

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang serat nanas sebagai bahan komposit pengganti kampas rem asbestos pernah dilakukan oleh Swamidoss & Prasanth (2015). Metode yang digunakan yaitu *hand lay up* dengan temperatur dan waktu pencetakan masing-masing 140°C dan 2 menit. Variasi penambahan serat sebanyak 10%, 20% dan 30%, yang sebelumnya serat sudah dilakukan *treatment* alkalisasi perendaman menggunakan larutan NaOH selama 1 jam. Matriks yang digunakan yaitu *epoxyresin* dan *hardener* dengan perbandingan 10:1. Dari hasil penelitiannya didapat nilai kekerasan tertinggi pada komposisi 10% serat yaitu 101,6 BHN dan laju keausan rata-rata yaitu  $4,09 \times 10^{-9}$  mm<sup>2</sup>/kg.

Prasetyo dkk (2013) telah melakukan penelitian terkait pembuatan komposit sebagai bahan alternatif pengganti kampas rem asbestos. *Filler* atau penguat yang digunakan berupa serat ijuk dengan penambahan serbuk kuningan yang berbeda-beda komposisi pada tiap variasi, MgO sebanyak 20%, dan matriks epoksi resin sebanyak 10%. Serbuk kuningan digunakan sebagai bahan untuk mengurangi tingkat keausan komposit, sedangkan MgO digunakan sebagai bahan abrasif atau bahan tahan panas. Dari hasil penelitiannya didapatkan spesimen dengan komposisi serat ijuk 25%, serbuk kuningan 45%, MgO 20% dan resin epoksi 10% memiliki besar nilai keausan yang mendekati dengan kampas rem pembanding yaitu  $0,087 \times 10^{-7}$  mm<sup>2</sup>/kg.

Kemudian Purboputro (2016) melakukan penelitian tentang pengembangan kampas rem komposit serat bambu/poliester. *Filler* yang digunakan yaitu serat bambu, *fiberglass*, serbuk aluminium, dengan matrik poliester. Dari hasil penelitiannya didapat nilai kekerasan komposit serat bambu yaitu sebesar 14,47 BHN yang lebih keras dibanding produk dipasaran dengan harga kekerasan sebesar 13,7 BHN. Nilai keausan yaitu sebesar 0,00041 mm<sup>2</sup>/kg pada kondisi kering dan 0,0062 mm<sup>2</sup>/kg pada kondisi basah.

Chandrabakty dkk (2014) meneliti kuat tarik komposit serat sabut kelapa bermatriks epoksi dengan variasi waktu penjemuran serat selama 10, 20, dan 30 hari di ruang terbuka tanpa terkena sinar matahari langsung. Dari penelitian yang dilakukan didapat hasil kuat tarik komposit tidak begitu ada perbedaan yang signifikan yaitu berkisar 16-17 MPa, dengan kuat tarik tertinggi ada pada spesimen tanpa perlakuan yaitu sebesar 17,56 MPa. Dapat diketahui bahwa lama waktu penjemuran tidak terlalu berpengaruh terhadap kuat tarik dari komposit.

Arbintarso (2015) melakukan penelitian tentang tinjauan komposit berbagai serat alam sebagai bahan alternatif pelapis bodi mobil. Serat yang digunakan dalam penelitiannya, antara lain, serat sabut kelapa, serat rosela dan serat nanas. Dari hasil pengujian serat tunggal yang dilakukan, didapatkan hasil tegangan tarik serat sabut kalapa yaitu 158 MPa, serat rosela 252 MPa dan serat nanas yaitu 386 MPa. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa serat nanas memiliki kuat tarik yang cukup tinggi untuk digunakan sebagai bahan penguat komposit.

Joni (2010) melakukan penelitian kuat tarik serat kayu khombouw /epoxyresin dengan *treatment* alkalisasi NaOH selama 4 jam. Variasi yang digunakan pada penelitiannya adalah orientasi arah serat. Dari hasil penelitiannya didapatkan kuat tarik tertinggi ada pada spesimen dengan arah serat 45° yaitu 11,33 MPa dan modulus elastisitas sebesar 121,5 MPa.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Puja (2011) bahan komposit yang digunakan yaitu serbuk dari kayu jati dimana sebelumnya dilakukan proses pengarangan terlebih dahulu pada kayu jati pada suhu 200°C memberikan kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 21 (MPa) yang terjadi pada kandungan *filler* 40%. Koefesien gesek terbesar bernilai (0,79) terdapat pada komposit dengan kandungan *filler* sebanyak 54%.

Perbedaan sifat alami pada serat alam (*hydrophilic*) dan matriks (*hydrophobic*) menyebabkan ikatan antar serat dan matriks menjadi lemah dan dapat menurunkan sifat mekanik komposit, sehingga diperlukannya proses alkalisasi menggunakan larutan NaOH agar serat alam dapat terikat dengan matriks secara sempurna (Akil dkk, 2011). Perendaman serat menggunakan

larutan alkali 6% NaOH selama 1 jam pada suhu ruangan merupakan konsentrasi yang optimum (Sosiati dkk, 2015).

Penelitian mengenai *treatment* serat pernah dilakukan oleh Ray dkk (2001). Pada penelitiannya, permukaan serat jute diberikan perlakuan perendaman dengan larutan alkali 5% selama 0, 2, 4, 6 dan 8 jam, dilanjutkan dengan pencucian serat untuk menetralkan larutan alkali dengan asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), kemudian serat dikeringkan pada suhu ruangan selama 48 jam. Hasil menunjukkan, modulus elastisitas serat jute meningkat sebesar 12%, 68%, dan 79% setelah perlakuan berturut-turut selama 4, 6 dan 8 jam. Namun pada perlakuan permukaan 8 jam persentase regangan patah serat menurun sebesar 23%. Hasil pengujian kekuatan lentur komposit menunjukkan bahwa perlakuan alkalisasi selama 4 jam menghasilkan nilai kekuatan tertinggi dengan kurva *tenacity* dan % regangan patah bertamu pada satu titik.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1 Rem**

Rem pada suatu kendaraan merupakan komponen yang keberadaannya sangatlah penting. Rem digunakan untuk mengendalikan putaran poros, terutama untuk menurunkan putaran, sehingga kendaraan dapat melambat dan berhenti dengan sempurna. Menurut Jossy (2011), rem adalah komponen yang mengubah energi mekanik menjadi energi thermal / panas melalui gesekan antara kampas rem dengan tromol ataupun cakram. Semakin cepat suatu kendaraan maka diperlukan kapasitas sistem pengereman yang efektif pula agar kendaraan menjadi aman.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas rem (Jossy, 2011) :

1. Batas dari kecepatan motor
2. Koefisien gesek bidang yang mengalami pengereman dengan kampas rem
3. Tekanan antara permukaan bidang pengereman dengan kampas rem.
4. Area pengereman (bidang gesek).
5. kemampuan kampas rem dalam menyerap panas yang diakibatkan dari gesekan antara kampas rem dengan bidang pengereman.

Berdasarkan kontuksinya rem terbagi atas 2 jenis yaitu :

1. Rem *drum* (rem tromol)

Rem drum dikenal juga dengan sebutan rem tromol. Pada dasarnya rem drum adalah rem blok dengan penekanan blok pada sisi dalam drum. Sehingga prosedur perancangan dan cara kerjanya juga sangat mirip dengan rem blok. Perbedaannya terutama terletak pada system pelayanannya. Karena posisi blok yang terletak di dalam drum, maka ruang yang tersedia untuk mekanisme pelayanannya menjadi terbatas sehingga konstruksinya menjadi agak lebih rumit dibandingkan dengan rem blok. Pada gambar 2.1 diperlihatkan komponen-komponen yang terdapat pada rem *drum*.



**Gambar 2.1** rem *drum*/tromol

(Sumber: <http://www.otospeedcar.com/2018/02/fungsi-komponen-rem-tromol-mobil.html>, diakses tanggal 23/04/2018)

**Kelebihannya :** Ringkas dan tidak memerlukan ruang yang besar. Untuk pengendalian daya yang besar, pelayanan bisa dilakukan secara hidrolis sehingga dengan gaya pelayanan yang kecil bisa dibangkitkan gaya penekanan yang cukup besar untuk.

**Kekurangannya :** Karena bgiannya-bagiannya biasanya ditutup oleh drumnya, maka sikulasi udara di sekitar kontak pengereman kurang memadai sehingga pembuangan kalor yang dibangkitkan dari

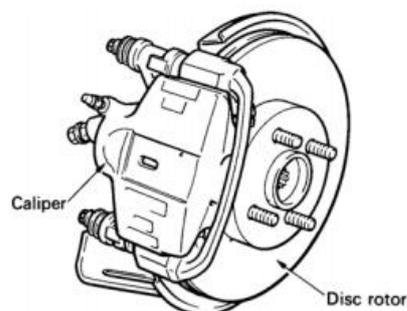
pengereman menjadi agak lambat. Dibandingkan dengan rem pita dan rem blok, konstruksinya lebih kompleks.

## 2. Rem Cakram (*Disk Brake*)

Saat ini rem cakram sudah menjadi standar pengereman pada hampir sebagian besar industri otomotif di dunia. Rem cakram umumnya terdiri dari beberapa komponen, antara lain yaitu cakram (*disc rotor*), bahan gesek (*disc pad*/kampus rem), dan kaliper rem. Pada dasarnya bentuk konstruksi dari rem cakram sama dengan rem tromol hanya pada rem cakram menggunakan piringan atau *disc* sebagai permukaan bidang gesek. Cara kerja rem cakram ini menggunakan sistem hidrolis, selanjutnya pengereman terjadi akibat dari gesekan antara kampas rem (*pad*) dengan cakram (*disc*) (Andun, 2005).

Kelebihannya : Konstruksinya lebih sederhana, penggantian kampas rem mudah, tanpa penyetelan, karena berada diluar rem ini cepat melepas panas akibat dari gesekan yang ditimbulkan dari permukaan bidang gesek dengan kampas rem

Kelemahannya : Diperlukan tekanan pengereman yang lebih besar untuk mendapatkan daya pengereman yang efisien karena *Self energizing effect* yang terjadi pada rem cakram sangat kecil, selain itu pad cenderung lebih cepat aus dibanding dengan sepatu rem pada rem tromol.



**Gambar 2.2** Rem Cakram

(Sumber: <https://www.cronyos.com/materi-pembelajaran-sistem-rem-cakram/>, diakses tanggal 23/04/2018).

Prinsip kerja rem cakram adalah pada saat tuas rem ditekan maka minyak rem akan mendorong piston dengan menggunakan gaya hidrolis untuk menekan kampas rem agar bergesekan dengan piringan cakram (*disc*) yang terhubung ke roda, sehingga laju kendaraan diperlambat. Rem mengubah energi kinetik menjadi energi panas, serta membuat bahan friksi menjadi panas pula, hal tersebut membuat rem menjadi tidak efektif atau tidak pakem.

### 2.2.2 Kampas Rem

Kampas rem (*pad Brake*) atau lebih dikenal dengan sebutan kampas rem merupakan komponen pad rem cakram dan tromol yang berfungsi bersama sama dengan piringan saling bergesekan untuk menghasilkan daya pengereman (Suprpto, 2006). Pada umumnya *pad* ini dibuat dari campuran *metallic fiber* ditambah sedikit serbuk besi, untuk *pad* jenis ini biasanya disebut dengan “*Semi Metallic Disc Pad*”

Ada dua tipe pad, yaitu pad dengan celah dan pad tanpa celah. Celah pada bagian tengah pad ini berfungsi sebagai indikator ketebalan pad yang diizinkan, sehingga ketika permukaan sudah rata ataupun dikatakan tidak terdapat celah lagi maka pad haruslah diganti karena sudah aus (terkikis). Pada sebagian *pad* terdapat komponen *metallic plate* atau *anti squal shim* yang di pasang dengan tujuan untuk mencegah terjadinya bunyi saat berlangsungnya proses pengereman. Untuk lebih jelasnya mengenai kampas rem pada komponen sistem rem maka berikut adalah gambar kampas rem yang digunakan pada kendaraan (Suprpto, 2006).



**Gambar 2.3** Kampas Rem Sepeda Motor

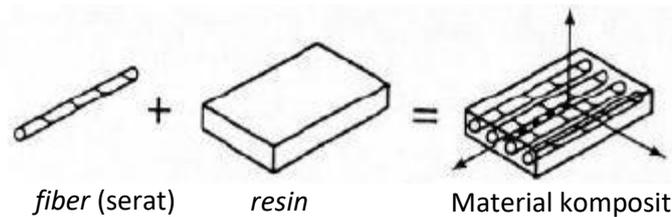
(Sumber : [https://motorplus.gridoto.com/ilustrasi\\_kampus\\_rem/](https://motorplus.gridoto.com/ilustrasi_kampus_rem/) diakses tanggal 15/05/2018)

### 2.2.3 Komposit

Material komposit merupakan material yang tersusun dari dua jenis material atau lebih yang memiliki sifat fisis dan mekanik yang berbeda. Bahan penyusun komposit pada umumnya terdiri dari dua komponen, yaitu *filler* sebagai bahan penguat dan matriks sebagai bahan pengikat (Matthews dkk, 1994). Keunggulan dari material komposit jika dibandingkan dengan material logam adalah memiliki sifat mekanik yang baik, tidak mudah korosi, bahan baku mudah diperoleh, harga yang relatif murah, dan mempunyai massa jenis yang relatif rendah (Porwanto dkk, 2006).

Komposit terbentuk dari dua elemen yang berbeda, yaitu :

1. *Filler (reinforcement)*, sebagai penopang dan penguat komposit. *Filler* bisa berasal dari alam maupun sintetis.
2. Matriks, berfungsi sebagai pengikat pada komposit dan melindungi *filler* dari kerusakan eksternal.

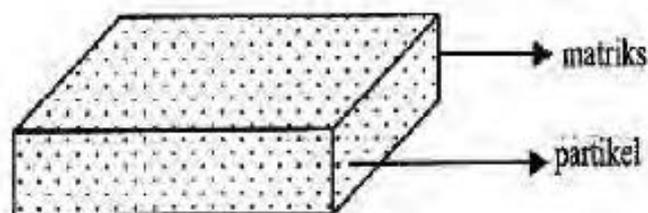


**Gambar 2.4** Ilustrasi Komposisi Komposit (Jones, 1999)

Dilihat dari bentuk penguatnya, komposit digolongkan kedalam tiga jenis yaitu : komposit partikel, komposit serat dan komposit lapis (Jones, 1999).

#### a. Komposit Partikel (*particulate composites*)

Komposit partikel merupakan jenis komposit yang penguat atau *fillernya* berbentuk partikel atau serbuk yang tercampur merata didalam matriksnya.



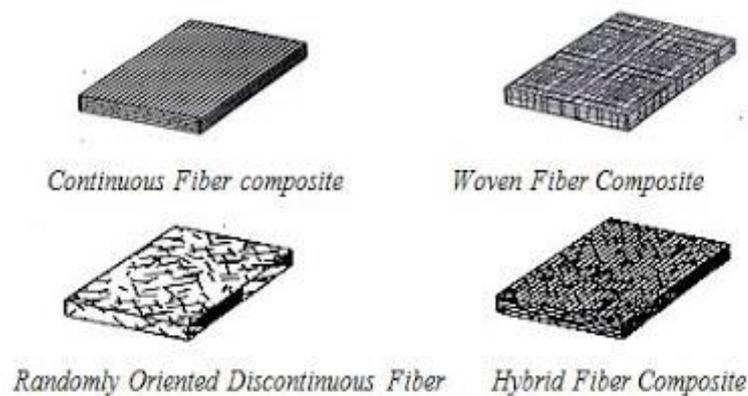
**Gambar 2.5** Komposit Partikel (Gibson, 1994)

b. Komposit Serat (*fibrous composites*)

Komposit serat merupakan komposit yang material pembentuknya terdiri dari serat dan matriks. Serat berperan sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga besar dan kecilnya sifat mekanik pada komposit ini sangat bergantung pada jenis serat yang digunakan. Tegangan yang diterima komposit awalnya diterima oleh matriks kemudian akan diteruskan kepada serat, sehingga beban maksimum akan ditahan oleh serat.

Dalam pembuatannya komposit serat dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan tata letak susunan seratnya, antara lain :

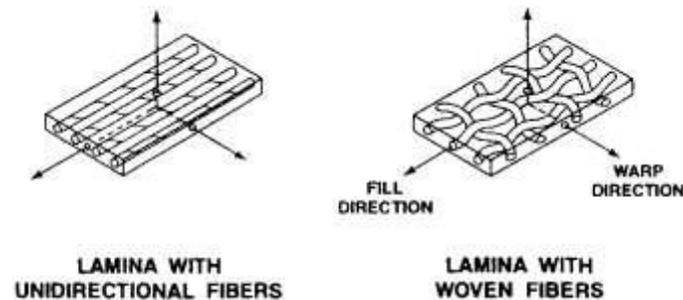
1. *Continuous fiber composite* (penyusunan komposit serat secara kontinue)
2. *Woven fiber composite* (penyusunan komposit serat secara anyam)
3. *Randomly Oriented Discontinuous Fiber* (penyusunan komposit serat secara pendek/acak),
4. *Hybrid Fiber composite* (penyusunan komposit serat secara kontinyu dan serat acak).



**Gambar 2.6** Jenis-jenis komposit serat (Gibson, 1994)

c. Komposit Lapis (*Laminates composites*)

Komposit lapis adalah komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang kemudian digabung menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik sifat yang berbeda. Contoh dari komposit ini antara lain bimetal, pelapis logam kaca dan komposit lapis serat.



**Gambar 2.7** Komposit Lapis (Lamina) (Jones, 1999)

Dilihat dari jenis matrik yang digunakan komposit dapat dibagi kedalam tiga kelompok utama yaitu:

- A. Komposit dengan Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites – PMC*)  
 Jenis matriks ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat (*Fibre Reinforced Polymer – FRP*). Jenis ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriksnya dan serat sebagai penguatnya.

Keunggulan komposit ini diantaranya :

- a. Biaya produksi lebih rendah
- b. Ketangguhan baik
- c. Tahan simpan
- d. Ringan
- e. Dapat dibuat dengan produksi massal
- f. Kemampuan mengikuti bentuk

Jenis polimer yang sering digunakan (Surdia & Saito, 1999) antara lain:

1. *Thermoplastic*

*Thermoplastic* adalah jenis plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan meleleh pada temperatur tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (*reversible*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh bahan *thermoplastic* yaitu poliester, Nylon 66, PET, PP, PTFE, PES dan poliester eterketon (PEEK).

## 2. *Thermoset*

*Thermoset* merupakan jenis matriks yang bila telah mengalami pengerasan tidak dapat dilunakkan kembali (*irreversible*). Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan *thermoset* melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Contoh dari *thermoset* yaitu *Epoxyresin*, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI).

### B. Komposit dengan Matrik logam (*Metal Matrix Composites* - MMC)

Komposit matrik logam (*metal matrix composites*) paling banyak digunakan pada industri otomotif, *Metal matrix composites* adalah jenis komposit yang menggunakan logam sebagai matriksnya. Bahan ini menggunakan suatu logam seperti aluminium atau yang lainnya sebagai matriks kemudian penguatnya menggunakan serat seperti silikon karbida. Sejak tahun 1996 material MMC mulai dikembangkan, pertama kali yang diteliti adalah *continous filamen* MMC yang digunakan dalam aplikasi *aerospace*. Contoh : aluminium dan paduannya, titanium dan paduannya, magnesium dan paduannya.

Keunggulan MMC dibandingkan dengan komposit polimer yaitu :

- a. Transfer regangan dan tegangan yang baik.
- b. Tahan terhadap temperature tinggi
- c. Tidak menyerap kelembapan.
- d. Tidak mudah terbakar.
- e. Kekuatan geser serta tekan yang baik.
- f. Mempunyai muai thermal dan ketahanan aus yang lebih baik

Kekurangan :

- a. Mahal
- b. Standarisasi material dan proses yang sedikit

Sifat Matrik pada MMC :

- a. Mempunyai keuletan yang besar
- b. Mempunyai densitas yang rendah
- c. Mempunyai titik lebur yang rendah

Aplikasi MMC, yaitu sebagai berikut :

- a. Komponen otomotif (blok-silinder-mesin, *pully*, poros gardan dll)
- b. Peralatan militer (sudu turbin, cakram kompresor dll)
- c. *Aircraft* (rak listrik pada pesawat terbang)
- d. Peralatan elektronik

C. Komposit dengan Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites –MMC*).

Komposit matrik keramik CMC (*ceramic matrix composites* ) merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa sebagai matrik dan 1 fasa berfungsi sebagai penguat. Bahan ini menggunakan keramik sebagai matriks yang diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*whiskers*) yang terbuat dari silikon karbida atau boron nitrida. CMC umumnya menggunakan *oksida*, *carbide*, dan *nitrid* sebagai bahan penguat. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah penguat atau biasa disebut dengan proses DIMOX.

Matrik yang digunakan pada CMC antara lain :

1. Alumina
2. Silikon Nitrida
3. Gelas anorganik
4. Keramik gelas

Keunggulan dari CMC :

1. Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus
2. Sangat tangguh, bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari *cast iron*
3. Memiliki dimensi yang stabil, bahkan lebih stabil dari pada logam
4. Ketangguhan dan kekuatan tinggi, serta tahan korosi
5. Tahan pada temperatur tinggi (*creep*)
6. Pada temperatur tinggi unsur kimianya stabil

Kerugian dari CMC :

1. Dalam jumlah besar sulit diproduksi
2. Hanya untuk pengaplikasian tertentu
3. Mahal dan *non-cot effective*

Aplikasi CMC, antara lain sebagai berikut :

1. *Chemical processing* contohnya *seals, piping, filters, membranes liners*, dan *hangers*
2. Kombinasi dalam rekayasa *wiskers* SiC/alumina *polikristalin* untuk perkakas potong.
3. *Wate inineration* contohnya *heat pipes, sensors, burnes, furnacc part*, dan *filters*
4. *Power generation* contohnya *nozzles, heat exchange tubes, liner, vanrs, recuperators*, dan *combustorrs*
5. SiC/litium aluminosilikat (LAS) untuk calon material mesin panas
6. Serat grafit/gelas boron silikat untuk alas cermin laser
7. Grafit/keramik gelas untuk bantalan, perapat dan lem.

#### 2.2.4 Matrik

Matrik merupakan salah satu elemen pada komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (Gibson, 1994). Matrik dalam komposit berguna sebagai bahan pengikat serat agar menjadi sebuah unit struktur, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, serta melindungi dari kerusakan eksternal. Matrik dan serat harus saling melekat satu sama lain dan juga harus bebas dari reaksi yang mengganggu.

Fungsi dari matrik antara lain:

- a. Mengikat *filler* agar tetap pada posisinya.
- b. Melindung serat dari gesekan mekanik.
- c. Mentrasfer tegangan ke serat secara merata.
- d. Tetap Stabil setelah proses fabrikasi.
- e. Melindungi dari kerusakan eksternal.

#### 2.2.5 Epoxy Resin

*Epoxy* adalah salah satu jenis matrik polimer yang terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda yaitu resin dan *hardener*. Resin ini terdiri dari polimer atau monomor rantai pendek dengan kelompok epoksida pada kedua ujungnya. Bila dicampur dengan takaran perbandingan yang tepat, maka akan

menghasilkan massa yang padat dan dapat melekat dengan baik pada kayu, logam, kulit maupun beton. Menurut Surdia (1999), jenis epoksi dapat diperkuat dengan logam, keramik dan bermacam-macam serat atau partikel.

Adapun beberapa sifat yang terdapat pada *epoxyresin* yaitu:

### 1. Sifat Fisik

Seperti kebanyakan plastik, *epoxyresin* adalah konduktor panas yang buruk dan isolator listrik. Kecuali jika ada penambahan campuran, misalnya serbuk logam/karbon.

### 2. Sifat Kimia

Sinar ultraviolet mempengaruhi struktur kimia dari *epoxyresin* jika terpapar pada jangka waktu yang lama.

### 3. Sifat Mekanik

*Epoxyresin* jika dalam bentuk asli mempunyai sifat keras dan getas. Akan tetapi dalam penggunaannya, untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik plastik selalu dicampur dengan bahan lain. Sifat mekanik juga sangat banyak dimodifikasi sifatnya. Baik dari segi keuletan, kekuatan, kelenturan, sampai kearah sobekan. Pada tabel 2.1 menunjukkan sifat mekanik *epoxyresin*.

**Tabel 2.1** Sifat mekanik *epoxyresin* (Smith & Hashemi, 2006)

Sifat	Nilai
Massa Jenis	1,2 g/cm <sup>3</sup>
Modulus Elastisitas	2,25 Gpa
Kekuatan Tarik	70 Mpa

Kelebihan *epoxyresin* (Penn & Wang, 1998):

- a. Pengerutan pada waktu konsolidasi kecil dan merekat sangat baik dengan berbagai jenis serat.
- b. Akurasi ukuran produk lebih terjamin.
- c. Tegangan sisa hasil konsolidasi kecil.

- d. Pemakaiannya sangat luas dalam produksi komposit FRP.
- e. Penyerapan airnya lambat.
- f. Sangat tahan terhadap lingkungan
- g. Reaksi konsolidasinya tidak menghasilkan produk sampingan yang berbahaya.
- h. Kandungan gelembung/rongga udara kecil

Kekurangan *epoxyresin* (Penn & Wang, 1998):

- a. Harganya lebih mahal dibandingkan *polyester* dan *vinilester*.
- b. Proses konsolidasi memakan waktu yang lama.

### 2.2.6 Serat Nanas

Di Indonesia, nanas sudah banyak dibudiyakan, terutama di pulau Jawa dan Sumatra yang antara lain terdapat di daerah Subang, Puwakarta, Purbalingga, Majalengka, Bengkulu, Lampung dan Palembang. *Pineapple Leaf Fiber* (PALF) atau yang lebih dikenal dengan serat daun nanas merupakan salah satu jenis serat alam yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fiber*) yang diperoleh dari daun nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain *Ananas Cosmosus* (termasuk dalam keluarga *Bromeliaceae*), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim yang akan dibongkar setelah dua atau tiga kali panen untuk diganti tanaman baru, oleh karena itu limbah dari daun nanas cukup banyak yang terbuang dan dapat dimanfaatkan untuk keperluan tekstil maupun industri otomotif (Hidayat, 2008).

Daun nanas memiliki bentuk seperti pedang yang meruncing diujungnya dengan warna hijau kehitaman dan duri pada tepi daunnya. Setiap *species* atau varietas nanas memiliki ukuran yang berbeda-beda, rata-rata panjang daun nanas berkisar antara 55 sampai 75 cm dengan lebar lebar 3,1 sampai 5,3 cm dan tebal antara 0,18 sampai 0,27 cm. Selain *species* atau varietas nanas, jarak tanaman dan intensitas sinar matahari akan mempengaruhi pertumbuhan panjang daun dan karakteristik dari serat yang dihasilkan. Pada umumnya, intensitas matahari yang tidak terlalu banyak akan menghasilkan serat yang halus, kuat dan mirip sutera (*fine, strong and*

*silky fibre*) (Kirby. 1963). Ada lebih dari 50 varietas tanaman nanas didunia, dan yang sudah dibudidayakan di Indonesia antara lain *Cayenne*, *Abacaxi* dan *Queen*.

Pada tabel 2.2 dan 2.3 menunjukkan komposisi kimia dan sifat mekanik dari serat nanas :

**Tabel 2.2** Komposisi Kimia Serat Nanas, Kapas dan Rami (Doraiswamy & Chellamani, 1993)

<b>Komposisi Kimia</b>	<b>Serat Nanas (%)</b>	<b>Serat Kapas (%)</b>	<b>Serat Rami (%)</b>
Alpha Selulosa	69,5 – 71,5	94	72 – 92
Pentosan	17 – 17,8	-	-
Lignin	4,4 – 4,7	-	0 – 1
Pektin	1 – 1,2	0,9	3 – 27
Lemak dan Wax	3 – 3,3	0,6	0,2
Abu	0,71 – 0,87	1,2	2,87
Zat-zat lain (protein, asam organik, dll)	4,5 - 5,3	1,3	6,2

**Tabel 2.3** Sifat mekanik serat nanas (George dkk, 1997)

<b>Sifat</b>	<b>Nilai</b>
Massa jenis	1,526 g/cm <sup>3</sup>
Tegangan tarik	170 Mpa
Modulus Elastisitas	6260 Mpa
Elongasi	3 %
<i>Moisture regain</i>	12 %

### 2.2.7 Magnesium Oksida (MgO)

Magnesium Oksida atau magnesia (MgO) merupakan sumber magnesium dan suatu mineral padat higroskopis berwarna putih yang terdiri dari satu kisi ion Mg<sup>2+</sup> dan ion O<sup>2-</sup> yang berpegangan melalui ikatan ionik dan memiliki rumus

empiris MgO. MgO dikenal sebagai bahan tahan api. Yaitu padatan yang secara fisik dan kimiawi stabil pada suhu tinggi. MgO banyak digunakan di dunia industri refraktori, pertanian, kimia, konstruksi, dan aplikasi industri lainnya (Mark, 2006).

Adapun sifat-sifat yang dimiliki oleh magnesium oksida (MgO) ditunjukkan pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Sifat-sifat magnesium oksida

<b>Sifat</b>	<b>Nilai/bentuk</b>
Rumus molekul	MgO
Densitas	3,58 gr/cm <sup>3</sup>
Berat molekul	40,3044 gr/mol
Penampilan	Serbuk putih
Bau	Tidak berbau
Titik lebur	2852°C (5166°F; 3125 K)
Titik didih	3600 °C (6510 °F; 3870 K)
Kelarutan dalam air	0,0086 gr/100 mL (30°C)

### 2.2.8 Serbuk Kuningan

Kuningan (CuZn) merupakan logam yang terdiri dari campuran tembaga dan seng, dengan besar massa jenis 8,4 gr/cm<sup>3</sup>. Komponen utama dari kuningan sendiri ialah tembaga, dan biasanya kuningan diklarifikasikan sebagai paduan dari tembaga. Jumlah kadar seng sendiri mempengaruhi warna dari tembaga yang biasanya memiliki warna dari coklat kemerahan gelap hingga cahaya kuning keperakan sehingga seng lebih banyak mempengaruhi warna dari kuningan tersebut. Kuningan mempunyai sifat yang lebih kuat dan lebih keras dari tembaga, tetapi tidak sekuat atau sekeras baja. Kuningan sangat mudah untuk dibentuk kedalam berbagai bentuk karena sifatnya yang elastis, selain itu kuningan

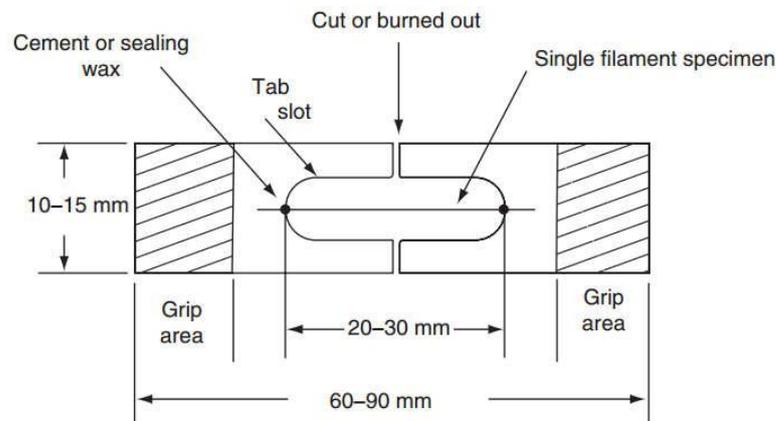
merupakan konduktor panas yang baik, dan pada umumnya tahan terhadap korosi udara serta air garam. Karena memiliki sifat-sifat tersebut kebanyakan kuningan digunakan untuk membuat pipa tabung, aplikasi kapal laut, sekrup, radiator, alat musik, dan casing cartridge untuk senjata api. (Nugroho dkk, 2017).

### **2.2.9 Alkalisasi**

Perbedaan sifat alami pada serat alam (*hydrophilic*) dan matriks (*hydrophobic*) menyebabkan ikatan antar serat dan matriks menjadi lemah dan dapat menurunkan sifat mekanik komposit, sehingga diperlukannya proses alkalisasi (Akil dkk, 2011). Alkalisasi pada serat alam dilakukan dengan tujuan untuk melarutkan kotoran yang menempel pada lapisan luar serat dan kandungan lignin. Larutan yang biasanya digunakan dalam proses alkalisasi yaitu NaOH (Natrium Hidroksida), KOH (Kalium Hidroksida) dan LiOH (Lithium Hidroksida). Serat yang telah diberi perlakuan alkalisasi akan memiliki tingkat penyerapan *moisture* yang tinggi jika proses alkalisasi terlalu lama dan konsentrasi yang tinggi, dikarenakan lignin yang masih menempel pada selulosa telah larut. Lignin memiliki sifat *hydrophobic* yang kompatibel dengan matrik, sehingga dengan proses alkalisasi yang tepat dapat memperbaiki kompatibilitas serat dengan matriknya dikarenakan lignin yang melekat pada selulosa tidak seluruhnya larut (John & Anandjiwala, 2008).

### **2.2.10 Pengujian Serat Tunggal**

Pengujian serat tunggal bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan tegangan tarik maksimum, regangan dan modulus elastisitas suatu serat alam. Standar yang digunakan pada pengujian ini adalah ASTM D3379.



**Gambar 2.8** Spesimen uji tarik serat tunggal, ASTM D 3379

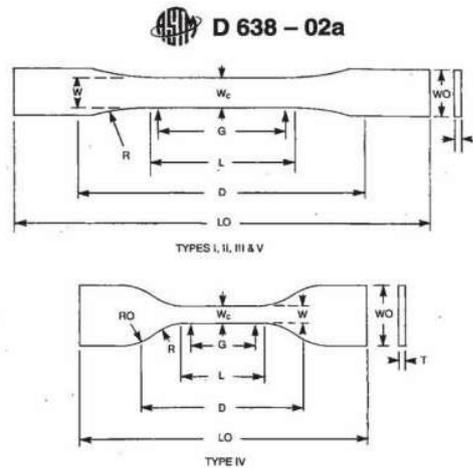
Posisi serat harus benar-benar lurus dan terbebas dari awal (*initial stress*), kemudian serat direkatkan membentang pada celah yang sudah dibuat pada karton menggunakan lem. Setelah dipasang pada mesin uji dan dibuat celahnya, spesimen diberi pembebanan secara gradual hingga putus dan secara simultan grafik gaya dan perpanjangannya direkam ( $F$  vs  $\Delta l$ ).

### 2.2.11 Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah salah satu metode yang bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu material (tegangan, regangan dan modulus elastisitas bahan material) yang dilakukan dengan cara menarik spesimen uji sampai putus. Pengujian tarik dapat dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik atau dengan *universal testing* standar. Ada banyak standar uji yang digunakan dalam pengujian tarik, semuanya digunakan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dalam penelitian ini akan digunakan pengujian tarik dengan Standar ASTM D638-02 tipe IV.

**Tabel 2.5** Dimensi Spesimen ASTM D 638-02

Dimensions (see drawings)	Specimen Dimensions for Thickness, $T$ , mm (in.) <sup>a</sup>					Tolerances
	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl	4 (0.16) or under		
	Type I	Type II	Type III	Type IV <sup>b</sup>	Type V <sup>c,d</sup>	
W—Width of narrow section <sup>e,f</sup>	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	$\pm 0.5$ ( $\pm 0.02$ ) <sup>g,c</sup>
L—Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	$\pm 0.5$ ( $\pm 0.02$ ) <sup>c</sup>
WO—Width overall, min <sup>g</sup>	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 (+ 0.25)
WO—Width overall, min <sup>g</sup>	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)
LO—Length overall, min <sup>h</sup>	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)
G—Gage length <sup>i</sup>	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	$\pm 0.25$ ( $\pm 0.010$ ) <sup>c</sup>
G—Gage length <sup>i</sup>	...	...	...	25 (1.00)	...	$\pm 0.13$ ( $\pm 0.005$ )
D—Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) <sup>j</sup>	25.4 (1.0)	$\pm 5$ ( $\pm 0.2$ )
R—Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	$\pm 1$ ( $\pm 0.04$ ) <sup>c</sup>
RO—Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	$\pm 1$ ( $\pm 0.04$ )



**Gambar 2.9** Dimensi spesimen ASTM D 638-02a

Menurut Surdia (1999), ada beberapa hal yang mempengaruhi kekuatan tarik diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Temperatur.

Apabila temperatur naik, maka kekuatan tariknya akan turun.

b. Kelembaban.

Kelembaban akan mengakibatkan bertambahnya absorpsi air, akibatnya akan menaikkan regangan patah, sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun.

c. Laju tegangan.

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan kalau laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat tetapi regangannya mengecil.

Hubungan antara tegangan dan regangan pada beban tarik ditentukan dengan persamaan 2.1 (ASTM D 3039) sebagai berikut:

$$F = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots[2.1]$$

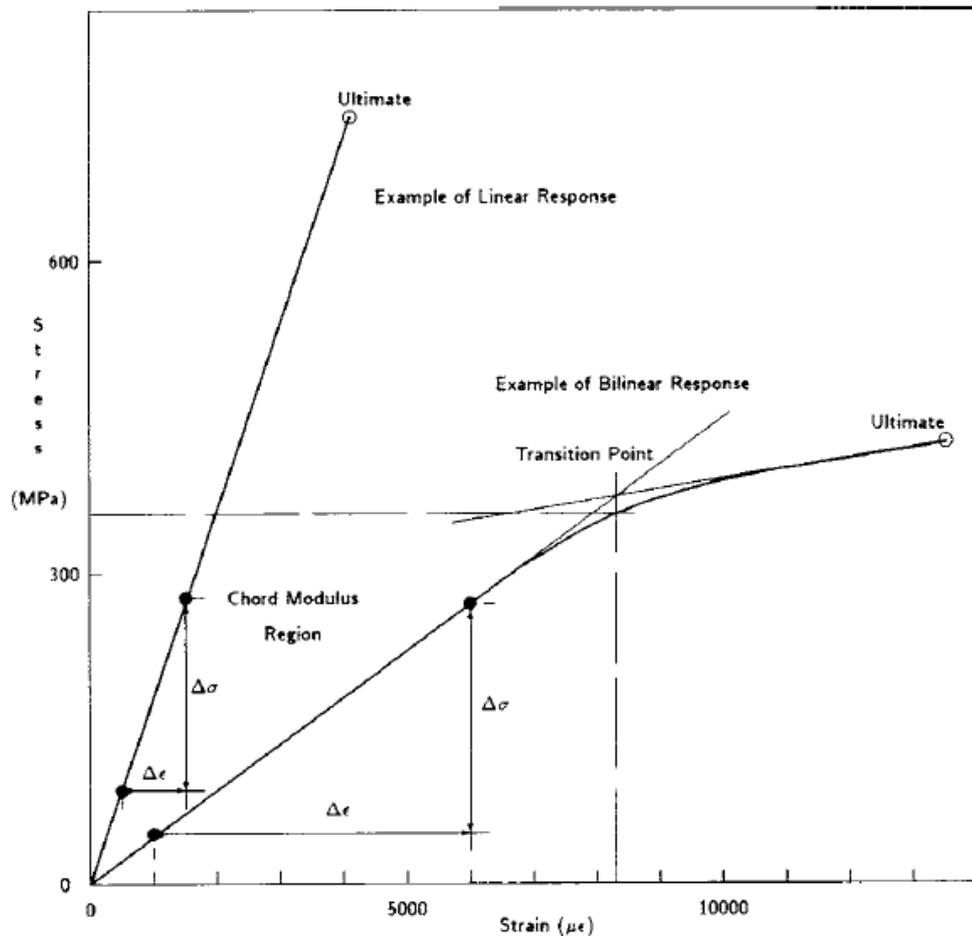
Keterangan:

F = beban (N)

A = luas penampang (mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = tegangan (MPa)

Besarnya regangan adalah jumlah dari pertambahan panjang atau ( $\Delta L$ ) karena pembebanan kemudian dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*gage length*). Nilai dari regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dengan cara membuat garis proporsional pada grafik tegangan hasil uji tarik komposit seperti ditunjukkan pada gambar 2.10 (ASTM D 3039). Rumus regangan ditunjukkan pada persamaan 2.2.



**Gambar 2.10** Grafik hubungan tegangan dengan regangan (ASTM D 3039)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots [2.2]$$

Keterangan:

- $\varepsilon$  = Regangan (mm/mm)
- $\Delta L$  = pertambahan panjang (mm)
- $L$  = panjang daerah ukur (*gage length*), (mm)

Daerah proporsional merupakan daerah dimana tegangan dan regangan yang terjadi masih sebanding, sehingga defleksi yang terjadi masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum *Hooke*.

Besarnya nilai dari modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan 2.3 (ASTM D 3039).

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{\Delta F/A}{\Delta L_f/L} \dots\dots\dots [2.3]$$

Dimana:

$E$  = Modulus elastisitas tarik (MPa)

$\sigma$  = Kekuatan tarik (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan (mm/mm)

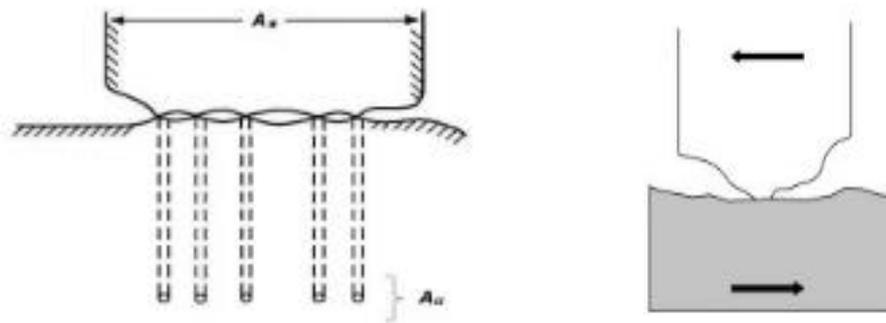
### 2.2.12 Pengujian Keausan

Keausan pada umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau berpindahannya sejumlah material dari suatu permukaan sebagai hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya. Pada dasarnya ada tiga jenis keausan : Keausan adhesi (*adhesive wear*), keausan abrasif (*abrasive wear*) dan keausan erosi (*erosive wear*). Selain itu ada beberapa jenis keausan lagi yang terpisah (jenis ini bukan jenis yang utama), yaitu kelelahan permukaan (*surface fatigue*), keadaan teriritasi (*fretting*) dan erosi kavitas (*cavitation erosion*). (Hamzah dkk, 2008).

Berikut penjelasan singkat tentang jenis keausan:

#### 1. Keausan *adhesive* (*Adhesive wear*)

Keausan *adhesive* terjadi apabila kontak permukaan dari dua jenis material atau lebih yang mengakibatkan adanya perlekatan antara satu dengan lainnya (*adhesive*) serta deformasi plastis yang pada akhirnya akan terjadi pelepasan atau pengoyakan dari salah satu material.



**Gambar 2.11** Ilustrasi Keausan *Adhesive*

(Sumber: <https://ftkceria.wordpress.com/2012/04/28/uji-keausan-wear/>, diakses tanggal 23/04/2018)

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan *adhesive wear* sebagai berikut:

- Kebersihan dari permukaan material.
- Kecenderungan dari material yang berbeda untuk membentuk senyawa intermetalik atau larutan padat.

Banyaknya *wear debris* akibat dari terjadinya keausan dapat dikurangi melalui mekanisme *adhesif*, antara lain sebagai:

- Menggunakan material dengan jenis yang berbeda, misalnya berbeda yang struktur kristalnya atau yang lainnya.
- Menggunakan material yang bersifat keras.

## 2. Keausan Abrasif (*Abrasive Wear*)

Keausan abrasif terjadi apabila suatu partikel keras (*asperity*) dari salah satu material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak, sehingga pemotongan material yang lebih lunak atau penetrasi. Derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau *asperity* akan mempengaruhi tingkat dari keausan pada mekanisme ini.

Sebagai contoh partikel pasir silica yang diikat pada suatu permukaan seperti pada kertas amplas akan menghasilkan keausan yang lebih tinggi, dibandingkan jika partikel tersebut berada di dalam sistem *slurry*. Pada kasus yang pertama, kemungkinan partikel tersebut akan mengalami penarikan sepanjang

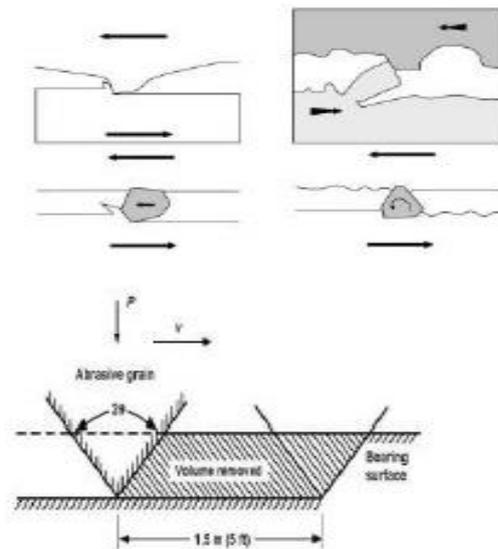
permukaan sehingga akhirnya mengakibatkan pengoyakan. Sementara pada kasus yang terakhir, partikel tersebut mungkin hanya berputar (*rolling*) tanpa efek abrasi.

Beberapa faktor yang memiliki peran dengan ketahanan material terhadap *abrasive wear*:

1. Bentuk material
2. Ukuran abrasif material
3. Kondisi struktur mikro suatu material
4. Kekerasan material (*hardness*)

Beberapa bentuk dari kerusakan permukaan akibat dari *abrasive wear*, antara lain:

1. *Gouging*
2. *Scratching*
3. *Scoring*



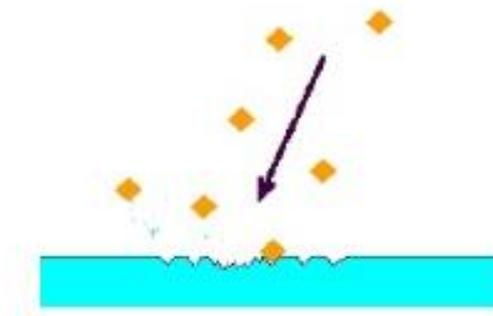
**Gambar 2.12** Keausan metode abrasif

(Sumber: <https://ftkceria.wordpress.com/2012/04/28/uji-keausan-wear/>, diakses tanggal 23/04/2018)

### 3. Keausan Erosi (*Erosion wear*)

Keausan erosi merupakan proses keausan disebabkan oleh cairan dan gas yang membawa partikel berupa padatan yang kemudian pada membentur permukaan

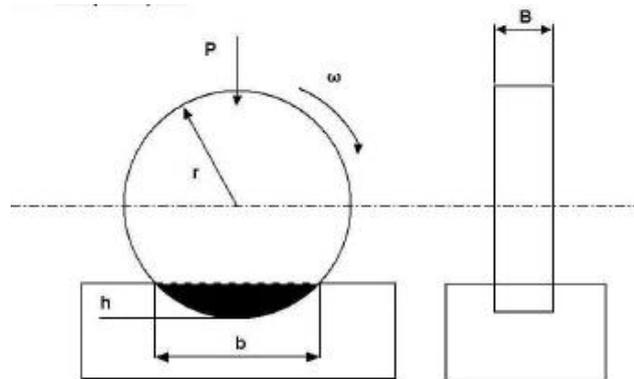
material. Jika keausan yang dihasilkan analog dengan abrasive maka sudut benturannya kecil. Namun, jika keausan yang terjadi merupakan brittle failure pada permukaannya maka kemungkinan sudut benturannya membentuk sudut gaya normal (90 derajat), terlihat pada gambar di bawah ini bentuk skematisnya.



**Gambar 2.13** metode keausan erosi

(Sumber: <https://ftkceria.wordpress.com/2012/04/28/uji-keausan-wear/>, diakses tanggal 23/04/2018)

Ada berbagai macam metode dan teknik dalam pengujian keausan, dengan maksud tujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual (Surdia, 1999). Pada penelitian ini, benda uji diberi pembebanan gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*) yang biasa disebut dengan metode pengujian *Ogoshi*. Pemberian pembebanan gesek yang terus menerus akan mengakibatkan kontak antara permukaan material mengalami gesekan, kemudian penentuan tingkat keausan pada material diukur berdasarkan besarnya jejak permukaan dari material yang tergesek. Semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji maka semakin besar pula jejak keausannya. Berikut merupakan skematis dari kontak antara permukaan benda uji dan permukaan *revolving disc*.



**Gambar 2.14** Pengujian keausan dengan metode *ogoshi*

(Sumber: <https://ftkceria.wordpress.com/2012/04/28/uji-keausan-wear/>, diakses tanggal 23/04/2018)

Untuk mengetahui Keausan spesifik diukur dengan menghitung lebar keausan pada benda uji yang dilakukan oleh piringan pengaus yang berputar.

Keausan spesifik dihitung dengan persamaan :

$$W_s = \frac{B \cdot b_o^3}{8 \cdot r \cdot P_o \cdot L_o} \left( \frac{mm^2}{kg} \right) \dots \dots \dots [2.4]$$

Dimana :

$W_s$  = Keausan spesifik ( $mm^2/kg$ )

$B$  = lebar piringan pengaus (mm)

$b_o$  = lebar keausan spesimen (mm)

$r$  = Jari jari piringan pengaus (mm)

$P_o$  = Gaya tekan pada proses keausan (kg)

$L_o$  = Jarak tempuh pada proses pengausan (m)

### 2.2.13 Pengujian Kekerasan *Brinell*

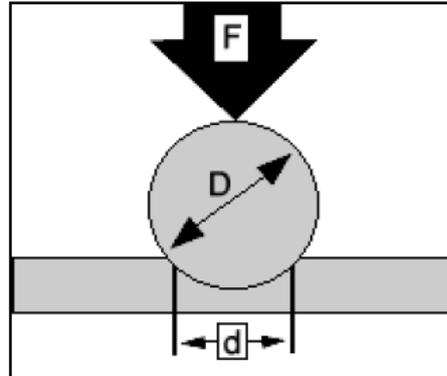
Kekerasan adalah ukuran ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis lokal. Nilai kekerasan tersebut dihitung hanya pada tempat dilakukannya pengujian tersebut (lokal), sedangkan pada tempat lain bisa jadi kekerasan suatu material berbeda dengan tempat yang lainnya. Tetapi nilai kekerasan suatu material adalah homogen secara teoritik akan sama untuk tiap-tiap titik.

Pengujian kekerasan *Brinell* menggunakan penumbuk (penetrator) yang terbuat dari bola baja yang diperkeras (*tungsten carbide*). Diameter bola adalah 2,5 mm, pembebanan 15,652 kg, selama pembebanan beban ditahan 10 sampai 15 detik. Pemilihan beban tergantung dari kekerasan material, semakin keras material maka beban yang diterapkan juga semakin besar. Pengujian kekerasan dengan metode *Brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (*indentor*) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Besar pemberian pembebanan bergantung kepada *ball indentor* yang digunakan, menurut ASTM E10 pemberian pembebanan seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Gaya yang diterapkan menurut ASTM E10

<b>D (mm)</b>	<b>Force-diameter ratio (F/D<sup>2</sup>)</b>				
	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>2,5</b>	<b>1</b>
10	3000	1000	500	250	100
5	750	250	125	62,5	25
2,5	187,5	62,5	31,25	15,625	6,25
1	30	10	5	2,5	1
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>

*A: Steels and iron alloys; B: Heat treated Cu/Al light alloys; C: No heat treated Cu/AL light alloys; D-E : soft metallic materials*



**Gambar 2.15** Bentuk *indenter brinell* (ASTM E10)

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots(2.5)$$

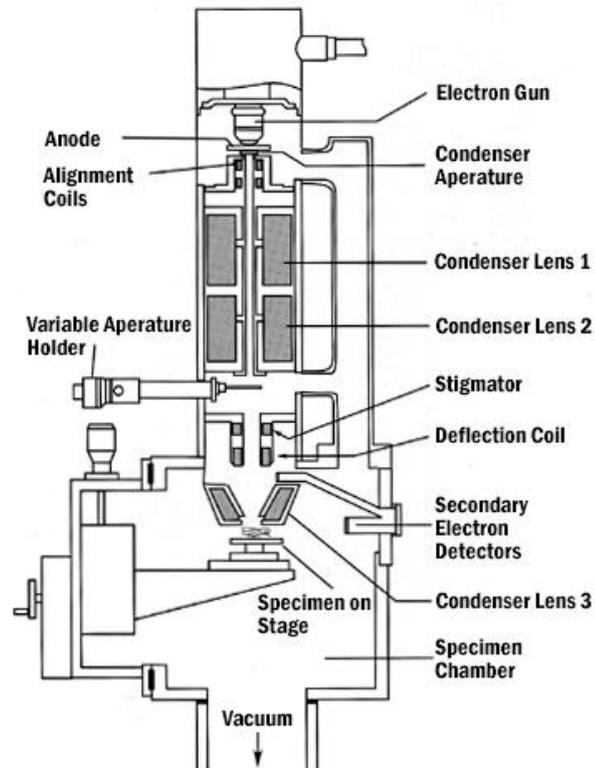
Keterangan :

- HB = *Brinell hardness number* BHN ( $\text{kg/mm}^2$ )
- F = Beban yang diberikan (kg)
- D = Diameter indenter (mm)
- d = Diameter lekukan rata-rata hasil indentasi (mm)

#### 2.2.14 Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang digunakan untuk mengamati detil suatu struktur permukaan sebuah objek, dan mampu menampilkan pengamatan objek tersebut secara 3 dimensi. SEM didesain untuk keperluan pengamatan suatu permukaan objek dengan ukuran mikron secara langsung pada perbesaran 10 – 3.000.000 kali sesuai kebutuhan.

Struktur suatu objek yang akan diuji dapat diamati dengan mikroskop elektron pancaran karena jauh lebih mudah untuk mempelajari struktur permukaan itu secara langsung. Pada dasarnya, SEM menggunakan sinyal yang dihasilkan oleh elektron dan dipantulkan atau berkas sinar elektron sekunder (Sari, 2015)



**Gambar 2.16** Komponen pada SEM (Radetic, 2011)

SEM dapat mengamati struktur dan bentuk permukaan yang berskala lebih halus, dilengkapi dengan *electron dispersive X ray spectroscopy* (EDS) dan dapat mendeteksi unsur-unsur pada material. Pada SEM terdapat *electron* yang memiliki resolusi lebih tinggi daripada cahaya, dimana cahaya hanya mampu mencapai 200nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi 0,1 – 0,2 nm (Radetic, 2011). Gambar 2.16 menunjukkan bagian-bagian pada SEM.