri tidak digunakan
- 7xx.x: Seng (Zn) sebagai Paduan utamanya, tetapi paduan elemen lainnya seperti tembaga (Cu) dan magnesium (Mg) ditentukan
- 8xx.x: Timah (Sn) sebagai elemen Paduan utamanya
- 9xx.x: Seri tidak digunakan

2.5 Aluminium 6061

Pada bidang industri otomotif, rekayasa, dan konstruksi biasanya menggunakan aluminium 6061. Salah satu contohnya adalah penggunaannya pada mobil. Banyak industri yang menggunakan Aluminium 6061 sebagai bahan utama dalam desain dan konstruksi alat karena memiliki beberapa sifat yang menguntungkan termasuk ketahanan terhadap korosi, toleransi panas, ketangguhan tinggi, dan kinerja pengelasan yang baik [17]. Berikut ini adalah komposisi Aluminium 6061 menurut [5]:



Gambar 2.8 Aluminium 6061 (aerocommetals.co.uk)

Tabel 2.1 Komposisi Aluminium 6061

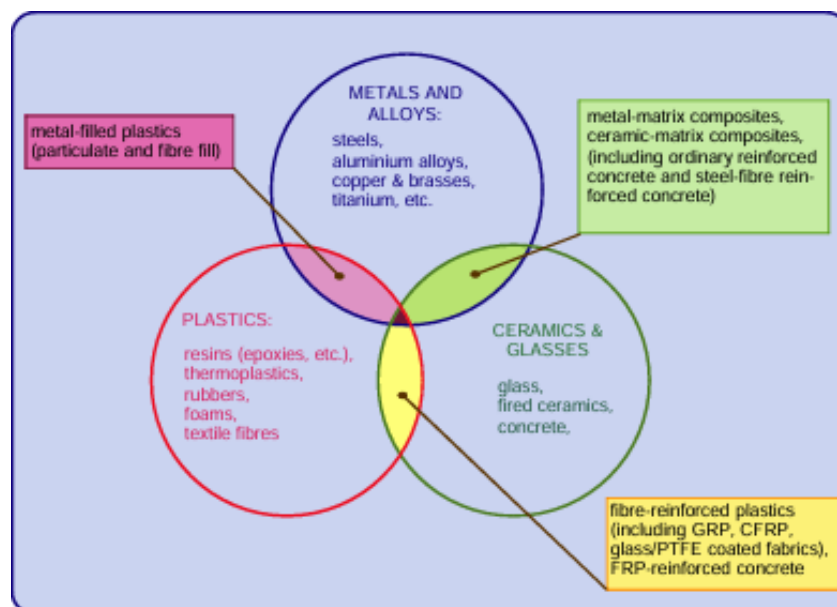
<i>Grade Designation</i>			<i>Composition %</i>										
<i>Aluminium Association</i>	<i>UNS No.</i>	<i>ISO No. R209</i>	<i>Si</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Mg</i>	<i>Cr</i>	<i>Zn</i>	<i>Ti</i>	<i>Unspecified Other Elements</i>		<i>Al, Minimum</i>
											<i>Each</i>	<i>Total</i>	
6061	A96061	AlMg 1SiCu	0.40 -0.8	0.7	0.15 - 0.40	0.15	0.8 - 1.2	0.04 - 0.35	0.25	0.15	0.05	0.15	rem

2.6 Komposit

Komposit yaitu bahan yang berbeda dalam komposisi atau bentuk pada skala makro. Komponen-komponen tersebut mempertahankan identitasnya masing-masing dalam komposit, dan tidak sepenuhnya menyatu. Biasanya, bahan-bahan ini memiliki interaksi fisik. Komposit terdiri dari bahan-bahan yang telah dicampur untuk memaksimalkan kualitas positifnya sekaligus mengurangi dampak negatifnya sampai tingkat tertentu. Seorang peneliti dapat

terbebas dari keterbatasan yang disebabkan oleh pilihan dan produksi bahan tradisional melalui metode pengoptimalan ini. Peneliti dapat menggunakan bahan material yang lebih unggul dari segi ringan, tahan lama, dan yang karakteristiknya dapat diubah untuk memenuhi spesifikasi desain tertentu. Selain itu, karena bentuk yang rumit sangat mudah dibuat, desain ulang penuh dari desain yang sudah dikenal dalam hal komposit sering kali dapat menghasilkan solusi yang lebih baik dan lebih terjangkau [11].

Berikut gambar dibawah ini menunjukkan hubungan antara kelas-kelas material teknik:



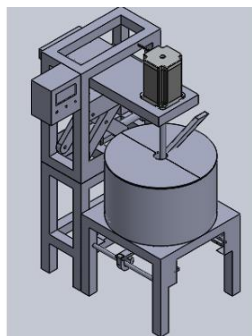
Gambar 2.9 Hubungan Antar Kelas Material [10].

Adapun keterbatasan bahan pada umumnya seperti plastik, keramik, dan metal, dimana plastik memiliki kepadatan yang rendah. Plastik memiliki ketahanan kimia jangka pendek yang baik tetapi tidak memiliki ketahanan termal stabilitas dan hanya memiliki ketahanan moderat terhadap degradasi lingkungan terutama yang disebabkan oleh efek foto-kimia dari sinar matahari. Plastik memiliki sifat mekanik yang buruk, tetapi mudah dibuat dan digabungkan. Keramik dapat memiliki kepadatan yang rendah, tetapi ada juga yang cukup padat. Keramik sangat stabil secara termal dan tahan terhadap berbagai beban, termasuk abrasi, keausan, dan korosi. Meskipun kuat secara kimiawi, bahan-bahan ini rapuh dan

sulit dibentuk. Logam biasanya memiliki kepadatan sedang hingga tinggi, satu-satunya bahan yang dapat menandingi plastik dalam hal ini adalah magnesium, aluminium, dan berilium. Banyak yang tahan korosi dan memiliki stabilitas termal yang tinggi berkat paduannya. Daya tahan yang sangat baik dan kualitas mekanik yang menguntungkan membuat mereka cukup mudah untuk digabungkan dan dibentuk. Logam sebagai sebuah kelas menjadi bahan teknik yang disukai terutama karena keuletan dan ketahanannya terhadap kerusakan [10].

2.7 *Stir Casting*

Proses pengecoran ini melibatkan peleburan logam murni dan menambahkan elemen penguat. Logam yang dilebur diaduk terus menerus sampai terbentuk pusaran, dan kemudian elemen penguat (dalam bentuk bubuk) secara bertahap dicampurkan melalui tepi pusaran [9]. Teknik pengecoran aduk melibatkan dua langkah: melelehkan bahan dan mengaduknya selagi cair. Saat mengaduk bahan, penting untuk mempertimbangkan bentuk dan kecepatan pengaduk yang digunakan. Bahan material akan dikirim ke cetakan untuk dicetak [15].

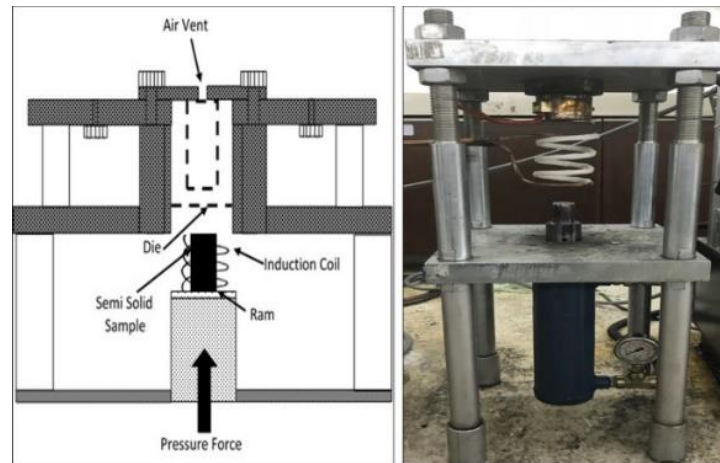


Gambar 2.10 Alat *Stir Casting* [15]

2.8 *Thixoforming*

Thixoforming adalah teknik pembentukan yang memanfaatkan perilaku reologi logam pada suhu kisaran *solidus* dan *liquidus*. Istilah "reologi" mengacu pada karakteristik aliran dan deformasi material. Struktur mikro non-dendritik terutama bertanggung jawab atas perilaku kondisi semi-padat dalam *Semi Solid Metal Processing* (SSMP). Bahan dengan struktur mikro bulat, yang mendapat

manfaat dari pengadukan konstan selama pendinginan, memiliki viskositas yang lebih rendah daripada bahan dengan morfologi dendritik. Padatan *spheroid* yang dikelilingi oleh matriks cair diperlukan untuk kondisi tiksotropik dan pemrosesan semi padat. Fenomena kondisi tiksotropik ketika suatu zat dibiarkan bergeser maka viskositasnya turun, tetapi kembali ke keadaan semula [12].



Gambar 2.11 *Thixoforming* [1]

Patokan utama reologi dalam pemrosesan semipadat adalah viskositas. Viskositas menunjukkan kemampuan cetakan pengisian bahan semi padat, karakteristik aliran, dan kekuatan yang dibutuhkan untuk deformasi [13]. *Thixoforming* juga memiliki kelebihan dan keterbatasan dalam prosesnya, kelebihan *thixoforming* seperti hasil bendanya memiliki kualitas yang lebih unggul daripada manufaktur pada umumnya. Struktur mikro yang berbentuk bola menghasilkan produksi barang *thixoforming* dengan kualitas yang lebih tinggi. Selama proses pembentukan, struktur mikro billet yang berbentuk bola memungkinkan terjadinya aliran. Porositas, jebakan gas, dan penyusutan yang lebih sedikit dihasilkan melalui aliran *slug* laminar. Selain itu, kualitas mekanik produk akhir ditingkatkan dengan struktur mikro yang halus dan seragam. Proses ini mampu memproduksi berbagai macam bentuk komponen dengan ketebalan dinding yang bervariasi, ujung yang tajam, dan jari-jari karena strukturnya yang halus dan konsisten [11]. Adapun keterbatasan *thixoforming* seperti biaya produksi yang lebih tinggi karena terdapat persyaratan khusus untuk bahan baku billet dan juga sisa proses pembentukan tidak dapat didaur

ulang. Selain itu, *supervisor* yang kompeten diperlukan di setiap tahap untuk menjamin kualitas produk jadi. Lalu viskositas dan persentase padatan merupakan parameter penting dalam proses ini. Karena keduanya bergantung pada kontrol suhu, manajemen suhu yang tepat dan membutuhkan staf yang berkualifikasi tinggi [12].

Adapun parameter yang mempengaruhi saat dilakukannya *thixoforming* seperti kepadatan fraksi, dimana viskositas material selama proses *thixoforming* sangat dipengaruhi oleh persentase kepadatan fraksi. Persentase padatan yang baik dalam *Semi Solid Metal Processing* (SSMP) biasanya antara 30% dan 70%. Fraksi padat yang rendah memperlihatkan viskositas tinggi, yang berarti bahwa selama pembentukan maka bubur akan memiliki kapasitas yang lebih sedikit untuk mengalir [24]. Ukuran partikel pula menjadi salah satu parameternya, ukuran partikel material yang lebih kecil atau lebih halus diantisipasi untuk memungkinkan tindakan pengisian yang lebih halus dan mengurangi viskositas melalui pengetahuan tentang *Semi Solid Metal Processing* (SSMP). Meskipun demikian, sejumlah percobaan telah menunjukkan bahwa suhu-termasuk suhu penuangan, suhu alat, dan laju pendinginan-memiliki dampak yang signifikan terhadap ukuran partikel.

2.9 Artificial Aging

Menurut [19] memanaskan kembali larutan padat jenuh ke suhu di bawah garis solvus dan membiarkannya untuk sementara waktu, disebut sebagai *artificial aging*. Struktur mikro dan kemampuan ekstrusi sebagian besar ditentukan oleh komposisi kimianya, pengaturan perlakuan panas, dan kondisi pengecoran. Hal ini menunjukkan bahwa prosedur perlakuan panas tertentu dapat digunakan untuk memodifikasi karakteristik paduan aluminium tertentu. Ada dua metode untuk melakukan perlakuan panas: pemanasan larutan dan *artificial aging*. Pengerasan yang dilakukan pada *artificial aging* pada spesimen aluminium 6061 di sekitar suhu 160°C - 200°C [20].



Gambar 2.12 *Aging Oven* (microrheometer.com)

2.10 *Quenching*

Salah satu metode untuk mengubah struktur logam adalah *quenching*, yang melibatkan pemanasan spesimen dalam tungku listrik untuk jangka waktu tertentu untuk menyebabkan rekristalisasi dan kemudian mendinginkannya dalam media pendingin seperti air, minyak, atau udara. media pendingin, termasuk air, minyak, dan udara. Kekerasan baja dimaksudkan untuk ditingkatkan melalui teknik ini tanpa mempengaruhi susunan kimiawi logam secara keseluruhan. mengubah susunan kimiawi secara keseluruhan. Untuk mencapai karakteristik yang diperlukan, prosedur ini melibatkan pemanasan hingga austenisasi dan kemudian pendinginan dengan kecepatan tertentu [25].

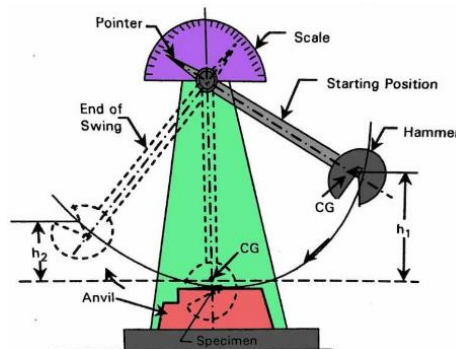
Kapasitas pendinginan media *quenching* sangat penting dalam proses perlakuan panas karena berkontribusi dalam memenuhi persyaratan pengerasan minimum untuk bagian atau bagian yang sedang perlakuan. Potensi ukuran tingkat intensitas pendinginan dapat disesuaikan dengan beberapa faktor seperti: media *quenching* yang digunakan, pengontrolan agitasi, dan penambahan *quenchant*. *Quenching* dapat menyebabkan perubahan ukuran dan bentuk yang signifikan, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya retak (*quench cracking*). Meskipun pendinginan air lebih murah daripada pendinginan oli, sehingga ketika *quenching* pada baja dengan media air lebih murah daripada baja yang menggunakan media oli. Namun penting untuk meninjau kembali bagian yang akan dikeraskan dengan teliti untuk menentukan apakah jumlah distorsi dan keretakan akan sesuai dengan biaya yang lebih rendah. *Quenchant* alternatif, seperti minyak, garam, dan polimer air sintesis, mungkin membutuhkan baja paduan yang lebih tinggi untuk memenuhi kriteria pengerasan [6].



Gambar 2.13 *Quenching Process* (hanbonforge.com)

2.11 Uji Impak

Pengujian impak dapat menilai kualitas patahan logam, termasuk keuletan dan kerapuhan. Uji tumbukan menentukan kualitas, ketangguhan, dan sensitivitas suatu material. Pengujian sering kali melibatkan penggunaan keramik, polimer, dan komposit industri logam. Kerusakan pada benda uji berlekuk terjadi ketika alat berat ditabrak pada jarak tertentu peletakan. Pengujian ini mengukur jumlah energi yang diserap oleh spesimen yang disiapkan [24]. Uji ketangguhan menentukan kerapuhan atau keuletan material. Temuan pengujian tidak langsung mencerminkan status fraktur spesimen. Uji Impak biasanya digunakan untuk polimer, keramik, dan material komposit di sektor manufaktur logam. Menabrak benda yang berat dapat menyebabkan kerusakan pada hasil pengujian. Tes ini menilai energi yang diserap oleh spesimen setelah fabrikasi atau pengelasan. Prinsip Uji Tumbukan melibatkan pengukuran gaya potensial yang diterima oleh material dari palu atau alat berat yang jatuh dari prosedur atau spesimen tertentu [2].

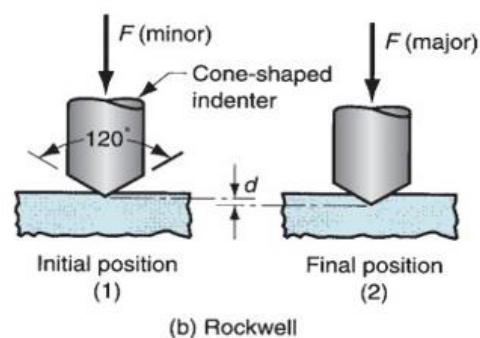


Gambar 2.13 Alat Uji Impak (anakteknik.co.id)

Spesimen uji tarik ini memiliki ujung yang lebih besar untuk mencengkran. Bagian pengukur adalah komponen yang paling penting dari spesimen. Bagian pengukur memiliki luas penampang yang lebih kecil daripada bagian material lainnya, yang menyebabkan distorsi dan kegagalan lokal. Pengukuran dilakukan di sepanjang panjang pengukur, yang berpusat di bagian yang diperpendek. Untuk memungkinkan terjadinya deformasi di dalam bagian pengukur, jarak antara ujung dan bahu harus cukup. Selain itu, panjang pengukur harus lebih besar dari diameter. Jika tidak, kondisi tegangan akan menjadi lebih rumit daripada sekadar tegangan.

2.12 Uji Kekerasan

Istilah "kekerasan" memiliki beberapa arti yang berbeda. Dalam industri logam ini dapat dianggap sebagai ketahanan terhadap deformasi yang tidak dapat diubah. Bagi ahli metalurgi, ini menunjukkan ketahanan terhadap penetrasi, insinyur pelumasan menyebutnya sebagai ketahanan aus. Untuk insinyur desain, ini adalah ukuran tegangan aliran. Ahli mineralogi menyebutnya sebagai ketahanan gores, sedangkan ahli mesin menyebutnya sebagai ketahanan pemesinan. Kekerasan juga dapat disebut sebagai tekanan kontak rata-rata. Kualitas ini terkait dengan aliran plastis dan tegangan material.



Gambar 2.14 Uji Kekerasan (dynatech-int.com)

Kekerasan suatu bahan sering didefinisikan sebagai ketahanannya terhadap lekukan permanen. Sebuah indenter didorong ke permukaan logam dan diuji di bawah kekuatan tertentu untuk interval waktu tertentu. Ukuran atau kedalaman lekukan kemudian diukur. Uji kekerasan menilai kesesuaian

material untuk aplikasi atau perlakuan tertentu. Uji kekerasan banyak digunakan untuk memeriksa logam dan paduan karena kesederhanaannya. Adapun macam macam uji kekerasan seperti: *Rockwell*, *Brinell*, *Knoop*, dan *Vickers* [4].

2.13 Uji Metalografi (Struktur Mikro)

Teknik pemeriksaan makroskopis biasanya digunakan dalam kontrol kualitas, analisis kegagalan, dan proyek penelitian. Meskipun pendekatan ini sering digunakan sebelum analisis mikroskopis, pendekatan ini juga dapat digunakan sebagai kriteria kontrol kualitas untuk persetujuan atau penolakan. Banyak metode destruktif dan non-destruktif yang tersedia. Pendekatan yang paling sederhana adalah dengan memeriksa permukaan secara visual untuk mengetahui adanya jahitan, putaran, atau penskalaan. Menentukan struktur mikro yang tepat dari suatu bahan sangat penting untuk memahami komposisi, struktur, dan kualitasnya. Setelah memoles bahan dengan perbedaan yang signifikan dalam pemantulan cahaya, maka dimungkinkan untuk mengamati struktur mikro yang diinginkan atau fitur spesifik di bawah penyinaran bidang terang tanpa memerlukan perlakuan tambahan, seperti etsa. Dalam kondisi seperti dipoles, konstituen dengan perbedaan pantulan minimal 6 hingga 8% dari satu sama lain, atau matriks dapat dengan mudah dipisahkan [22].

Beberapa cara dapat membuat *etched* dalam pemeriksaan struktural. Larutan etsa kimia standar secara rutin digunakan, tetapi proses tambahan termasuk anodisasi, elektrolitik, dan etsa potensiostatik. Teknik berbasis panas, seperti pewarnaan dan etsa, dapat diterapkan secara luas. Film interferensi dapat diproduksi melalui pewarnaan panas, kontras gas, etsa warna, atau pengendapan uap dari bahan yang tidak menyerap dengan indeks bias tinggi untuk meningkatkan visibilitas komponen mikrostruktur. Etsa adalah proses korosi terkendali yang disebabkan oleh aksi elektrolitik antara daerah permukaan dengan potensi yang berbeda-beda. Etsa elektrolitik menargetkan perbedaan struktural pada permukaan sampel. Aktivitas elektrolitik muncul dari fisik lokal atau heterogenitas kimiawi dapat

menyebabkan fitur tertentu menjadi anodik sementara yang lain menjadi katodik selama etsa[22].