BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Pengertian Komposit

Komposit merupakan perpaduan dari dua material atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda menjadi suatu material baru yang memiliki propertis lebih baik dari keduanya.jika perpaduan ini terjadi dalam skala makroskopis maka disebut sebagai komposit, jika paduan ini terjadi secara mikroskopis *(molekular level)* maka disebut sebagai alloy atau paduan.**(Anna Zulfia 2009).**

komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan, keuletan dan kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi, dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah karena berkurangnya jumlah komponen dan baut – baut penyambung **(Wikipedia 2010)**.

Komposit terdiri dari dua bagian utama yaitu matriks, berfungsi sebagai perekat atau pengikat dan pelindung filler (pengisi) dari kerusakan eksternal. Filler atau reinforcemant berfungsi penguat dari matriks **(Blog at wordpress 2010)**.

Adapun sifat dan karakteristik komposit yang dihasilkan ditentukan oleh :

- Material yang menjadi penyusun komposit

Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut rule of mixture sehingga akan berbanding secara proporsional.

- Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun

  Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

- Interaksi antar penyusun

  Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit. **(Agus Pramono 2010)**

Komposit terdiri dari dua bagian utama yaitu matriks, berfungsi sebagai perekat atau pengikat dan pelindung filler (pengisi) dari kerusakan eksternal. Filler atau reinforcemant berfungsi penguat dari matriks **(Blog at wordpress 2010)**.

Adapun sifat dan karakteristik komposit yang dihasilkan ditentukan oleh :

- Material yang menjadi penyusun komposit

  Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut rule of mixture sehingga akan berbanding secara proporsional.

- Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun

  Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

- Interaksi antar penyusun

  Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit. **(Agus Pramono 2010)**

Matrik adalah fasa dari komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Jenis dari matrik yang digunakan dapat menentukan tipe komposit **(Gogon 2010)**. Pada suatu material komposit, matrik dapat berupa serbuk maupun batangan. Dalam hal ini matrik berfungsi sebagai pengikat dari penguat dengan tujuan dapat mendistribusikan beban yang diterima ke bagian penguat.

Dalam komposit, matriks yang digunakan harus memiliki :

1. *Ductility* yang tinggi.
2. Modulus elastisitas lebih rendah daripada penguat (*filler*).
3. Ikatan yang bagus antara matriks dan penguat (*filler*) .

Berdasarkan matriknya, komposit dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok besar yaitu :

1. Komposit matrik logam (KML), logam sebagi matrik
2. Komposit matrik polimer (KMP), polimer sebagai matrik
3. Komposit matrik keramik (KMK), keramik sebagai matrik

Sifat dan karakteristik dari komposit ditentukan oleh:

- Material yang menjadi penyusun komposit

Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut *rule of mixture* sehingga akan berbanding secara proporsional.

- Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun

  Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

- Interaksi antar penyusun

  Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit.**(Agus Pramono 2010)**

2.1.1. Definisi komposit

Material Komposit didefinisikan sebagai campuran makroskopik antara serat dan matriks yang bertujuan untuk menghasilkan suatu material baru yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda dari unsur penyusunnya . Dengan perbedaan material penyusun komposit maka antara matriks dan penguat harus saling berinteraksi antar muka *(Interface)* sehingga perlu ada penambahan material katalis . Pada material komposit serat berfungsi untuk memperkuat matrik berfungsi untuk melindungi serat dari efek ingkungan dan akibat keruasakan benturan *(Impact)* .

Beberapa definisi dasar dari kompoist sebagai berikut :

a. Sub – mikro (nano) yang artinya molekul tunggal dari kisi Kristal , bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit (contoh : senyawa , paduan (alloy) , polimer dan keramik) .

b. Mikro struktur yang artinya pada kristal fase dan senyawa bila material disusun dari dua fase atau senyawa atau lebih disebut komposit (contoh : Fe dan C) .
c. Makrotsruktur yang artinya material yang disusun dari paduan dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan/atau komposisi dan
d. tidak larut satu dengan yang lain disebut material komposit (deinisi secara makro ini yang bias dipakai dalam mendeinisikan komposit) .

2.1.2. Sifat dan karakteristik komposit

Sifat maupun karakteristik komposit ditentukan oleh beberapa factor :

a. Material yang menjadi penyusun komposit

   karakteristik komposit ditentukan karakteristik material penyusun dan dapat ditentukan secara teoritis sehingga akan berbanding secara proporsional .

b. Bentuk dan struktur penyusun dari komposit

   Bentuk (dimensi) struktur (ikatan) penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit

c. Interaksi antar penyusun

   Bila terjadi Interaksi antar penyusun akan meningkatkan penyusun dari komposit.

2.1.3. Klasifikasi komposit

Secara garis besar komposit dapat diklasifikasikan menjadi 4 macam , antara lain :

Berdasarkan matriks yang digunakan komposit dapat dikelompokkan atas :

1. MMC : Metal Matriks Composite (menggunakan matriks logam)

Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam . MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996 .

Pada mulanya yang diteliti adalah Continous Filamen MMC yag digunakan dalam industri penerbangan .

2. CMC: Ceramic Matriks Composite (menggunakan matriks keramik)

CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah ; oksida , carbide , nitride . Salah saru proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses DIMOX yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah filler .

3.PMC: Polymer Matriks Composite (menggunakan matriks polimer).

Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan . Matriks polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik . Perbedaannya polimer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah polypropylene (PP) , polystryrene (PS) , polyethylene (PE) , dan lain-lain .

Berdasarkan serat yang digunakan komposit serat (fiber-matriks composites) dibedakan menjadi:

1. Fibre composites (komposit serat) adalah gabungan serat dengan matrik.

2. Flake composites adalah gabungan serpih rata dengan matrik.

3. Particulate composites adalah gabungan partikel dengan matrik.

4. Filled composites adalah gabungan matrik continous skeletal

5. Laminar composites adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina.

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit yaitu:

1. Continuous Fibre Composite

Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan.

2. Woven Fibre Composite (bi-directional)

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah.

3. Discontinous Fibre Composite

Discontinous Fibre Composite adalah tipe komposit dengan serat pendek.

Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 :

a) Aligned discontinous fibre

b) Off-axis aligned discontinous fibre

c) Randomly oriented discontinous fibre

Berdasarkan strukturnya komposit dibedakan atas:

1. Material serat komposit (Fibrous composites materials)

Terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat .Penyusunan serat dibagi menjadi tiga : serat berurut , serat terputus , serat acak terputus .

2. Material komposit berlapis (Laminated composites materials)

Terdiri dari dua atau lebih lapisan material yang berbeda dan digabung secara bersama – sama . Laminated composite dibentuk dari berbagai lapisan – lapisan dengan berbagai macam arah penyusunan serat yang ditentukan yang disebut lamina .

Yang termasuk laminated composite (komposit berlapis)

- Bimetals
- Cladmetals
- Laminated Glass
- Plastic – Based Laminates

3. Materials komposit partikel (Particulate composites materials)

Terdiri dari satu atau lebih partikel yang tersuspemsi di dalam matriks dan matriks lainnya .

Partikel logam dan non – logam dapat digunakan sebagai matriks komposit partikel :

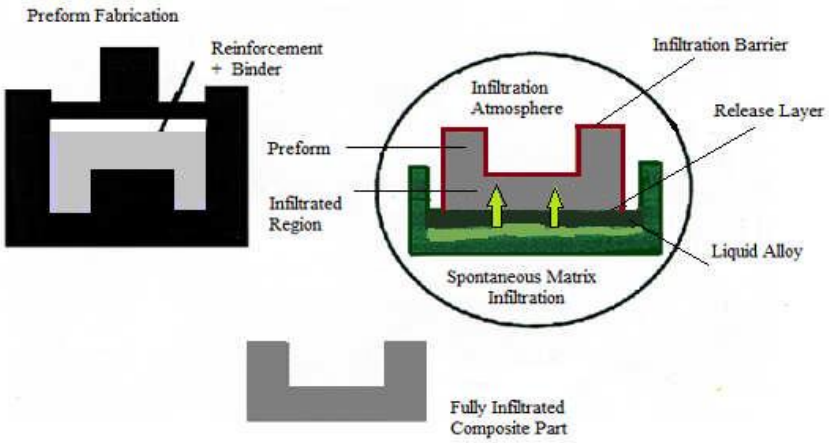
- Material komposit partikel non – logsm di dalanm matriks non – logam .
- Material komposit partikel logam di dalam matriks non – logam
- Material komposit partikel non – logam . di dalam matriks logam
- Material komposit partikel logam di dalam matriks – logam

2.1.4. Proses pembuatan komposit

Dalam pembuatan material matrik komposit (MMCs) proses yang digunakan adalah proses dengan metode HAS. Metode HAS adalah metode kombinasi antara infiltrasi spontan dengan pengadukan.Dengan menggabungkan

dua metode tersebut dapat mengurangi kelemahan-kelemahan material, sehingga dapat memperoleh material yang berkualitas tinggi.Keuntungan metode ini adalah tanpa melakukan pengontrolan yang ketat selama proses fabrikasi berlangsung dan peralatan yang digunakan tidak terlalu rumit.

Proses fabrikasi dalam metode ini menggunakan proses infiltrasi yang disertai pengadukan susunan matrik dan penguat yang dipanaskan dalam temperatur tertentu dalam lingkaran nitrogen sehingga terjadi pembasahan dan dilanjutkan dengan pengadukan. Urutan pembuatan komposit metode HAS .



Gambar 2.1. Proses pembuatan komposit dengan metode infiltrasi.

Mempersiapkan bahan untuk pembuatan komposit Al- abu dasar batubara

Tabel 2.1. komposisi komposit Al-abu dasar batubara

Unsur	**Al**	**Abu batubara**	**Mg**	**Cu**
% Berat	90,5	5	0,5	4
	85,5	10	0,5	4
	80,5	15	0,5	4

1. Abu dasar dan magnesium dicampur terlebih dahulu sebelum masuk ke kowi .
2. Al diletakan diatas campuran Abu dasar batubara dan Magnesium didalam kowi dan ditutup,setelah ditutup kowi kemudian dialiri gas Nitrogen melalui pipa saluran masuk gas nitrogen .
3. Pembakaran dimulai dengan menyalakan alat baker (burner)
4. Jika temperatur yang sudah di tentukan sudah tercapai segera melakukan penahanan temperatur selama batas waktu yang telah ditentukan.
5. Jika temperatur sudah tertahan dilakukan proses pengadukan agar semua tercampur.
6. Selanjutnya setelah pengadukan selesai dilakukan penuangan ke dalam cetakan yang telah disediakan, kemudian dibiarkan sampai dingin atau sampai suhu kamar dan di bongkar dari cetakan selanjutnya pembersihan material.

2.2. MMC *(METAL MATRIK COMPOSIT)*

MMC (Metal Matrik Composite) atau Komposit Matrik Logam adalah kombinasi dua atau lebih material dengan logam sebagai matriknya. Metal matrix composite (MMC) mulai dikembangkan sejak tahun 1996 yang pada mulanya diteliti *Continous filament* MMC yang digunakan dalam aplikasi *aerospace.*Penguat yang umum digunakan adalah berupa keramik oksida, karbida dan nitrida, dimana fungsi utama penguat adalah untuk menunjang sebagian besar beban yang diberikan, sedangkan fungsi matrik adalah untuk mengikat penguat

menjadi satu dan untuk meneruskan dan mendistribusikan beban external kepada penguat individual.

Contoh MMC:

- Alumunium – Abu batubara
- Alumunium- carbon whisker

Syarat matriks pada MMC :**(Anna Zulfia 2009) :**

- Mempunyai keuletan yang tinggi
- Mempunyai titik lebur yang rendah
- Mempunyai densitas yang rendah
- Contoh: aluminium, titanium

Kelebihan MMC dibandingkan PMC **(Anna Zulfia 2009):**

- Transfer tegangan dan regangan yang bagus
- Ketahanan terhadap temperature yang tinggi
- Tidak menyerap kelembaban
- Tidak mudah terbakar
- Kekuatan tekan dan geser yang baik

Kekurangan MMC:

- Biayanya masih mahal
- Standarisasi material dan proses yang sedikit

Keuntungan yang dapat dengan menggunakan material komposit matrik logam dibandingkan logam adalah **(Mel. M. Schwartz 1997)**:

- Lebih ringan dibandingkan logam *(reduced weight 25-30 %)*

- Ketangguhan terhadap beban torsi/puntir yang baik
- Kekerasan dan ketahanan ausnya lebih baik
- Expansi thermalnya lebih baik

2.2.1. Kemampuan pembasahan (wettability)

Wettability atau Kemampuan pembasahan adalah kemampuan drai cairan matriks untuk tersebar merata ke permukaan suatu padatan . Jika cairan memiliki *wettability* yang baik maka cairan tersebut dapat menutupi seluruh lubang dan kontur pada permuaan yang kasar pada penguat dan menghilangkan semua udara .

Kemampuan pembasahan dan reaktivitas akan menentuan kualitas ikatan antara dua material karena itu memberi pengaruh kepada sifat final komposit . Beberapa metode digunakan untuk meningkatkan kompatobilitas antara dua material , contohnya dengan menambahkan dua elelment paduan atau *wetting agents* dalam leburanan melapisi penguat keramik . Kemampuan pembasahan ini diukur dari sudut kontak antara logam dan keramik .

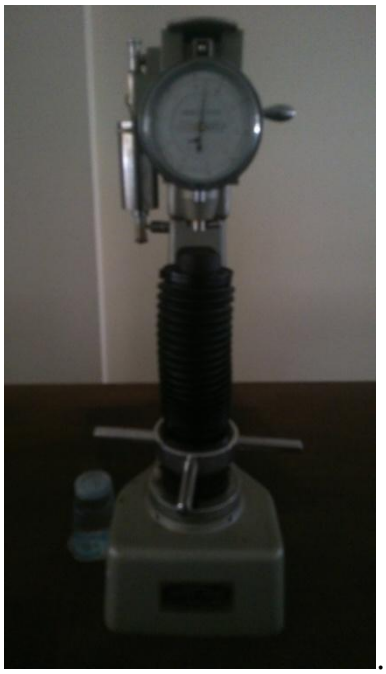
2.3. KekerasanKekerasan (Hardness)

adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaanya akan mangalami pergesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban identasi atau penetrasi (penekanan). Di

dalam aplikasi manufaktur, material dilakukan pengujian dengan dua pertimbangan yaitu untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu.

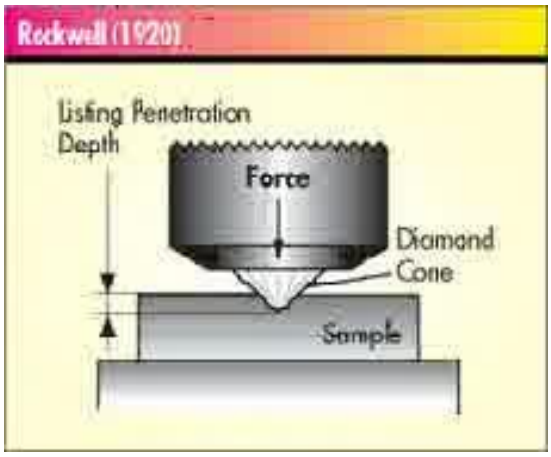
Rockwell (HR / RHN) Kekerasan sebenarnya merupakan suatu istilah yang sulit didefinisikan secara tepat, karena setiap bidang ilmu dapat memberikan definisinya sendiri – sendiri yang sesuai dengan persepsi dan keperluannya. Karenanya juga cara pengujian kekerasan ada bermacam – macam tergantung konsep yang dianut. Dalam engineering, yang menyangkut logam, kekerasan sering dinyatakan sebagai kemampuan untuk menahan indentasi/penetrasi/abrasi. Ada beberapa cara pengujian kekerasan yang terstandart yang digunakan untuk menguji kekerasan logam, salah satunyapengujian Rockwell.

Dilihat di gambar 2.2 :

 .

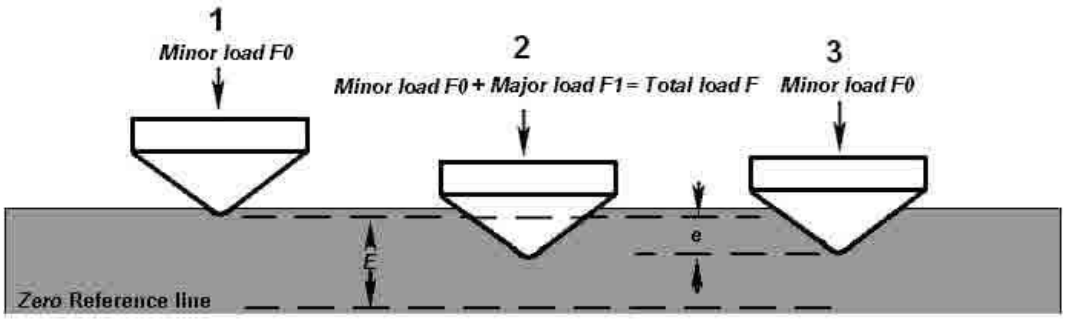
Gambar 2.2 Pengujian rockwell

Dengan cara Rockwell dapat digunakan beberapa skala, tergantung pada kombinasi jenis indentor dan besar beban utama yang digunakan. Macam skala dan jenis indentor serta besar beban utama.Untuk logam biasanya digunakan skala B atau C, dan angka kekerasannya dinyatakan dengan RB dan RC.untuk skala B harus digunakan indentor berupa bola baja berdiameter 1/10″ dan beban utama 100 kg. kekerasan yang dapat diukur dengan Rockwell B ini sampai RB 100, bila pada suatu pengukuran diperoleh angka di atas 100 maka pengukuran harus diulangi dengan menggunakan skala lain. Kekerasan yang diukur dengan skala B ini relatif tidak begitu tinggi, untuk mengukur kekerasan logam yang keras digunakan Rockwell C (sampai angka kekerasan RC 70) atau Rockwell A (untuk yang sangat getas).



Untuk mencari besarnya nilai kekerasan dengan menggunakan metode Rockwell dijelaskan pada gambar 4, yaitu pada langkah 1 benda uji ditekan oleh indentor dengan beban minor (*Minor Load* F0) setelah itu ditekan dengan beban mayor (*major Load* F1) pada langkah 2, dan pada langkah 3 beban mayor

diambil sehingga yang tersisa adalah minor load dimana pada kondisi 3 ini indentor ditahan seperti kondisi pada saat total load F yang terlihat pada Gambar 4.Besarnya *minor load* maupun *major* load tergantung dari jenis material yang akan di uji, jenis-jenisnya bisa dilihat pada Tabel 1



Gambar 2.3 Prinsip kerja metode pengukuran kekerasan Rockwell

Dibawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk mencari besarnya kekerasan dengan metode Rockwell.

HR = E - e

Dimana :

F0 = Beban Minor(*Minor Load*) (kgf)

F1 = Beban Mayor(*Major Load*) (kgf)

F = Total beban (kgf)

e = Jarak antara kondisi 1 dan kondisi 3 yang dibagi dengan 0.002 mm

E = Jarak antara indentor saat diberi minor load dan zero reference line yang untuk tiap jenis indentor berbeda-beda yang bias dilihat pada table 1

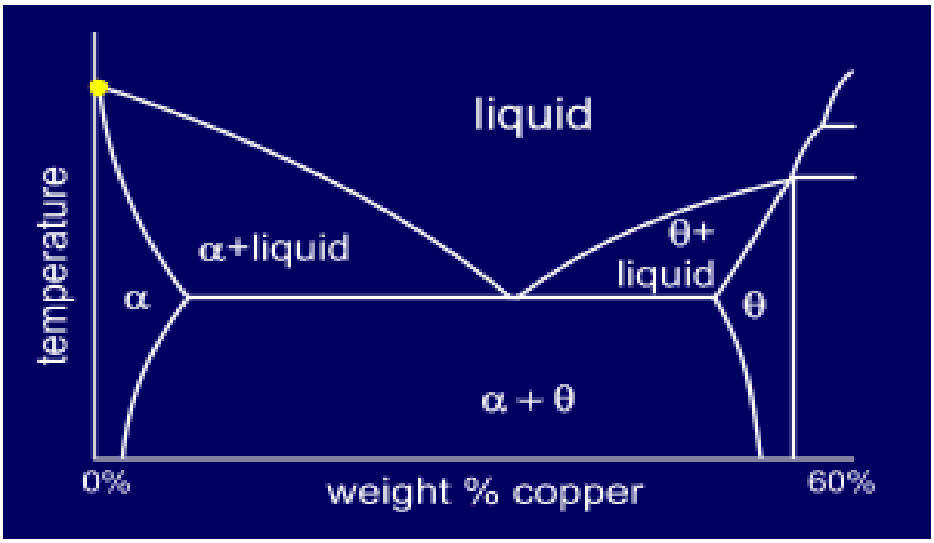
HR = Besarnya nilai kekerasan dengan metode hardness

Tabel dibawah ini merupakan skala yang dipakai dalam pengujian Rockwell skala dan range uji dalam skala Rockwel.

Tabel 2.2 Rockwell Hardness Scales

Scale	Indentor	F0 (kgf)	F1 (kgf)	F (kgf)	E	Jenis Material Uji
A	Diamond cone	10	50	60	100	Exremely hard materials, tugsen carbides, dll
B	1/16" steel ball	10	90	100	130	Medium hard materials, low dan medium carbon steels, kuningan, perunggu, dll
C	Diamond cone	10	140	150	100	Hardened steels, hardened and tempered alloys
D	Diamond cone	10	90	100	100	Annealed kuningan dan tembaga
E	1/8" steel ball	10	90	100	130	Berrylium copper,phosphor bronze, dll
F	1/16" steel ball	10	50	60	130	Alumunium sheet
G	1/16" steel ball	10	140	150	130	Cast iron, alumunium alloys
H	1/8" steel ball	10	50	60	130	Plastik dan soft metals seperti timah
K	1/8" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale
L	1/4" steel ball	10	50	60	130	Sama dengan H scale
M	1/4" steel ball	10	90	100	130	Sama dengan H scale
P	1/4" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale
R	1/2" steel ball	10	50	60	130	Sama dengan H scale
S	1/2" steel ball	10	90	100	130	Sama dengan H scale
V	1/2" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale

2.4.Diagram fasa aluminium paduan



***Gambar 2.4**. Diagram Fase Al-Cu, temperatur vs persentase paduan*

Paduan aluminium-tembaga juga menghasilkan sifat yang keras dan kuat, namun rapuh. Umumnya, untuk kepentingan penempaan, paduan tidak boleh memiliki konsentrasi tembaga di atas 5,6% karena akan membentuk senyawa $CuAl_2$ dalam logam yang menjadikan logam rapuh.

Aluminium dalam penelitian ini digunakan sebagai matrik, fungsi dari matrik adalah sebagai pengikat penguat.Aluminium mempuyai karakteristik seperti di sajikan pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Temperatur tuang pada saat proses pengecoran juga perlu diperhatikan. Hal ini disebabkan karena pada beberapa jenis logam, temperatur tuang dapat berpengaruh signifikan. Seperti pada aluminium akan mencair dari temperatur

kamar hingga mencapai 660ºC. Apabila temperatur tuang melebihi 750 - 800ºC maka logam cair akan mudah mengalami oksidasi sehingga slag yang dihasilkan lebih banyak **(Davis, 1993,P. 40).**

Tabel 2.3. Karakteristik Aluminium *(Qivx Inc)*

Struktur Kristal	FCC
Nomor atom	13
Massa atom	26,981539 g/mol
Konfigurasi electron	(Ne) $3s^2$ $3s^1$
Konduktivitas thermal	273 W/m/K
Keelekronegatifan	1,61
Afinitas electron	44 j mol $^{-1}$

2.5. Abu Dasar Batubara

Komposisi penguat didalam suatu komposit sangat berpengaruh pada kekuatan komposit yang dihasilkan. Pada experimen ini penguat yang akan dipakai adalah abu dasar batubara yang merupakan limbah padat dari sisa pembakaran abu batubara. Abu dasar batubara merupakan salah satu material keramik oksidasi yang tersusun lebih dari 70 % AL2O3, SiO2, dan Fe2O3 yang mempunyai angka kekerasan yang cukup tinggi dan mempunyai titik cair hingga diatas 2000° C. Partikel abu dasar batubara juga mempunyai beban yang sangat ringan yaitu 0,4 – 0,6 gr/cm³ sehingga dapat diharapkan mendapat material komposit yang lebih ringan dan kekuatan yang tinggi.

Keuntungan dari penggunaan abu dasar batubara sebagai penguat dari material komposit adalah :

1. Mempunyai angka kekerasan yang cukup tinggi.
2. Tahan terhadap temperature tinggi.
3. Mudah difabrikasikan.
4. Harga yang cukup ekonomis karena hasil dari limbah pabrik.

Tabel 2.4. Analisa kimia abu batubara

Analisis Kimia	Persen
S_iO_2	56,0 - 62,7
Al_2O_3	17,9 - 24,3
F_e2O_3	6,4 - 9,1
T_iO_2	0,1 - 1,1
C_aO	2,7 - 4,1
MgO	1,1 – 1,9
Na_2O	0,4 – 2,3
K_2O	0,5 – 0,8
P_22O_5	0,2 – 0,4
SO_2	2,3 – 8,9
Mn_3O_4	0,07 – 0,08

Sumber : PT. Tambang Batubara Bukit asam

Jenis penguat dari suatu material komposit sangat berpengaruh pada sifat-sifat material tersebut, selain itu ukuran partikel penguat juga mempengaruhi kekuatan / ketangguhan suatu material komposit hal ini disebabkan beban yang

diterima akan di distribusikan ke seluruh bagian partikel penguat, sehingga semakin kecil ukuran partikel penguat maka jumlah penampang akan menjadi lebih besar karena beban yang terjadi akan diterima leh seluruh luas penampang permukaan dari partikel penguat tersebut **(Seputro harjo 2002).**

2.6. Perlakuan Panas T6

Perlakuan Panas T6 adalah proses pemanasan untuk periode tertentu pada suhu rendah (100-200ºC) hingga logam mencapai kondisi kestabilan. Proses ini mengeraskan atau meningkatkan kekuatan setelah *solution heat treatment* secara lebih cepat dibandingkan dengan penuaan alami dan untuk mendapatkan hasil yang lebih bagus.

Contoh paduan yang dapat dikuatkan dengan pemberian panas *(heat treatable)* adalah aluminium. Pada paduan komposit baik wrought product maupun cast product dapat ditingkatkan sifat mekanisnya dengan cara heat treatment (paduan yang dapat di *heat treatment*), sedangkan untuk paduan yang tidak dapat di *heat treatment* hanya mengandalkan efek pengerjaan .

Tujuan utama proses heat treatment pada komposit adalah :

- Melunakkan paduan untuk meningkatkan proses pengerjaan (tidak relevan untuk casting).
- Untuk meningkatkan kekuatan dan menghasilkan properti mekanis yang diinginkan.
- Untuk menstabilkan properti fisik ataupun mekanis atau ketahanan korosi, dan untuk menghindari perubahan yang akan muncul karena waktu pada temperatur ruang atau temperatur yang dinaikkan.
- Untuk memastikan kestabilan dimensi selama pemakaian.

- Untuk menghilangkan tegangan sisa yang disebabkan oleh pendinginan yang tak merata.

2.6.1. Perlakuan panas pelarutan*(solution heat treatment)*

Perlakuan panas pelarutan atau solution heat treatment yaitu pemanasan komposit dalam dapur pemanas dengan temperatur 550 ^{o} C -560^{o} C dan dilakukan penahanan waktu atau holding time sesuai dengan jenis dan ukuran benda kerja pada tahap solution heat treatment terjadi pelarutan fasa - fasa yang ada, menjadi larutan padat. Tujuan dari solution heat treatment itu sendiri yaitu untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen.

2.6.2. Quencing

Fungsi dari quenching adalah mempertahankan fasa yang larut dalam larutan jenuh yang diperoleh dari proses solution treatment, interval pencelupan adalah waktu yang hilang dari terbukanya tempat laku panas material sampai dicelupkanya paduan kedalam media pendingin, untuk media pendinginan buat alumunium paduan yakni berupa air karena alumunium paduan mempunyai kekuatan yang rendah.Quenching merupakan tahap yang paling kritis dalm proses perlakuan panas. Quenching dilakukan dengan cara mendinginkan yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin. Dalam proses age hardening logam yang diquenching adalah yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin air. Dipilihnya air sebagai media pendingin pada proses quenching karena air merupakan

media pendingin yang cocok untuk logam-logam yang memiliki tingkat kekerasan atau hardenabiliti yang relatif rendah seperti. Komposit . Pendingin dilakukan secara cepat, dari temperatur pemanas (540^{O} C) ke temperatur yang lebih rendah, pada umumnya mendekati temperatur ruang. Tujuan dilakukan quenching adalah agar larutan padat homogen yang terbentuk pada solution heat treatment dan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya.Pada tahap quenching akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh *(Super Saturated Solid Solution)* yang merupakan fasa tidak stabil pada temperatur biasa atau temperatur ruang. Pada proses quenching tidak hanya menyebabkan atom terlarut tetap ada dalam larutan, namun juga menyebabkan jumlah kekosongan atom tetap besar.

2.6.3.TemperaturPelarutan

Temperatur Pelarutan adalah dimana temperature berada pada temeperatur 540ºC Tujuan dilakukan quenching adalah agar larutan padat menjadi homogeny atau seragam.

2.6.4. Penuaan *(aging)*

Setelah *solid solution heat treatment* dan *quenching* tahap selanjutnya dalam proses *precipitation hardening* adalah *aging* atau penuaan. *aging* atau penuaan pada paduan komposi dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami *(natural aging)* dan penuaan buatan *(artificial aging)*. Penuaan alami (natural aging)

adalah penuaan pada paduan komposit yang terjadi secara alami pada temperatur ruang atau dapat dikatakan pertumbuhan presipitat θ akan berjalan secara alami.

Natural aging berlangsung pada temperatur ruang dan dengan waktu penahanan. *Temperatur artificial aging* yaitu pada temperatur antara 100˚C - 200˚C akanberpengaruh pada tingkat kekerasan sebab pada proses*artificial aging* akan terjadi perubahan-perubahan fasa atau struktur pada paduan.

Pada tahap *artificial aging* dalam proses *age hardening* dapat dilakukan beberapa variasi perlakuan yang dapat mempengaruhi hasil dari proses age hardening. Salah satu variasi tersebut adalah variasi *temperatur artificial aging.* Ada beberapa jenis proses perlakuan panas yang dilakaun yang diawali dengan huruf W dan T. Penandaan W meyatakan stabil dan tidak umum digunakan.Pada huruf T yang diikuti angka 1 samapi 10 di jelaskan pada table 2.3 sebagai berikut:

Table 2.5. Penandaan dan kode Temper

Kode	Arti	Penjelasan
T1	Didinginkan dari proses pembentukan dengan kenaikan suhu dan natural ageing sampai kondisi substan stabil.	Penandaan inidiberikan pada produk yang tidak mengalami pengerjaan dingin setelah proses pembentukan dengan kenaikan suhu seperti proses pencetakan dan proses ekstrasi dan untuk sifat mekanik setelah distribusikan dena ageing pada suhu ruang.
T2	Didinginkan dengan proses pembentukan	Penandaan ini diberikan pada produk yang tidak memngalami pengerjaan dingin untuk meningkatkan kekuatan setelah pendinginan

	dengan kenaikan suhu, pengerjaan dingin, natural aging sampai kondisi substan stabil.	dari proses pengerjana panas.
T3	*Solution heat-treatmen, cold work and naturally aged* sampai kondisi substan stabil.	T3 diberikan untuk produk yang mengalami pengerjaan dingin untuk meningkatakan kekuatan setelah solution heat-treatment dan untuk sifat mekanik yang telah distribusikan dengan ageing pada suhu ruang.
T4	*Solution heat-treated and naturaly aged*	Penandaan ini diberikan pada produk yang tidak mengalami pengerjaan setelah Solution heat-treatmen dan untuk property mekanis yangtelah distribusikan dengan ageing pada suhu suang.
T5	Didinginkan dari proses pembentukan kenaikan *temperatur and artificially aged.*	Penandaan ini diberikan pada produk yang tidak mengalami pengerjaan dingin setelah didinginkan dari proses pembentukan dengan kenaikan suhu.
T6	*Solution heat-treatmen and artificially aged.*	Penandaan ini diberikan pada produk yang mengalami pendinginan setelah *Solution heat-treatmen* dan untuk property mekanis, atau kesetabulan dimensi atau keduanya, yang substannya dikembangkan dengan *artificial*

		ageing
T7	*Solution heat-treatmen and overaged or stabilized.*	Penanadaan ini ageing setelah *Solution heat-treatmen* diluar puncak kekeuatan agar dihasilkan kekerasan special, seperti meningkatkan ketahanan korosi retak tegang atau ppengelupasan.
T8	*Solution heat-treatmen, cold working, and artificial aged.*	Penanadaan ini diberikan pada produk yang mengalami pengerjaan dingin, setelah *Solution heat-treatmen,* secara spesifik untuk meningkatakan kekuatan dan untuk sifat mekanis atau kestabilan dimensional atau keduanya yang substanya dikembangkan *artificial aged.*
T9	*Solution heat-treatmen, artificial aged and cold working.*	Penandaan ini diberikan pada produk yang mengalami pengrjaan dingin setelah *artificial ageing* yang secara spesifik untuk meningkatakan kekuatan.
T10	Didinginkan dari proses pembentukan kenikan suhu, penegerjaan dingin dan *artificial ageing.*	Penandan ini diberikan untuk produk yang mengalami pengerjaan dingin yang secara spesifik untuk meningkatkan kekuatan setelah proses pendinginan dan proses pembentukan dengan kenaikan proses pendinginansan pembentukan dengan kenaikan suhu, seperti rolling atau ekstrusi dan untuk property mekanis yang telah dikembangkan oleh *artificial ageing.*

2.7. Uji faktor efektifitas rem (FER)

Harga yang diperoleh dengan membagi momen rem *T* (kg.mm) denganhasil perkalian antara gaya tekan*P* (kg) yang dikenakan pada ujung-ujung sepatu rem dan jari-jari drum (mm) disebut Factor Efektifitas Rem (FER). FER tergantung pada macam dan ukuran drum rem, koefisien gesek juga merupakan salah satu faktor penting pada FER.

Gaya gesek adalah gaya yang berarah melawan gerak benda atau arah kecenderungan benda akan bergerak. Gaya gesek muncul apabila dua buah benda bersentuhan. Gaya gesek muncul apabila dua buah benda bersentuhan. Gaya-gaya yang bekerja antara lain adalah gaya elektrostatik pada masing-masing permukaan. Permukaan yang halus akan menyebabkan gaya gesek (atau tepatnya koefisien gaya gesek) menjadi lebih kecil nilainya dibandingkan dengan permukaan yang kasar.

Eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi gaya gesekan, memahami konsep gaya gesek statik dan kinetik dan menentukan koefisien gesek statik dan kinetik dimana tahap awal yang dilakukan adalah sama.

Terdapat dua jenis gaya gesek antara dua buah benda yang padat saling bergerak lurus, yaitu gaya gesek statis dan gaya gesek kinetis, yang dibedakan antara titik-titik sentuh antara kedua permukaan yang tetap atau saling berganti. Gaya gesek statis dihasilkan dari sebuah gaya yang diaplikasikan tepat sebelum benda tersebut bergerak. Gaya gesekan maksimum antara dua permukaan sebelum gerakan terjadi adalah hasil dari koefisien gesek statis dikalikan dengan gaya

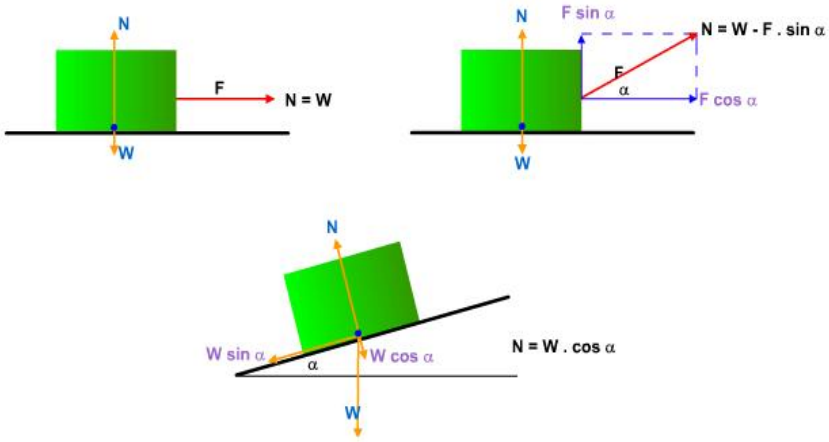
normal $\mathbf{f = \mu_s F_n}$. Ketika tidak ada gerakan yang terjadi, gaya gesek dapat memiliki nilai dari nol hingga gaya gesek maksimum. Setiap gaya yang lebih kecil dari gaya gesek maksimum yang berusaha untuk menggerakkan salah satu benda akan dilawan oleh gaya gesekan yang setara dengan besar gaya tersebut namun berlawanan arah. Setiap gaya yang lebih besar dari gaya gesek maksimum akan menyebabkan gerakan terjadi. Setelah gerakan terjadi, gaya gesekan statis tidak lagi dapat digunakan untuk menggambarkan kinetika benda, sehingga digunakan gaya gesek kinetis.

2.7.1 Gaya gesekan statis dan kinetis.

Pada saat benda kerja semua sekali tidak bergerak ($\sum F = 0$) karena landasan mempunyai gaya f yang besanya sama tetapi arahnya berlawanan $(F = f)$ gaya gesekan ini disebut gaya statis fs. Besanya gaya stastis maksimum dirumuskan sebagai berikut :$f_{max} = \mu_S N$

Pengerakan benda dibutuhkan untuk terus bergerak lebih kecil dibandingkan saat awal belum bergerak $(\sum F = ma)$gaya gesekan yang bekerja adalah gaya gesekan kinetic fk. Besarnya gaya gesekan kinetis dapat sebagai berikut :$fk = \mu kN$

Berikut disimpulkan bahwa Hukum I Newuton yaitu ($\sum F = 0$) dan pada gaya tetapi berawalan arah gaya aksi dan reasi Hukum III Newton. Pada saat gaya dorong menyebabkan benda tersebut bergerak dengan suatu percepatan tertentu berlaku Hukum II Newton, yaitu ($\sum F = ma$).



Gambar 2.5. Gaya gesekan bidang mirimg maupun normal.

Jika satu benda taruh dalam bisang miring, benda tersebut karena pengaruh gravitasi akan bergerak de bawah. Akan tetapi ketika dua benda bersenthan bejerja gaya gesekan jadi ada dua yang terjadi benda akan tetap diam jika gaya berat benda tidak lebih besar gaya gesekan statis. Kemungkinan kedua benda bergerak dengan percepatan tertentu karena gaya berat benda lebih besar dari gaya gesek statis.

Pentingnya eksperimen ini dilakukan yaitu untuk mengetahui lebih dalam lagi mengenai gaya gesekan, tanpa kita sadari kehidupan kita sehari-hari tidak terlepas dari *bantuan* gaya gesekan, kita bisa terpeleset ketika menginjakkan kaki pada sesuatu yang licin karena tidak ada gaya gesek yang bekerja, tanpa gaya gesek kita tidak akan bisa berjalan, roda sepeda motor atau mobil juga tidak akan bisa berputar. Untuk itu setelah memahami apa itu gaya gesek dan konsepnya maka kita tdk akan kesulitan lagi dengan hal-hal yang terkait dengan gaya gesekan. Setelah kita mengetahui, maka kita akan menghindari gaya gesekan yang bersifat merugikan dengan mengetahui penyebabnya, melalui eksperimen ini hal yang dapat diketahui yaitu:

Yang mempengaruhi gaya gesek adalah sebagai berikut :

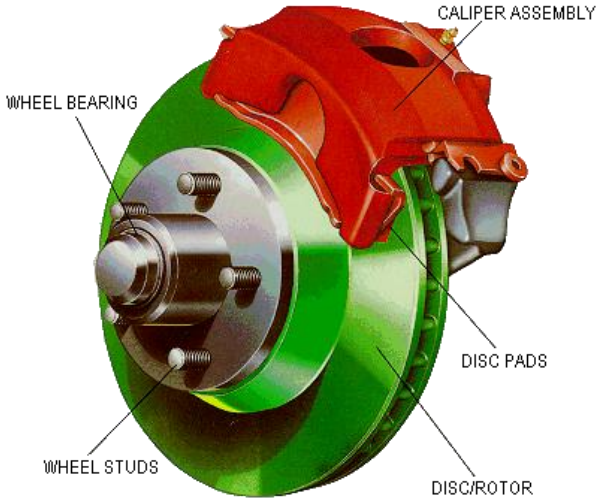
1. Koefisien gesekan (μ) adalah tingkat kekasaran permukaan yang bergesekan. Makin kasar kontak bidang permukaan yang bergesekan makin besar gesekan yang ditimbulkan.

Jika bidang kasar sekali , maka μ = 1.

Jika bidang halus sekali , maka μ = 0.

2. Gaya normal (N) adalah gaya reaksi dari bidang akibat gaya aksi dari benda. Makin besar gaya normalnya makin besar gesekannya.

yang diperlukan untuk menggerakan benda pada bidang gesek[satuan N] N = Gaya normal [satuan N] Pada bidang miring α maka μ = P/Gcosα FER harus dihitung dari ukuran yang sesungguhnya dengan rumus atau diagram.



Gambar 3.6. Rem cakram

Untuk pengereman maksimum, factor – factor yang harus diperhatikan adalah ukuran remnya digunakankarena rem berpengaruh pada jarak pengereman itu sendiri.

Jika $R_2 = 1{,}5R_1$, maka

$K_1 = 1{,}021$ untuk $\phi = 25^o$

$K_1 = 1{,}04$ untuk $\phi = 45^o$

Satu cakram ditekan oleh gaya P (kg) x 2 dari kedua sisinya. Jika pusat tekanan ada di $K_1 R_m = r$, maka faktor efektifitas rem (FER) adalah

$(FER) = 2T / Fr = 2\mu$

$FER = 2.\mu$