

BAB II

TINJAUN PUSTAKA

2.1 Pengertian Material

Material adalah substansi atau zat yang digunakan untuk membuat, membentuk barang atau bahan lainnya dalam berbagai konteks material, dapat merujuk kepada bahan-bahan seperti logam, plastik, karet, kayu, kaca, atau komposit, yang memiliki sifat-sifat fisik dan kimia tertentu yang mendefinisikan cara mereka digunakan, diproses, dan berinteraksi dengan lingkungan atau aplikasi tertentu.

Material dengan kombinasi sifat-sifat mekanis yang tidak ditemukan pada material konvensional seperti logam, keramik, polimer sangat diperlukan (Mizhar and Fauzi 2016). Bahan material merupakan kebutuhan bagi manusia mulai zaman dahulu sampai sekarang kehidupan manusia selalu berhubungan dengan kebutuhan bahan seperti pada transportasi, rumah, pakaian, komunikasi, rekreasi, produk makanan dan sebagainya.

2.2 Sifat-Sifat Material

Material memiliki sifat diantaranya sifat mekanik yaitu sifat yang menyatakan kemampuan suatu material / komponen untuk menerima beban (Hidayat 2019), gaya dan energi tanpa menimbulkan kerusakan pada material/komponen tersebut.

2.2.1 Sifat Mekanik

Adapun sifat mekanik adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan (*strength*) Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung.
2. Kekakuan (*stiffness*) Adalah kemampuan suatu material untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi atau difleksi.
3. Kekenyalan (*elasticity*) Didefinisikan sebagai kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan dengan kata lain kemampuan material untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah mengalami deformasi (perubahan bentuk).
4. Plastisitas (*plasticity*) Adalah kemampuan material untuk mengalami deformasi plastik (perubahan bentuk secara permanen) tanpa mengalami kerusakan. Material yang mempunyai plastisitas tinggi dikatakan sebagai material yang ulet (*ductile*) sedangkan material yang mempunyai plastisitas rendah dikatakan sebagai material yang getas (*brittle*).
5. Keuletan (*ductility*) Adalah suatu sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material *ductile* ini harus kuat dan lentur. Keuletan biasanya diukur dengan suatu periode tertentu, persentase keregangan. Sifat ini biasanya digunakan dalam bidang perteknikan, dan bahan yang memiliki sifat ini antara lain besi lunak, tembaga, aluminium, nikel, dll.

6. Ketangguhan (*toughness*) Merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.
7. Kegetasan (*brittleness*) Adalah suatu sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kerapuhan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit pergeseran permanent. Material yang rapuh ini juga menjadi sasaran pada beban regang, tanpa memberi regangan yang terlalu besar. Contoh bahan yang memiliki sifat kerapuhan ini yaitu besi cor.
8. Kelelahan (*fatigue*) Merupakan kecenderungan dari logam untuk menjadi patah bila menerima beban bolak-balik (*dynamic load*) yang besarnya masih jauh di bawah batas kekakuan elastiknya.
9. Melar (*creep*) Merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik bila pembebanan yang besarnya relatif tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi.
10. Kekerasan (*hardness*) Merupakan ketahanan material terhadap penekanan atau indentasi / penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (*wear resistance*) yaitu ketahanan material terhadap penggoresan atau pengikisan.

2.2.2 Sifat Fisik

Adalah sifat yang berkaitan dengan karakteristik fisik atau kondisi dari material:

a.) Titik Cair.

Titik cair material adalah suhu dimana material tersebut berubah dari padat menjadi cair.

b.) Konduktivitas panas dan listrik.

Konduktivitas panas adalah kemampuan material untuk menghantarkan panas, sementara konduktivitas listrik adalah kemampuan material untuk menghantarkan arus listrik.

c.) Massa Jenis.

Massa jenis material adalah rasio antara massa dan volume. Ini menunjukkan seberapa padat suatu material.

d.) Warna.

Warna pada material tergantung pada bagaimana material tersebut menyerap dan memantulkan cahaya.

e.) Ketahanan Korosi.

Ketahanan korosi pada material adalah kemampuan suatu material untuk menahan kerusakan akibat reaksi kimia dengan lingkungan, seperti oksidasi atau pembentukan karat.

2.2.3 Sifat Teknologi

Sifat teknologi diantaranya adalah :

- a.) Mampu Mesin: Kemampuan suatu material untuk di potong, dengan menggunakan alat – alat potong (pahat, gergaji, kikir, dan gerinda).
- b.) Mampu Cor: Kemampuan suatu material untuk dicairkan dan dituang ke dalam cetakan tanpa adanya cacat (cacat seperti : patah, retak, porositas, dan segregasi).
- c.) Mampu Las: Kemampuan suatu material untuk disambung dengan menggunakan panas tanpa adanya cacat seperti (fasa keras, retak, dan distorsi).

d.)Mampu Bentuk: Kemampuan suatu material untuk dideformasi plastis dengan tidak terjadinya necking dan beban yang diperlukan rendah. (necking adalah pengecilan penampang pada saat deformasi plastis berlangsung).

2.3 Aluminium Paduan

Aluminium paduan adalah logam dengan unsur logam utama aluminium. Selain aluminium, paduan ini biasanya mengandung tembaga, beryllium, magnesium, mangan, silikon, seng, dan timah. Aluminium paduan digunakan secara luas dalam struktur dan komponen perteknikan yang membutuhkan bobot ringan dan ketahanan terhadap karat. Secara garis besar, paduan ini dapat dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu paduan cetak dan paduan Wrought, dan dapat dibedakan lagi antara logam yang bisa diberi perlakuan panas dan tidak. (Wikipedia 2012)



Gambar 2.1 Aluminium paduan
Sumber : *(Asi Wulan 2011)*

Paduan dengan unsur utama aluminium sangat penting dalam industri dirgantara sejak penemuan pesawat berkulit logam. Paduan aluminium dan magnesium lebih ringan daripada paduan aluminium yang lain dan lebih tahan api daripada paduan lain yang mengandung magnesium dengan persentase tinggi.

2.3.1 Definisi dan klasifikasi aluminium paduan

Aluminium adalah logam yang paling melimpah di dunia dan merupakan unsur paling umum ketiga yang mencakup 8% kerak bumi. Fleksibilitas aluminium menjadikannya logam yang paling banyak digunakan setelah baja. (Wisnujati and Sepriansyah 2018)

Klasifikasi Aluminium Paduan:

1. Paduan aluminium seri 1xxx.

Komposisi :lebih dari 99% aluminium murni.

Sifat :sangat tahan korosi, konduktivitas termal dan listrik tinggi, namun kekuatan mekanis rendah.

Aplikasi : industri kimia, listrik, dan makanan.

2. Paduan aluminium seri 2xxx.

Komposisi :utamanya mengandung tembaga.

Sifat :kekuatan tinggi, keuletan rendah, dan ketahanan korosi kurang baik dibandingkan dengan seri lainnya.

Aplikasi : industri pesawat terbang dan militer.

3. Paduan aluminium seri 3xxx.

Komposisi :mengandung mangan (sekitar 1-1.5%).

Sifat :kekuatan sedang, ketahanan korosi baik, kemampuan pengerjaan baik.

Aplikasi :peralatan dapur, tangki penyimpanan, dan industri konstruksi.

4. Paduan aluminium seri 4xxx.

Komposisi :mengandung silikon.

Sifat :sifat cor yang baik, ketahanan korosi yang baik, digunakan dalam paduan casting dan las.

Aplikasi :industri otomotif dan bangunan.

5. Paduan aluminium seri 5xxx.

Komposisi : mengandung magnesium.

Sifat :kekuatan tinggi, ketahanan korosi sangat baik, terutama terhadap air laut

Aplikasi : industri kelautan, transportasi, dan konstruksi.

6. Paduan aluminium seri 6xxx.

Komposisi :mengandung magnesium dan silikon.

Sifat :kombinasi kekuatan sedang hingga tinggi, ketahanan korosi baik, mudah dilas dan dibentuk.

Aplikasi :struktur arsitektural, rangka kendaraan, dan pipa.

7. Paduan aluminium seri 7xxx.

Komposisi :mengandung seng.

Sifat :kekuatan sangat tinggi, digunakan untuk aplikasi di mana kekuatan tinggi dan bobot ringan sangat penting, ketahanan korosi rendah.

Aplikasi : industri pesawat terbang, otomotif, dan peralatan olahraga.

8. Paduan aluminium seri 8xxx.

Komposisi :berbagai elemen lainnya seperti litium.

Sifat :bervariasi tergantung pada elemen yang ditambahkan.

Aplikasi :aplikasi khusus termasuk industri listrik dan elektronik.

Klasifikasi ini membantu dalam memilih jenis paduan yang sesuai dengan kebutuhan spesifik industri dan aplikasi tertentu, mengingat bahwa setiap seri paduan memiliki sifat-sifat unik yang mempengaruhi performa dan daya tahan material dalam kondisi tertentu.

2.3.2 Aplikasi Aluminium Dalam Industri

Aluminium adalah logam yang sangat serbaguna dan memiliki banyak aplikasi dalam berbagai industri karena sifatnya yang ringan, tahan korosi, dan mudah dibentuk. Berikut beberapa aplikasi utama aluminium dalam berbagai industri:

1. Industri otomotif.

Aluminium digunakan untuk membuat bagian-bagian kendaraan seperti mesin, roda, dan struktur bodi. Penggunaan aluminium membantu mengurangi berat kendaraan, yang meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang.

2. Industri konstruksi.

Aluminium sering digunakan dalam konstruksi bangunan, terutama untuk fasad, jendela, pintu, dan struktur atap. Keunggulannya meliputi ketahanan terhadap korosi dan kekuatan tinggi relatif terhadap beratnya. Interior Juga digunakan dalam peralatan interior seperti bingkai jendela, tirai, dan berbagai dekorasi.

3. Industri dirgantara.

Aluminium adalah material utama dalam pembuatan pesawat terbang karena ringan dan kuat. Ini digunakan dalam fuselage, sayap, dan berbagai komponen struktural lainnya.

4. Industri kelautan.

Aluminium sering digunakan untuk pembuatan kapal dan perahu karena tahan terhadap korosi air laut dan ringan, yang meningkatkan efisiensi bahan bakar.

5. Industri elektronik.

Perangkat elektronik adalah aluminium digunakan dalam casing perangkat elektronik seperti ponsel, laptop, dan tablet karena ringan dan kemampuan disipasi panas yang baik. Kabel dan Komponen juga digunakan dalam kabel listrik dan komponen lainnya berkat konduktivitas listrik yang baik.

6. Industri pengemasan.

Aluminium foil dan kaleng minuman adalah contoh umum. Aluminium menjaga kualitas produk dengan baik dan bisa didaur ulang.

7. Industri energi.

Jaringan listrik aluminium digunakan dalam jaringan transmisi listrik karena konduktivitasnya yang baik dan lebih ringan daripada tembaga. Panel surya kerangka panel surya sering terbuat dari aluminium karena kekuatannya dan ketahanannya terhadap korosi.

8. Industri medis.

Aluminium dapat digunakan untuk membuat berbagai alat medis seperti tempat tidur rumah sakit, alat bedah, dan peralatan diagnostik karena ringan, tahan korosi, dan mudah dibersihkan.

Keunggulan aluminium dalam berbagai aplikasi industri terutama disebabkan oleh kombinasi sifat-sifat seperti ringan, kekuatan, daya tahan terhadap korosi, dan kemampuannya untuk didaur ulang secara efisien.

2.3.3 Sifat Mekanik Aluminium Paduan

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat ketahanan korosif dan mampu mengalir dengan baik sehingga banyak digunakan dalam aplikasi alat-alat rumah tangga, otomotif maupun industri saat ini. Piston bekas digunakan untuk mendapatkan unsur Si yang cukup tinggi pada piston. Ilmu pengecoran logam terus berkembang pesat di dunia industri. Berbagai macam metode pengecoran telah ditemukan dan disempurnakan, diantaranya pengecoran sentrifugal, pengecoran investasi, dan pengecoran pasir serta masih banyak lagi metode-metode lainnya. Paduan Aluminium akan dicor pada 3 jenis variasi suhu cetakan sehingga dengan perlakuan panas terhadap cetakan logam (*dies*) yaitu 450° C dan 500° C diharapkan mampu memperbaiki sifat getas yang ada pada aluminium (Suratman 2001). Temperatur dari variasi pemanasan suhu cetakan logam (*die casting*) dapat mempengaruhi dari sifat mekanik atau nilai kekuatan tarik dari suatu bahan dalam pembebanan dan sifat fisik atau stuktur mikro pada paduan aluminium hasil peleburan. Pengujian struktur mikro dengan hasil metalografi diperoleh stuktur mikro silikon austenit yang berbentuk jarum dan silikon primer yang berbentuk partikel kecil yang akan meningkatkan ketahanan material aus. Aluminium paduan memiliki berbagai sifat mekanik yang membuatnya ideal untuk berbagai aplikasi teknik dan industri (Wisnujati and Sepriansyah 2018). Beberapa sifat mekanik utama dari aluminium paduan antara lain:

1. Kekuatan Tarik Tinggi.

Aluminium paduan memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi, meskipun lebih ringan dibandingkan dengan baja. Hal ini membuatnya cocok untuk digunakan dalam struktur yang membutuhkan kekuatan namun tetap ringan, seperti pada pesawat terbang dan kendaraan.

2. Ketahanan Korosi.

Aluminium secara alami membentuk lapisan oksida di permukaannya yang melindungi material dari korosi. Paduan aluminium tertentu, seperti seri 5000 dan 6000, menawarkan ketahanan korosi yang sangat baik, membuatnya ideal untuk aplikasi maritim dan lingkungan yang keras.

3. Densitas Rendah.

Aluminium paduan memiliki densitas yang rendah, sekitar sepertiga dari densitas baja. Hal ini memberikan keuntungan dalam aplikasi di mana pengurangan berat adalah faktor penting, seperti dalam industri transportasi dan aerospace.

4. Kekuatan *Fatigue*.

Beberapa paduan aluminium memiliki ketahanan yang baik terhadap *fatigue*, yang berarti mereka dapat menahan beban siklik tanpa mengalami kegagalan material. Ini penting dalam aplikasi seperti komponen pesawat terbang yang mengalami siklus beban berulang.

5. *Ductility* dan *Malleability*.

Aluminium paduan umumnya memiliki keuletan dan kemampuan deformasi yang baik, memungkinkan material untuk ditarik atau ditempa menjadi bentuk

yang diinginkan tanpa retak. Hal ini penting dalam proses manufaktur yang melibatkan pembentukan material.

6. Kemampuan Pengelasan.

Banyak paduan aluminium dapat dilas dengan baik, meskipun ada beberapa yang membutuhkan teknik pengelasan khusus. Seri 5000 dan 6000 adalah contoh paduan yang memiliki kemampuan pengelasan yang baik, membuatnya mudah untuk digunakan dalam konstruksi dan perakitan.

7. Konduktivitas Termal dan Listrik.

Aluminium memiliki konduktivitas termal dan listrik yang tinggi, yang membuatnya ideal untuk aplikasi di mana transfer panas atau listrik diperlukan, seperti dalam radiator, sistem pendingin, dan kabel listrik.

8. Kekerasan.

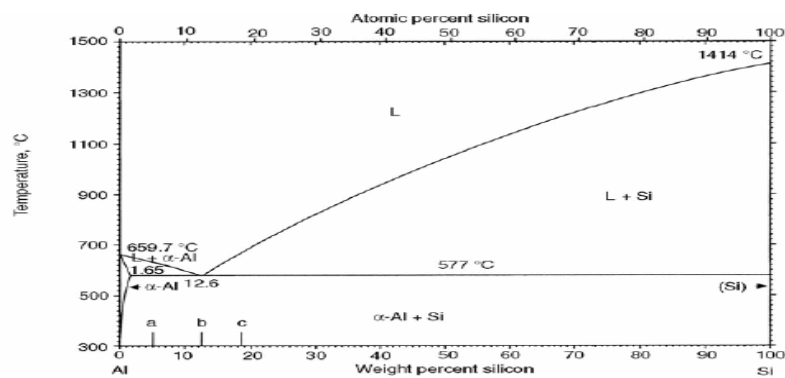
Kekerasan aluminium paduan dapat bervariasi tergantung pada komposisi dan perlakuan panas yang diberikan. Paduan yang diberi perlakuan panas seperti seri 2000 dan 7000 cenderung memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan paduan lainnya.

Dengan sifat-sifat ini, aluminium paduan banyak digunakan dalam berbagai industri termasuk otomotif, aerospace, konstruksi, dan elektronik. Pemilihan jenis paduan yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa material memenuhi kebutuhan spesifik dari aplikasi yang dimaksud.

2.4 Diagram Fasa Aluminium-Silikon

Dalam cairan aluminium, hidrogen larut secara atomik. Selama proses pendinginan, hidrogen berlebih yang terdapat pada aluminium cair akan

mengendap membentuk molekul dan akhirnya mengakibatkan pembentukan porositas, baik porositas primer maupun sekunder. Proses pengendapan hidrogen mengikuti hukum nukleasi dan pertumbuhan fasa selama proses pembekuan. Semakin tinggi temperatur pada paduan aluminium, maka kelarutan hidrogen didalam paduan juga semakin meningkat, seperti yang diperlihatkan dalam kurva kelarutan hidrogen temperatur di bawah ini. (Saifullah 2015)



Gambar 2.3 Diagram Fasa Paduan Aluminium-Silikon
(sumber: Warmuzek, 2004)

2.5 Silikon (Si)

Silikon (Si), salah satu unsur kimia dalam tabel periodik, mengacu pada nomor atomnya, 14-jumlah proton yang ditemukan dalam inti atom. Silikon dapat membentuk 28,3% kerak bumi berdasarkan massa dan terdapat dalam beberapa bentuk atau alotrop, namun silica (silikon dioksida) adalah yang paling umum. Ia memiliki sifat fisik yang merupakan perantara antara karbon dan germanium, sehingga berguna sebagai semikonduktor (Edunitas 2021). Ia juga dikenal sebagai “nonlogam klasik” karena ia memiliki sifat yang mirip dengan logam dalam beberapa hal, namun tidak semuanya.

2.5.1 Sifat Silikon

Silikon padatan kristalin memiliki kilau logam biru keabu-abuan. Meskipun silikon tidak memiliki sifat yang sama dengan unsur-unsur golongan 14 lainnya, germanium dan timah yang merupakan metalloid, silikon dianggap metalloid seperti keduanya.

Silikon mempunyai empat electron valensi dan mudah bereaksi, membentuk senyawa dengan sebagian besar unsur lain (biasanya ikatan kovalen), terutama karbon dan germanium yang lebih ringan, unsur yang lebih berat seperti timbal dan timah, serta kalkogen oksigen, belerang, dan selenium.

1.5.2 Sifat Mekanik Silikon

Menurut Zolotorovsky, 2007 Silikon sebagai paduan utama pada beberapa pengecoran logam mempunyai mampu cor yang baik, hal ini disebabkan oleh pengaruh dari silikon dalam memperbaiki karakteristik pengecoran yang dikombinasikan dengan sifat mekanik dan ketahanan korosi. (Saifullah 2015)

Sifat mekanik silikon mencakup beberapa aspek penting:

1. Kekuatan

Silikon umumnya memiliki kekuatan tarik dan kompresi yang rendah jika dibandingkan dengan logam, tetapi cukup untuk banyak aplikasi teknis dan industri.

2. Kekerasan

Silikon murni cenderung memiliki kekerasan yang rendah. Namun, dalam bentuk silikon karbida atau silikon nitrit, kekerasan material ini bisa sangat tinggi, membuatnya berguna dalam aplikasi abrasif dan potong.

3. Elastisitas

Silikon elastomer (seperti silikon karet) memiliki sifat elastis yang sangat baik, memungkinkan bahan ini kembali ke bentuk semula setelah mengalami deformasi.

4. Ketahanan terhadap suhu

Silikon dapat bertahan pada rentang suhu yang luas, dari suhu sangat rendah hingga sangat tinggi, membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan suhu ekstrem.

5. Kestabilan dimensi

Silikon memiliki kestabilan dimensi yang baik di bawah variasi suhu, yang berarti material ini tidak mudah mengalami perubahan bentuk atau ukuran.

1. Kepadatan

Silikon memiliki kepadatan yang relatif rendah dibandingkan dengan logam, yang membuatnya berguna dalam aplikasi yang memerlukan bahan ringan.

Sifat-sifat ini menjadikan silikon material yang serbaguna, dengan berbagai aplikasi mulai dari elektronik dan teknologi hingga industri otomotif dan medis.

2.5.3 Penggunaan Silikon

Silikon digunakan dalam banyak cara. Beberapa penggunaan spesifik meliputi:

- a) Ini berfungsi sebagai dasar untuk sebagian besar sirkuit terpadu (IC).

Hamper setiap perangkat elektronik saat ini mengandung IC silikon, yang ditemukan di hamper setiap perangkat dengan sirkuit listrik

- b) Ini digunakan dalam transistor, sel surya, diode pemancar cahaya (LED), dan perangkat semikonduktor lainnya. Germanium dalam jumlah kecil dapat dicampur dengan silikon untuk menghasilkan transistor yang lebih baik dan tahan terhadap suhu yang lebih tinggi.
- c) Silikon karbida digunakan sebagai bahan abrasif dalam pembuatan bahan ultrahard. Ia juga digunakan sebagai bahan semikonduktor dalam elektronika daya.
- d) Ini dicampur dengan logam untuk membuat paduan berkinerja tinggi untuk digunakan di lingkungan bersuhu tinggi atau mengurangi berat logam.

2.5.4 Kelebihan dan Kekurangan Silikon sebagai Semikonduktor

Kelebihan dan kekurangan silikon sebagai semikonduktor antara lain:

1. Kelebihan

- a) Mudah diproduksi dalam jumlah besar dan dapat mencapai harga rendah untuk produk akhir.
- b) Ia dapat menciptakan ikatan kovalen dengan atom lain, seperti hydrogen dan nitrogen, karena ia memiliki empat electron valensi.
- c) Celah pita sebesar 1,1 eV yang berarti berpotensi menghantarkan listrik pada kondisi yang tepat.
- d) Ia bekerja dengan baik dengan semikonduktor untuk membuat sirkuit terintegrasi. Artinya komputer dan perangkat elektronik lainnya dapat didesain dari silikon.

2. Kekurangan

- a) Dalam bentuknya yang murni, ia bukanlah konduktor atau isolator yang baik, sehingga sulit digunakan sebagai bahan listrik tanpa memadukannya dengan bahan lain.
- b) Ia memiliki titik leleh yang tinggi, artinya memerlukan lebih banyak energy untuk meleleh dibandingkan dengan semikonduktor lainnya. Hal ini dapat mengubah proses produksi dan meningkatkan biaya semikonduktor berbasis silikon.
- c) Itu bisa rusak pada suhu yang sangat tinggi. Artinya, ia hanya berguna sebagai semikonduktor hingga suhu tertentu, sehingga membatasi penerapannya.

2.6 Pengertian ketangguhan

Ketangguhan berarti keuletan, kekuatan, dan daya tahan. Kata tersebut berasal dari kata tangguh yang berarti tabah dan tahan . Ketangguhan berarti tahan, ulet, dan kuat. Ketangguhan pada aluminium mengacu pada kemampuan material ini untuk menyerap energi dan mengalami deformasi plastis tanpa mengalami kegagalan (fraktur). Ketangguhan merupakan kombinasi dari dua sifat material, yaitu kekuatan dan keuletan. Secara lebih spesifik, ketangguhan melibatkan:

1. Kemampuan menyerap energi: aluminium yang tangguh dapat menyerap energi yang signifikan selama deformasi, baik dalam bentuk energi impact (seperti pada uji benturan) maupun energi selama peregangan atau pembengkokan.
2. Deformasi Plastis: aluminium yang tangguh dapat mengalami deformasi plastis yang cukup besar sebelum akhirnya mengalami patah. Ini berarti bahwa

material tersebut dapat menahan beban yang cukup besar tanpa retak atau pecah.

Aluminium, terutama dalam bentuk paduan (*alloy*), dapat memiliki ketangguhan yang tinggi, membuatnya ideal untuk berbagai aplikasi industri, termasuk otomotif, konstruksi, dan kedirgantaraan. Ketangguhan ini dipengaruhi oleh komposisi paduan dan perlakuan panas yang diterapkan selama pembuatannya. Paduan aluminium tertentu seperti 6061-T6 terkenal karena ketangguhan dan kekuatannya yang baik, sementara paduan lainnya mungkin dioptimalkan untuk aplikasi yang memerlukan ketangguhan tinggi dalam kondisi suhu rendah atau lingkungan korosif (Anzip and Suhariyanto 2006).

Adapun rumus ketangguhan yaitu:

$$EI = Ep_1 - Ep_2 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$= mgh_1 - mgh_2$$

$$EI = Ep + Ek \dots\dots\dots(2.2)$$

$$EI = mgh + \frac{1}{2}mV^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

EI = energi *impact* (J)

EP1 = energi potensial awal (J)

EP2 = energi potensial akhir (J)

m = berat bandul (m/s)

g = gaya gravitasi (m/s²)

h1 = ketinggian bandul sebelum diepas (m)

h_2 = ketinggian bandul sesudah diepas (m)

2.7 Pengujian Impact

Pengujian impak adalah pengujian ketahanan material terhadap beban kejut yang menggunakan pembebanan secara tiba-tiba. Prinsip pengujian impak adalah untuk menghitung energi yang diberikan beban dan energi yang diserap oleh spesimen. Pengujian impak dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode Charpy dan metode Izod:

1. Metode Charpy: Spesimen diletakkan horizontal dan dipukul dengan palu pendulum. Metode ini digunakan untuk mengkarakterisasi material pada laju regangan tinggi, baik pada plastik maupun logam.
2. Metode Izod: Spesimen diletakkan vertikal dan ditumbuk dengan beban.

Adapun langkah-langkah pengujian impak dapat sebagai berikut:

- a) Memastikan jarum penunjuk pada posisi nol saat godam menggantung bebas.
- b) Meletakkan bahan uji di atas penopang, dan memastikan godam tepat memukul bagian tengah takikan.
- c) Menaikkan godam secara perlahan-lahan.

Pengujian impak merupakan uji jangka pendek yang dapat memberikan informasi tentang perilaku kegagalan material atau komponen yang mengalami pemuatan cepat dan pada temperatur yang bervariasi.

2.8 Analisa Korelasi

Menurut (Supriadi 2021) korelasi adalah istilah statistik yang menyatakan derajat hubungan linear dua variabel atau lebih, yang ditemukan oleh Karl Pearson awal 1900. Oleh sebab itu dikenal dengan nama *korelasi Pearson Momen* (PPM).

Korelasi merupakan salah satu teknik analisis statistik yang paling banyak digunakan. Hubungan antara dua variabel bukanlah merupakan hubungan sebab akibat timbal balik melainkan merupakan hubungan sebab akibat searah.

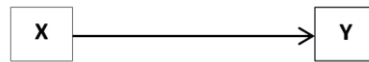
pada analisa korelasi dikenal varriabel terkait (*variable dependent*) yang merupakan akibat dari variabel bebas (*variable independent*) yang merupakan penyebab. Variabel bebas biasanya di lambangkan dengan huruf X atau $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, sedangkan variabel yang terikat biasanya dilambangkan huruf Y. Variabel bebas adalah variabel-variabel yang nilainya tidak tergantung pada variabel lainnya dan digunakan untuk meramalkan atau di terangkan nilainya. Korelasi digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel bebas atau lebih yang secara bersama-sama hubungan dengan variabel terkaitnya.

Korelasi yang terjadi antara dua variabel dapat berupa korelasi positif, negatif sempurna atau tidak ada korelasi. Yaitu:

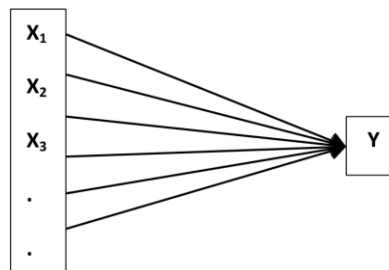
1. Korelasi positif adalah antara korelasi dua variabel, yaitu aplikasi dua variabel, yaitu aplikasi variabel X meningkat maka variabel Y cenderung meningkat pula.
2. Korelasi negatif adalah korelasi dari dua variabel, yaitu apabila variabel X meningkat maka variabel Y cenderung menurun.
3. Korelasi sempurna adalah korelasi dua variabel, yaitu apabila kenaikan atau penurunan variabel X berbanding dengan kenaikan dan penurunan variabel Y
4. Tidak ada korelasi, yaitu apabila kedua variabel X dan Y tidak menunjukkan adanya hubungan.

Korelasi atau hubungan dapat dibedakan dalam 2 (dua) kelompok yaitu:

1. Korelasi biasa yakni variabel bebasnya hanya terdiri dari satu variabel.
2. Korelasi ganda yaitu korelasi dimana variabel bebasnya terdiri dari lebih dari satu variabel



Gambar 2.2 Bagan korelasi biasa



Gambar 2.3 bagan korelasi ganda

Koefisien korelasi merupakan indeks atau bilangan yang di gunakan untuk mengukur kedekatan hubungan antar variabel. Koefisien korelasi di simbolkan dengan “r”, yang memiliki nilai -1 dan +1 ($-1 \leq r \leq +1$) dimana:

Jika bernilai positif, maka variabel-variabel korelasi positif. Semakin dekan

- a) Nilai r ke +1 maka semakin kuat korelasinya, demikian pula sebaliknya.
- b) Jika r bernilai negatif, maka variabel-variabelnya berkorelasi negatif.

Semakin dekat nilai r ke -1 semakin kuat korelasinya, demikian pula sebaliknya.

- c) Jika r bernilai 0 (nol) maka variabel-variabelnya tidak menunjukkan korelasi X. Jika r bernilai +1 atau -1 maka variabel-variabelnya menunjukkan korelasi positif atau negatif sempurna.

Jika di kuadratkan akan menjadi koefisien determinasi atau koefisien penentu. Artinya penyebab perubahan variabel Y datang dari variabel X sebesar r.

Koefisien korelasi linear yakni indeks atau angka yang digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara dua variabel yang sifatnya linear. Koefisien korelasi linear antara dua variabel untuk mengetahui hubungan atau keeratan antara dua variabel dapat dihitung dengan menggunakan metode *least square* atau metode *product moment*

1. Metode *least square*

Dimana nilai koefisien korelasi dapat di hitung dengan rumus:

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

r = koefisien korelasi

n = jumlah specimen

X = nilai variabel X

Y = nilai Variabel Y

2. Metode *product momen* pada metode ini nilai koefisien korelasi dapat

dihitung dengan rumus:

$$r = \frac{n \sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

r = koefisien korelasi

x = deviasi rata-rata variabel X, = $X - \bar{X}$

$y =$ deviasi rata-rata variabel $Y, = Y - \bar{Y}$

3. Metode korelasi linear berganda

Alat ukur mengenai hubungan yang terjadi antara variabel terikat (variabel Y) dan dua atau lebih variabel bebas (X_1, X_2, \dots, X_R) korelasi linear berganda dengan dua variabel bebas yakni mengukur hubungan yang terjadi antara variabel terikat (variabel Y) dengan dua variabel bebas (X_1, X_2).

Koefisien korelasi linear berganda untuk 3 variabel dirumuskan:

$$R_{Y.12} = \sqrt{\frac{r_{Y1}^2 + r_{Y2}^2 - 2r_{Y1}r_{Y2}r_{12}}{1 - r_{12}^2}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

$R_{y.12}$ = koefisien korelasi

r_{y1} = koefisien korelasi Y dan X_1

r_{y2} = koefisien korelasi Y dan X_2

r_{12} = koefisien korelasi X_1 dan X_2

Nilai koefisien korelasi tiap variabel dapat dihitung dengan rumus:

$$r_{y1} = \frac{n \sum X_1 Y - (\sum Y)(\sum X_1)}{\sqrt{\{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\} \{n \sum X_1^2 - (\sum X_1)^2\}}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$r_{y2} = \frac{n \sum X_2 Y - (\sum Y)(\sum X_2)}{\sqrt{\{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\} \{n \sum X_2^2 - (\sum X_2)^2\}}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$r_{12} = \frac{n \sum X_1 X_2 - (\sum X_1)(\sum X_2)}{\sqrt{\{n \sum X_1^2 - (\sum X_1)^2\} \{n \sum X_2^2 - (\sum X_2)^2\}}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Artinya dari koefisien relasi (r)

- a) Bila $0,9 < r < 1,00$ atau $-1,00 < r < -0,90$ berarti variabel memiliki hubungan yang kuat
- b) Bila $0,70 < r < -0,90$ atau $-0,90 < r < -0,70$ berarti variabel memiliki hubungan yang sangat kuat
- c) Bila $0,50 < r < 0,70$ atau $-0,70 < r < -0,50$ berarti variabel memiliki hubungan yang moderat
- d) Bila $0,30 < r < 0,50$ atau $-0,50 < r < -0,30$ berarti variabel memiliki hubungan yang lemah
- e) Bila $0,0 < r < 0,30$ atau $-0,30 < r < 0,0$ berarti variabel memiliki hubungan yang sangat lemah.

2.9 Jurnal Rujukan

(Satriani and Bayuseno 2016) Pengaruh penambahan unsur silikon (si) pada shaft propeller berbahan dasar Al-Mg-Si. Aluminium dan paduannya merupakan logam non ferrous yang cukup luas penggunaannya. Shaft propeller merupakan salah satu bagian terpenting dari instalasi penggerak kapal. HPDC (High Pressure Die Casting) merupakan salah satu metode dalam proses pengecoran. Heat treatment dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanis dengan proses precipitation hardening. Pembuatan AlSi-Sn merupakan material logam sebagai paduannya dengan material A356 sebagai bahan utamanya. Pembuatan material paduan ini merupakan proses *stir casting* kemudian dicetak dengan metode HPDC (*High pressure die Casting*) dengan variasi persentase (0%,4%,6%, dan 15%). Aluminium memiliki sifat yang ringan ketahanan korosi yang sangat baik, dan memiliki *castability* yang baik pula. Nilai kekerasan yang tidak terlalu tinggi dan tidak getas, membuat material ini yang

sangat cocok untuk aplikasi *bearing*. Untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis dari material paduan tersebut, dilakukan pengujian densitas dan porositas, pengujian nilai kekerasan, pengujian tekan, pengujian struktur mikro, dan pengujian nilai keausan material.

(Saifullah 2015) pengaruh penambahan nikel (Ni) terhadap sifat kekerasan dan struktur mikro pada paduan aluminium–silikon (Al-Si) melalui proses pengecoran. Paduan Aluminium-Silikon ini memiliki sifat mekanik yang tinggi, ringan, kemampuan cor, dan ketahanan korosi. Penambahan Nikel dapat meningkatkan kekerasan dan ketahanan korosi dari paduan aluminium-silikon (Al-Si). Salah satu aplikasi paduan Aluminium-Silikon-Nikel (Al-Si- Ni) adalah blok mesin. Pada penelitian ini, Aluminium-Silikon dengan komposisi Silikon 10,5% (Al-10,5Si) dipadukan dengan nikel sebesar 0,2 , 0,4 , 0,6 dan 0,8 % berat (%b). Proses pemaduan dilakukan melalui peleburan (pengecoran) di dalam tungku gas (gas furnace) pada temperatur 1450 oC dan waktu penahanan selama 1 jam. Paduan didinginkan secara lambat di dalam tungku gas (gasfurnace) hingga mencapai temperatur kamar. Pengujian yang digunakan dalam studi ini adalah spektroskopi dispersi energi sinar-X (EDS/EDX), Difraksi sinar X (XRD), pengujian sifat kekerasan (Hardness Test), dan Metalografi (metallographic). Hasil pengujian EDS dan XRD menunjukkan terbentuknya paduan Al-Si-Ni. Sifat kekerasan paduan Al-Si-Ni menunjukkan peningkatan nilai kekerasan dengan meningkatnya penambahan Nikel. Pengamatan metalografi menunjukkan struktur mikro fasa Silikon Primer semakin kecil dengan penambahan Nikel.

(Wijaya 2017) Pengaruh variasi temperatur tuang terhadap ketangguhan impak dan struktur mikro pada pengecoran aluminium. pengaruh temperatur tuang terhadap ketangguhan impak dan struktur mikro hasil pengecoran paduan aluminium dengan menggunakan cetakan pasir. Bahan penelitian ini adalah paduan aluminium dari scrap aluminium, kemudian dilebur dan dituang ke dalam cetakan dengan variasi temperatur tuang dari 660 °C, 700 °C dan 740 °C. Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui ketangguhan impak pada hasil coran dengan menggunakan alat uji impak Charpy (ASTM E 23-02a). Foto struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik Nikon seri 661103. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi temperatur tuang pada saat pengecoran berpengaruh terhadap nilai ketangguhan impak dan struktur mikro hasil coran. Dari tiga variasi temperatur tuang yang dilakukan, semakin tinggi temperatur tuang maka nilai ketangguhan impaknya juga semakin meningkat. Struktur mikro yang terbentuk dari logam paduan aluminium coran secara umum memiliki bentuk struktur mikro berupa struktur dendrite.

(Saefuloh et al. 2018) Studi karakterisasi sifat mekanik dan struktur mikro material piston aluminium-silikon alloy. Pemakaian aluminium khusus pada industri otomotif yang terus meningkat sejak tahun 1980, khususnya paduan aluminium yang digunakan untuk pembuatan piston, blok mesin, kepala silinder dan katup. Dalam penelitian ini menggunakan limbah sepatu rem tromol yang di daur ulang (remelting) menjadi piston honda vario 110°C dengan penambahan ADC 12 dilebur dengan proses penuangan gravitasi pada suhu penuangan 700°C. Untuk meningkatkan sifat mekanis tsb, dalam penelitian ini digunakan metode

aging heat treatment. Variasi waktu penahanan yang digunakan adalah 2 Jam, 4 Jam dan 5 Jam dengan temperatur 155°C, kegiatan penelitian meliputi uji kekerasan, uji tarik, uji keausan, uji X-ray Diffraction (XRD) dan struktur mikro. Dari material Piston honda vario buatan honda memiliki kekerasan sebesar 114,36 HB, kekuatan Tarik 190 N/mm², faktor keausan 2.7005 x 10⁻⁵ cm³ /N.m Hasil proses perlakuan panas dan artificial aging pada material piston honda vario berbahan baku 60% skrap sepatu rem + 40% ADC12 meningkat sehingga memiliki sifat mekanik lebih tinggi. hasil uji kekerasan, kuat tarik, dan faktor keausan. Waktu aging 4 jam memiliki nilai kekerasan tertinggi 119,320 HB, kuat Tarik 191,6 N/mm², dan Faktor keausan 2,6973 x 10⁻⁵ cm³ /N.m. Pada pengujian X-ray Diffraction terdapat senyawa Mg²Si pada hasil pengecoran berbahan baku 60% skrap sepatu rem + 40% ADC12. Dan pada pengujian metalografi terdapat perubahan bentuk ukuran butir struktur mikro yang terbentuk, yaitu pada waktu aging 2 jam 5,3323 µm, aging 4 jam 3,1288 µm, aging 5 jam 7,6829 µm.

(Khoirrudin 2014) Pengaruh variasi jumlah saluran masuk terhadap struktur mikro, kekerasan, dan ketangguhan pengecoran pulley paduan aluminium Al-Si menggunakan cetakan pasir. Tujuan penelitian ini adalah (1) menyelidiki pengaruh variasi jumlah saluran masuk terhadap struktur mikro hasil coran pulley aluminium menggunakan cetakan pasir, (2) menyelidiki pengaruh variasi jumlah saluran masuk terhadap kekerasan hasil coran pulley aluminium menggunakan cetakan pasir, (3) menyelidiki pengaruh variasi jumlah saluran masuk terhadap ketangguhan impak hasil coran pulley aluminium menggunakan cetakan pasir. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang menggunakan satu faktor variabel bebas

(variasi jumlah saluran masuk) dan tiga faktor variabel terikat (struktur mikro, kekerasan dan ketangguhan impact). Obyek dalam penelitian ini adalah hasil coran pulley berasal dari aluminium ingot Al-1,15%Si, 2,01%Zn. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis data deskriptif yaitu menggambarkan hasil penelitian secara grafis dalam tabel dan histogram serta struktur mikro. Sebagai parameter input pada penganalisisan data meliputi: variasi jumlah saluran masuk (1 buah saluran masuk, 2 buah saluran masuk, 3 buah saluran masuk), struktur mikro, kekerasan, dan ketangguhan impact. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa struktur mikro pada hasil coran pulley aluminium dengan 1 saluran masuk menunjukkan matriks Al-Si memiliki jarak butiran renggang. Si yang terbentuk berkelompok sehingga membentuk fasa butiran silicon besar. Struktur mikro hasil coran pulley aluminium dengan 2 saluran masuk menunjukkan matriks Al-Si rapat dan ukuran butiran Si yang cukup halus. Struktur mikro hasil coran pulley aluminium dengan 3 saluran masuk menunjukkan matriks Al-Si rapat dan ukuran butiran Si yang halus dan merata. Kekerasan hasil coran pulley aluminium tertinggi terdapat pada pulley dengan 3 saluran masuk sebesar 71,6 VHN, kemudian pulley 2 saluran masuk sebesar 63,4 VHN, dan kekerasan terendah terdapat pada hasil coran pulley aluminium dengan 1 saluran masuk sebesar 51,4 VHN. Ketangguhan impact hasil coran pulley aluminium tertinggi terdapat pada pulley dengan 1 saluran masuk sebesar $0,077 \text{ J/mm}^2$, kemudian pulley 2 saluran masuk sebesar $0,058 \text{ J/mm}^2$, dan ketangguhan impact terendah terdapat pada hasil coran pulley aluminium dengan 3 saluran masuk sebesar $0,054 \text{ J/mm}^2$.