

## **BAB II**

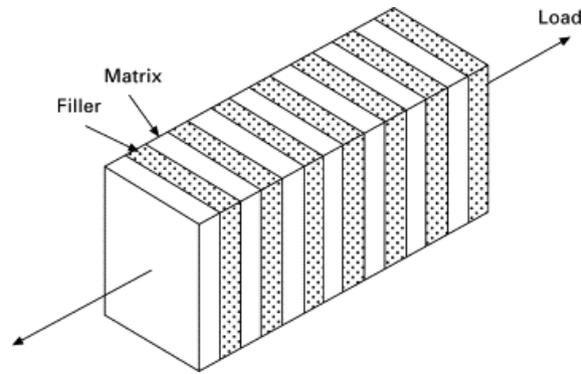
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Komposit**

Komposit merupakan sebuah material yang terdiri atas dua bahan atau lebih. Material ini memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari bahan pembentuknya. Komposit adalah bahan yang memiliki sifat heterogen. Bahan penyusun komposit memiliki sifat yang berbeda dan ketika digabungkan, terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan dalam komposisi tertentu [4].

*Composite* (komposit) memiliki arti dari kata “*to compose*” yang artinya merupakan gabungan atau susunan. Komposit merupakan bahan yang terbentuk berdasarkan penggabungan dua atau lebih material melalui campuran tidak homogen dari material yang berbeda sebagai pembentuknya. komposit terdiri dari dua atau lebih bahan dengan sifat kimia dan fisik yang berbeda. Material komposit digunakan untuk meningkatkan sifat material dasarnya. Komposit dibuat untuk meningkatkan nilai kekerasan, nilai kelenturan dan meningkatkan material yang tahan terhadap tegangan regangan yang tinggi.

Material komposit tersebut mempertahankan sifatnya, yaitu saling tidak larut atau proses penggabungan secara homogen antara bahan satu dengan yang lainnya. Komposit merupakan hasil dari penggabungan bahan matriks atau pengikat yang diperkuat, Material terdiri atas bahan utama sebagai pengikat dan bahan pendukung sebagai penguat. Bahan penguat dapat dibentuk serat, partikel, serpihan atau dapat berbentuk yang lain. Penguat adalah salah satu material yang digabungkan dengan matrik, penguat berfungsi untuk menambah *mechanical properties* yakni untuk memperkuat dari material tersebut [5].



**Gambar 2.2** Struktur Komposit

(sumber : ScienceDirect.com)

Sesuai dengan gambar diatas, struktur komposit terdiri dari penguat (*reinforcement*) dan matrik (*matrix*). *Reinforcement* atau penguat adalah salah satu bagian komposit yang mempunyai peran sebagai penguat atau pengisi. Pada umumnya, *reinforcement* hanya berada pada komposisi tidak lebih dari 50%. Mengapa tidak lebih dari 50%, hal ini disebabkan karena jika terlalu banyak penguat menyebabkan menurunnya sifat komposit yang dihasilkan serta ikatan antara matriks dan juga penguat akan tidak maksimal. *Reinforcement* memiliki fungsi sebagai penguat *matrix*. *Matrix* (matrik) sendiri merupakan bagian terbesar dari sebuah bahan komposit yang akan ditingkatkan *mechanical properties*nya. Oleh karena itu, penambahan komposisi dari penguat tidak boleh lebih dari 50%.

Matrik berperan sebagai pelapis serat. Biasanya matriks terdiri dari bahan-bahan lunak dan liat. Pemilihan bahan matriks dan serat sangat berpengaruh dalam menentukan sifat mekanik dan komposit. Gabungan matriks dan serat menghasilkan komposit dengan kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi. Matrik adalah lapisan berkelanjutan yang mengelilingi fase terdispersi yang berperan sebagai pengisi. Dalam material komposit, matrik adalah fase kontinu yang mengelilingi dan mengikat bahan penguat. Matrik memiliki peran penting dalam menentukan keseluruhan sifat komposit, matrik juga berfungsi untuk melindungi serat serta mentransfer tegangan ke serat. Matrik juga membentuk ikatan kohesi antara serat dan permukaan matrik. [6].

## 2.2 Aluminium

Aluminium merupakan sebuah material yang memiliki bobot ringan, dengan mempunyai kelebihan yakni tahan terhadap korosi serta mempunyai penghantar Listrik yang baik. Aluminium adalah unsur ketiga yang paling melimpah di kerak bumi, tetapi karena sangat reaktif dengan unsur lain, aluminium tidak ditemukan dalam keadaan asli. Aluminium adalah salah satu logam yang paling ringan. Aluminium bersifat ulet dan Aluminium, juga dikenal sebagai logam yang memiliki banyak sifat yang baik. Aluminium juga memiliki titik leleh pada suhu  $660,37^{\circ}\text{C}$  ( $1220,66^{\circ}\text{F}$ ) [11]. Aluminium memiliki konduktivitas termal yang tinggi, karena itu mampu mentransfer panas dengan cepat dan efisien, membuatnya berguna dalam berbagai aplikasi suhu tinggi. Aluminium memiliki karakteristik sebagai logam ringan dengan densitas  $2,7\text{ g/cm}^3$  [7].



**Gambar 2.1** Alumunium

(sumber : Alibaba.com)

Aluminium tidak berbentuk logam karena adhesi kuat oksigen secara kimia oksigen. Aluminium (Al) adalah unsur kimia yang muncul dalam grup 13 (IIIa, atau kelompok boron) dari tabel periodik. aluminium adalah unsur logam yang paling melimpah di kerak Bumi dan logam *non ferrous* yang paling banyak digunakan. logam non-ferrous tidak mengandung besi dan tidak bersifat magnetik, sedangkan logam ferrous mengandung besi dan bersifat magnetik. [8].

Aluminium murni kurang penting dalam aplikasi teknik karena kekuatannya yang rendah, tetapi paduannya memiliki sifat yang jauh lebih baik. Karena ringan, paduan aluminium banyak digunakan dalam aplikasi transportasi. Perlakuan pengendapan adalah perlakuan panas yang paling

umum diterapkan pada paduan aluminium yang menghasilkan partikel yang sangat halus dari larutan padat jenuh dan berada dalam koherensi dengan fase matriks. Metode untuk meningkatkan kekuatan aluminium meliputi pengerasan regangan dan perlakuan panas. Cara lainnya adalah dengan menambahkan unsur lain pada aluminium, seperti tembaga, mangan, silikon, magnesium, seng, dan nikel. [9]

### 2.3 Klasifikasi Aluminium

Berdasarkan *American National Standard Institute* (ANSI) dan *Aluminium Association* (AA), sistem modifikasi paduan aluminium yakni menggunakan empat digit/angka, dimana angka pertama menyatakan unsur utama paduan (dominan) yang terkandung.

Aluminum, 99.00 percent and greater .....	1xxx
Aluminum alloys grouped by major alloying elements	
Copper .....	2xxx
Manganese .....	3xxx
Silicon .....	4xxx
Magnesium .....	5xxx
Magnesium and silicon .....	6xxx
Zinc .....	7xxx
Other element .....	8xxx
Unused series .....	9xxx

**Gambar 2.2** Sistem Penamaan Aluminium

(sumber : ScienceDirect.com)

Pada paduan aluminium, terdapat penomoran sebanyak empat digit yang dimana pada setiap digitnya memiliki arti tersendiri. Pada nomor pertama menunjukkan paduan yang terkandung pada aluminium. Pada nomor kedua menandakan tentang perubahan yang terdapat pada paduan aluminium, paduan dasar dilambangkan dengan angka “0” sedangkan paduan dengan ubahan lebih lanjut dilambangkan dengan angka “1 - 9” bergantung dengan ubahannya atau ketidak murniannya. Sedangkan pada dua nomor terakhir menandakan tingkat dari kandungan aluminium pada paduan tersebut. Angka keempat yang terletak dibelakang tanda desimal menyatakan bentuk produk [10].

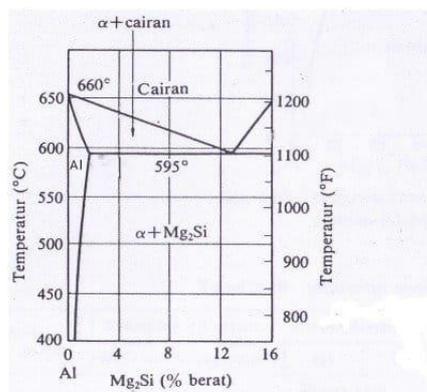
## 2.4 Aluminium 6061

Aluminium 6061 merupakan salah satu jenis paduan aluminium dengan Komposisi paduan aluminium 6061 adalah aluminium (97,9 %), magnesium (1,0 %), silikon (0,6 %), tembaga (0,28 %), kromium (0,2 %), dan sejumlah kecil elemen lainnya. Dalam kasus aluminium 6061, yang merupakan bagian dari seri 6000, angka awal 6 menunjukkan bahwa elemen paduan utama adalah magnesium dan silikon. Beberapa karakteristik aluminium 6061 yakni kemampuan pengelasan yang baik, ketahanan korosi. Secara umum, ketahanan korosi dan kekuatan ditingkatkan melalui pengerasan. Tempering adalah proses meningkatkan karakteristik logam dengan mengenaikannya pada suhu tinggi.

**Tabel 2.1** Komposisi Kimia Al6061

Si	Mg	Fe	Cu	Cr	Zn	Ti	Unsur lain	Al
0,63	0,98	0,19	0,18	0,05	0,10	0,08	0,15	Balance

Selain sifat mekanik, hal yang juga perlu diketahui adalah sifat termal. Hal ini dikarenakan setiap material pasti memiliki karakteristik termalnya masing-masing. Karakterisasi termal suatu bahan melibatkan penentuan sifat termal seperti konduktivitas termal, difusivitas termal, ekspansifitas termal, dan kapasitas panas spesifik untuk memahami bagaimana bahan tersebut merespons perubahan suhu. Berikut adalah diagram fasa dari Al6061.



**Gambar 2.3** Diagram Fasa Al

(sumber : Researchgate.net)

## 2.5 Aluminium Oksida

Alumina, yang juga dikenal sebagai aluminium oksida, adalah senyawa kimia yang terutama terdiri dari molekul oksigen dan aluminium. Ini adalah zat kristal tak berwarna yang ditemukan secara alami dalam berbagai bentuk.

Ini juga berfungsi sebagai bahan baku untuk berbagai produk keramik canggih dan sebagai agen aktif dalam proses kimia. Alumina adalah bahan serbaguna dengan berbagai aplikasi industri karena sifat fisik dan kimianya yang luar biasa. Salah satu karakteristik penting dari alumina adalah titik lelehnya yang tinggi, yang memainkan peran signifikan dalam menentukan kegunaannya di berbagai bidang. Titik lebur alumina adalah 2.072 derajat Celsius (3.762 derajat Fahrenheit) yang mengesankan. Titik lebur yang sangat tinggi ini adalah hasil dari ikatan kuat yang terbentuk antara atom aluminium dan oksigen dalam struktur kisi kristal alumina. Ikatan kovalen antara atom-atom memerlukan sejumlah besar energi untuk diputuskan, yang menyebabkan suhu tinggi diperlukan agar material tersebut bertransisi dari keadaan padat ke keadaan cair. Alumina sebagai penguat memiliki kelebihan yakni nilai kekerasan yang baik. Aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) sering digunakan sebagai filler dari suatu komposit karena mempunyai sifat kekakuan tinggi, kekuatan tinggi, Ketahanan aus yang baik serta konduktivitas termal yang baik [13].



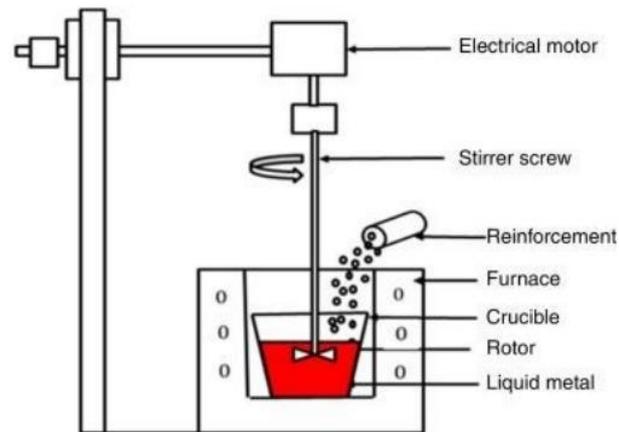
**Gambar 2.3** Aluminium Oksida

(sumber : nichefusedalumina.com)

## 2.6 *Stir Casting*

*Stir casting* adalah metode yang banyak digunakan untuk membuat *Metal Matrix Composites (MMC)* dengan memasukkan partikel penguat ke dalam matriks logam cair melalui pengadukan mekanis. Komposit cair kemudian dicetak dengan metode pengecoran konvensional. Sifat-sifat yang dihasilkan dengan menggunakan metode *stir casting* akan tergantung pada parameter pemrosesan seperti suhu leleh, kecepatan pengadukan, durasi pengadukan, geometri pengaduk, dan ukuran wadah yang akan mempengaruhi distribusi

penguat dalam matriks. *Stir casting* mempunyai kelebihan yakni dari segi biaya yang relatif murah, memungkinkan menggabungkan dua bahan dengan densitas berbeda, dan cocok untuk produksi dengan skala yang besar. Tetapi *stir casting* juga memiliki beberapa kekurangan. Kelemahan utama dari *stir casting* adalah terciptanya porositas pada komposit akhir. kantong-kantong udara atau rongga kecil ini dapat secara signifikan membahayakan integritas struktural material.

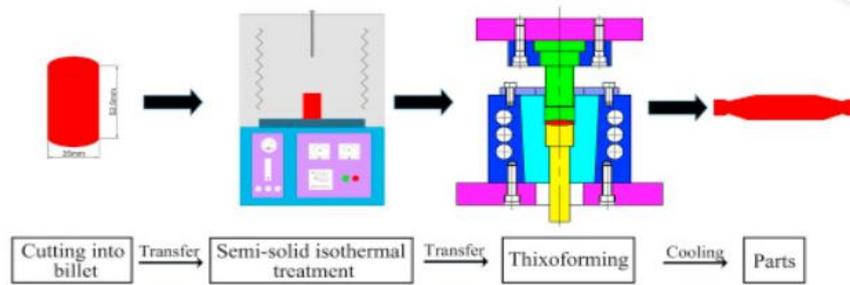


**Gambar 2.4** *Stir casting*

(sumber : nichefusedalumina.com)

## 2.7 *Thixoforming*

*Thixoforming* merupakan suatu proses pembentukan yang memanfaatkan perilaku reologi logam pada rentang temperatur solid dan liquid. Banyak penelitian di bidang *thixoforming* berfokus pada bahan mentah yang digunakan untuk menghasilkan sifat mekanik yang unggul dan komponen sifat mampu bentuk yang sangat baik, terutama di industri otomotif. Selain itu, proses *thixoforming* juga menghasilkan lebih sedikit komponen cacat pengecoran seperti makrosegregasi, penyusutan dan porositas. Keunggulan ini cukup untuk menarik lebih banyak pekerjaan eksplorasi operasi *thixoforming*. Namun kelemahan proses ini seperti tingginya biaya produksi akibat sisa billet yang tidak dapat didaur ulang, mendorong peneliti berupaya mengatasi keterbatasan *thixoforming* dengan menggunakan berbagai metode [14].



**Gambar 2.3** *Thixoforming*

(sumber : ScienceDirect.com)

Sesuai dengan gambar diatas, *thixoforming* menggunakan bahan *semi solid* pada temperatur antara temperatur *liquidus* dan juga *solidus*. Lalu dimasukkan kedalam sebuah tabung (ruang injeksi) untuk didorong masuk kedalam rongga cetakan dengan kecepatan dan tekanan injeksi tertentu sesuai dengan standar. . Tujuan dari pembentukan pada rentang temperatur solidus dan liquidus yaitu untuk menciptakan struktur nondendritic atau struktur yang bundar, sehingga dapat menghasilkan sifat komponen yang lebih baik jika dibandingkan dengan komponen yang dibentuk dengan pengecoran konvensional. struktur mikro yang terbentuk memiliki butiran yang lebih halus dan berseragam [15]

## 2.8 Uji Impak

Pengujian impak adalah pengujian ketangguhan pada spesimen yang terbuat dari material logam dan komposit. Pengujian ini digunakan untuk mempelajari ketangguhan material. Ketangguhan material adalah faktor kemampuannya untuk menyerap energi selama deformasi plastis. Material yang rapuh memiliki ketangguhan yang rendah sebagai akibat dari sedikitnya deformasi plastis yang dapat mereka tahan., yang diukur berdasarkan energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen melalui ayunan. Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menilai kekerasan, keuletan, dan kekuatan pada suatu material. Oleh karenanya uji impak sering diterapkan dalam pengujian sifat mekanik material. Pengujian impak merupakan metode yang digunakan untuk mengukur ketangguhan material, yaitu kemampuan material dalam menyerap energi dan menahan beban kejut atau benturan mendadak

sebelum mengalami patah atau retak. Uji ini umumnya digunakan untuk menilai bagaimana suatu material akan bereaksi terhadap kondisi benturan atau beban dinamis.. Pada pengujian impak Besaran yang diukur dalam pengujian ini adalah nilai impact, yaitu kerja per satuan luas. Secara umum, bahan cenderung menunjukkan sifat getas pada suhu rendah. Melalui pengujian impact, suhu transisi dari sifat ulet ke sifat getas dapat ditentukan. Adapun untuk uji impak dilakukan dengan memberi *notch* pada benda yang akan di uji. [16]



**Gambar 2.4** Pengujian Impak

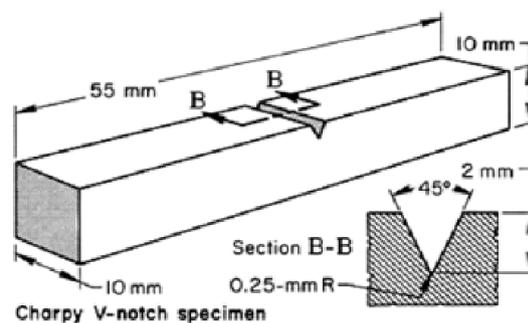
(sumber : mtmspune.com)

Alat uji impak biasanya terdiri dari beberapa komponen utama yang dirancang untuk melakukan pengujian dengan akurasi tinggi. Komponen-komponen ini termasuk lengan ayun atau pendulum, sistem pengunci spesimen, dan mekanisme untuk mengukur energi yang diserap selama pengujian. Masing-masing komponen berperan penting dalam memastikan bahwa hasil pengujian impak dapat diandalkan dan tepat.

Pendulum adalah salah satu komponen utama yang berfungsi untuk menghantam spesimen. Palu pendulum diayunkan dari ketinggian tertentu dan memukul spesimen untuk menghitung energi yang diserap selama patahan. Energi awal dari pendulum dihitung dari tinggi dan massa pendulum. Anvil merupakan bidang vertikal pada pendulum impact tester, yang menjadi sandaran spesimen selama pengujian. Pada uji jenis Charpy, spesimen diletakkan secara horizontal, lalu untuk pengujian jenis Izod, spesimen diletakkan secara vertikal. Sistem Pengukur Energi (*Energy Scale/Indicator*): Sistem ini mengukur energi yang terserap selama

pengujian, biasanya dalam satuan joule. Setelah spesimen patah, sisa energi dari pendulum tercatat dan dibandingkan dengan energi awal untuk menentukan energi yang diserap oleh spesimen. Sistem Pengatur Sudut dan Tinggi Pendulum: Alat ini memungkinkan pengaturan tinggi atau sudut pendulum untuk memastikan energi yang sesuai diterapkan selama pengujian. Tuas Pengunci dan Pelepas (*Clamping and Release Mechanism*): Ini adalah mekanisme untuk menahan dan melepaskan pendulum dengan tepat dari posisi awal. Ini memastikan bahwa pengujian dilakukan dengan konsisten.

Ukuran dan bentuk spesimen uji terstandar merupakan specimen uji yang proporsional, dan yang tidak terstandar disebut juga spesimen uji non proporsional. Ukuran dimensi dari spesimen uji tarik mengacu pada standar yang digunakan, yakni standar ASTM E23. Standar ASTM E23, standar pengujian yang diterbitkan oleh ASTM International yang menetapkan prosedur untuk melakukan pengujian impact pada material metalik menggunakan metode Charpy dan Izod.

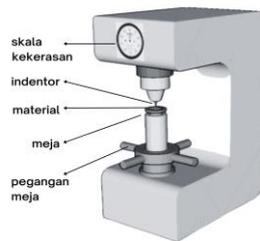


**Gambar 2.5 Spesimen Pengujian Tarik**

(sumber : astm.org)

## 2.9 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan memiliki tujuan untuk menentukan tingkat kekerasan bahan logam. Metode yang digunakan dalam pengujian kekerasan ini telah distandarisasi menjadi tiga metode utama, yaitu penekanan, goresan, dan dinamik. Dari ketiga metode tersebut, metode penekanan paling umum digunakan di industri permesinan. Metode penekanan ini terbagi menjadi tiga jenis pengujian, yaitu metode Rockwell, Brinell, dan Vickers. [17]



**Gambar 2.6** Pengujian kekerasan

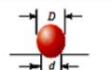
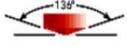
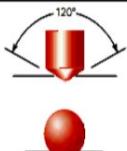
(sumber : ScienceDirect.com)

Metode uji Rockwell digunakan pada semua logam, kecuali dalam kondisi di mana struktur logam uji atau kondisi permukaan akan menyebabkan variasi yang terlalu besar, di mana lekukan akan terlalu besar untuk aplikasi atau di mana ukuran sampel atau bentuk sampel kurang. Metode Rockwell mengukur kedalaman permanen dari lekukan yang dihasilkan oleh gaya/beban pada sebuah indenter. Langkah pertama diterapkan pada sampel menggunakan indenter berlian atau bola baja. Setelah dilakukan pembebanan, kedalaman indentasi akhir diukur. Nilai kekerasan Rockwell diperoleh dari selisih antara pengukuran kedalaman dasar dan kedalaman akhir. Jarak ini dikonversi menjadi angka kekerasan. Dari ketiga metode pengujian kekerasan tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing, serta perbedaan dalam menentukan angka kekerasannya. metode Rockwell lebih menitikberatkan pada pengukuran kedalaman hasil penekanan atau indenter yang meninggalkan bekas (indentasi) pada benda uji

Metode uji kekerasan Vickers, yang juga disebut metode uji mikrohardeness, digunakan untuk objek kecil, bagian tipis, serta pekerjaan kedalaman kasus. Karena indentasi kecil dalam uji Vickers, metode ini dapat menguji bahan yang sangat tipis seperti foil, bagian kecil, area kecil, atau permukaan suatu bagian. Metode uji Rockwell sering digunakan untuk logam, sedangkan Vickers cocok untuk material yang lebih halus seperti keramik atau lapisan tipis. [17].

Pengujian kekerasan (*hardness test*) memiliki fungsi yakni untuk mengukur ketahanan material terhadap deformasi permanen di permukaannya, dengan menekan material yang lebih keras ke dalamnya.

Khusus untuk logam deformasi yang di maksud adalah deformasi plastis. Deformasi plastis merupakan satu keadaan dari material yang pada saat diberikan gaya maka struktur mikronya tidak akan kembali lagi ke bentuk semula [17].

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number <sup>a</sup>
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			$P$	$HB = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			$P$	$HV = 1.854P/d^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			$P$	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	Diamond cone 1/16, 1/8, 1/4 in. diameter steel spheres			60 kg 100 kg 150 kg 15 kg 30 kg 45 kg	Rockwell Superficial Rockwell

**Gambar 2.7** Jenis Pengujian kekerasan

(sumber : Fentje Abdul Rauf, 2018)

## 2.10 Uji Metalografi

Uji metalografi dapat didefinisikan sebagai ilmu dan seni mempelajari mikrostruktur berbagai logam dan paduan logam. Metalografi adalah studi tentang struktur dan komposisi logam dan paduan. Jenis-jenis tes ini digunakan untuk mengevaluasi fitur mikroskopis dari sampel logam, seperti sifat kimia, perilaku mekanik dan fisik, serta mikrostruktur. Dalam metalografi testing terdapat dua macam, yakni uji mikro dan uji makro. Hasil yang dapat diperoleh dari pengujian metalografi meliputi butiran kristal, homogenitas, senyawa mikro, inklusi, cacat, dan regangan. Sebelum menjalani pengujian metalografi, langkah-langkah persiapan sampel perlu dilakukan agar hasilnya optimal, termasuk proses pemotongan, penamaan, pemasangan, pengamplasan, poles, etsa, membersihkan, dan mengeringkan sampel [18].



**Gambar 2.8** Metalografi  
(sumber : ostenco.co.id)

### 2.11 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian kali ini , terdapat penlitian sebelumnya yang dapat dijadikan sebagai refrensi. Refrensi tersebut dapat digunakan sebagai acuan serta tolak ukur dalam melakukan penelitian kali ini.

No	Nama Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Adi Ganda putra <i>et al</i>	2022	<i>The effect of Ca and Thixoforming procces on hardness and microstructure of Mg-Al-Zn alloys</i>	Pada hasil penelitian tersebut, nilai kekerasan pada proses thixoforming mengalami kenaikan dibandingkan dengan sampel as cast.
2	Saziana Samat <i>et al</i>	2020	<i>Mechanical Properties and Microstructures of a Modified Al-Mg-Si Alloy Prepared by Thixoforming Process for Automotive Connecting Rods</i>	Sifat mekanik dari hasil <i>thixoforming</i> meningkat sebesar 103 HV pada kekerasan, dan 250 Mpa pada kekuatan tariknya.