

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Fitrianto, dkk, (2012), melakukan penelitian tentang pemanfaatan kampas rem dari bahan serbuk bonggol jagung, serbuk kuningan, MgO dan resin *polyester* terhadap nilai kekerasan dan nilai keausan. Variasi komposisi pada bahan penyusun dapat mempengaruhi terhadap nilai kekerasan dan nilai keausan, semakin besar persentase komposisi serbuk bonggol jagung nilai kekerasan semakin kecil dan nilai keausan semakin besar. Nilai kekerasan dan keausan yang paling mendekati kampas rem dipasaran dengan kekerasan 18,5 kg/mm² dan keausan $0,87 \times 10^{-8}$ mm²/kg pada komposisi 30 % serbuk bonggol jagung, 30% serbuk kuningan, 20 % MgO dan 20 % resin polyester dengan nilai kekerasan sebesar 17,1 kg/mm² dan nilai keausan sebesar $0,80 \times 10^{-8}$ mm²/kg. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase komposisi serbuk bonggol jagung dan semakin kecil persentase serbuk kuningan maka semakin kecil nilai kekerasannya dan semakin besar nilai keausannya. Variasi komposisi bahan penyusun berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan nilai keausan.

Proboputro, (2014), melakukan penelitian tentang mengembangkan ketahanan keausan pada bahan kampas rem sepeda motor dari komposit bonggol jagung, fiber glass bermatriks polyester. Pembuatan spesimen kampas rem dengan metode pengepressan dan *sintering* pada suhu 180 °C dengan melakukan pengujian kekerasan, keausan, dan impak. Pengujian pada kondisi kering didapatkan spesimen dengan nilai keausan yang paling rendah sebesar 0.00041 mm²/kg yang lebih tinggi dari pada produk kampas rem dipasaran dengan nilai keausan sebesar 0.00014 mm²/kg. Kemudian pada pengujian keausan dalam kondisi basah dengan menggunakan air didapatkan hasil nilai keausan yang paling rendah dengan nilai keausan sebesar 0.00062 mm²/kg yang lebih tinggi dari pada produk kampas rem dipasaran dengan nilai keausan sebesar 0.00032 mm²/kg.

Sarwanto (2010), melakukan penelitian tentang pengaruh penekanan terhadap sifat fisis dan mekanis pada bahan kampas rem sepeda motor dengan serat alam bonggol Jagung, bahan yang digunakan adalah serbuk aluminium, serbuk bonggol jagung, serbuk MgO dan resin *polyester*. Pembuatan kampas rem dipress dengan kompaksi beban 0,5 ton, 1 ton dan 1,5 ton selama 10 menit, kemudian disinterring dengan suhu 200 °C selama 30 menit. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kekerasan *brinell* dan keausan *oghosi*. Hasil pengujian kekerasan yang paling besar pada komposisi 30 % bonggol jagung, 30% Al, 30 % MgO, 10 % resin dengan nilai kekerasan 12,71 HB dengan kompaksi 1,5 ton dan nilai kekerasan terendah pada komposisi 50 % bonggol jagung, 20% Al, 20 % MgO, 10 % resin dengan nilai kekerasan 8,47 HB. Untuk nilai keausan tertinggi 50 % bonggol jagung, 20% Al, 20 % MgO, 10 % dengan kompaksi 0,5 ton dengan nilai keausan 0.000001768 mm²/kg dan keausan terendah pada komposisi 30 % bonggol jagung, 30% Al, 30 % MgO, 10 % resin dengan kompaksi 1 ton dengan nilai keausan 0,000000954 mm²/kg. Maka peningkatan tekanan sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan keausan kampas rem.

Aminur, dkk, (2015), melakukan penelitian tentang membuat biokomposit polimer serat kulit buah pinang yang ditambahkan serbuk alumina untuk pembuatan kampas rem dan melakukan pengujian kekerasan dan keausan untuk aplikasi kampas rem. Serat alam dari kulit buah pinang diberikan perlakuan 5 % NaOH selama 1 jam dan didekortikasi secara manual. Variasi serbuk alumina masing-masing 0, 3, 5, 7, dan 9 % dicampur dengan resin *polyester* selama 30 menit menggunakan pengaduk. Campuran resin dan serbuk alumina dituangkan kedalam serat sampai merata (homogen). Campuran kemudian dicetak untuk menghasilkan biokomposit polimer kampas rem. Biokomposit yang telah jadi dibentuk spesimen uji dan dilakukan pengujian kekerasan dan keausan. Hasil penelitian didapatkan bahwa serat dari kulit buah pinang yang dicampur dengan *polyester* ditambahkan 5 % serbuk alumina dapat dibuat produk biokomposit kampas rem. Biokomposit kampas rem didapatkan nilai kekerasan vickers 23,26 kg/mm² dan keausan 2.506E06 gr/mm². Hasil pengujian kekerasan dan keausan

secara mekanik memenuhi syarat sehingga dapat diaplikasikan pada proses pembuatan kampas rem pengganti kampas rem dari bahan *asbestos*.

Prasetyo, dkk, (2013), melaporkan hasil penelitian tentang pemanfaatan serat ijuk sebagai bahan kampas rem. Spesimen yang mendekati nilai kekerasan dengan kampas rem pembanding yaitu pada komposisi serat ijuk 55 %, serbuk kuningan 15 %, MgO 20 % dan resin 10 % dengan nilai kekerasan sebesar 19,5 HBN. Spesimen yang mendekati nilai keausan kampas rem pembanding yaitu pada komposisi serat ijuk 25 %, serbuk kuningan 45 %, MgO 20 % dan resin 10 % dengan nilai sebesar $0,087 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Dengan melakukan variasi komposisi akan didapat nilai keausan dan kekerasan yang paling optimum. kesimpulannya bahwa semakin besar komposisi serat ijuk maka semakin kecil nilai kekerasan spesimen kampas rem dan semakin tinggi nilai keausan spesimen kampas rem. Variasi komposisi serat ijuk sangat berpengaruh terhadap nilai keausan dan nilai kekerasan spesimen kampas rem.

Prisma, dkk, (2012), melakukan penelitian tentang memanfaatkan serbuk bambu sebagai alternatif material kampas rem. Pada komposisi serbuk bambu 35 %, aluminium 15 %, MgO 35 %, resin 15 % memiliki angka yang paling mendekati dengan kampas rem pembanding dengan nilai keausan $0,82 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan nilai kekerasan $19,6 \text{ kg}/\text{mm}^2$. kesimpulannya bahwa dengan semakin bertambahnya komposisi serbuk bambu maka semakin rendah angka keausan sampel kampas rem (tahan aus) dan semakin tinggi angka kekerasan sampel kampas rem. Jadi variasi komposisi serbuk bambu sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan keausan sampel kampas rem.

Santoso, dkk, (2013), melakukan penelitian tentang memanfaatkan serbuk tempurung kelapa dengan aluminium sebagai material alternatif kampas rem. Komposisi bahan kampas rem yang mendekati nilai keausan dan kekerasan dengan kampas rem pembanding yaitu pada komposisi 20 % tempurung kelapa, 40 % serbuk aluminium dan 40 % resin polyester dengan nilai kekerasan $16,8 \text{ kgf}/\text{mm}^2$ dan nilai keausan $0,071 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$. variasi komposisi bahan sangat mempengaruhi nilai kekerasan dan keausan spesimen kamas rem. Jika semakin banyak komposisi serbuk tempurung kelapa dan semakin sedikit serbuk

aluminium maka nilai kekerasannya semakin tinggi sedangkan nilai keausannya semakin rendah.

Kiswiranti, dkk, (2009), melakukan penelitian tentang pemanfaatan serbuk tempurung kelapa untuk alternatif pembuatan kampas rem sepeda motor dengan bervariasi tempurung kelapa, dan resin dibuat tetap, serta ditambah MgO. Variasi yang digunakan yaitu fraksi volume batok kelapa dari 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dan didapat nilai kekerasan sebesar 94,5, 77,5, 58,8, 45,5, 32,5 kgf/mm² serta nilai keausan sebesar $17,27 \times 10^{-6}$, $28,25 \times 10^{-6}$, 34×10^{-6} , $39,52 \times 10^{-6}$, 43×10^{-6} . Dari hasil tersebut parameter nilai keausan dan kekerasan yang paling optimum yang dapat dimanfaatkan pada pembuatan kampas rem yaitu pada komposisi 30% dan 20%.

Pradana (2017), melakukan penelitian tentang pengaruh fraksi massa tempurung kelapa pada komposit serbuk untuk pembuatan kampas rem, Dari pengujian dan penelitian didapat bahwa komposit dari tempurung kelapa dan *aluminium oxide* untuk pembuatan kampas rem memiliki nilai kekerasan dan keausan yang belum sama dengan kampas rem dipasaran. Nilai kekerasan dan keausan yang mendekati dengan kampas rem yang berada dipasaran yaitu pada fraksi massa tempurung kelapa 31,25 %, kekerasan dan keausan komposit dari tempurung kelapa yaitu 5,2 kgf/mm² dan 1,67 mg/jam dan nilai kekerasan dan keausan kampas rem indopart sebesar 6,9 kgf/mm² dan 1,00 mg/jam.

Sukanto (2012), melakukan penelitian dengan judul Analisa keausan kampas rem pada sepeda motor dimana pengujian difokuskan pada kampas rem cakram merk AHM (Astra Honda Motor) dan kampas rem merk Indopart. Pengujian dilakukan dengan mengetahui berat awal spesimen, berat akhir spesimen, luas penampang, dan waktu pengausan. Pengujian dilakukan selama 120 detik, setelah itu dihitung laju keausan dengan menggunakan rumus laju keausan. Hasil keausan kampas rem merk AHM yaitu 16×10^{-6} , 12×10^{-6} , $8,3 \times 10^{-6}$, 5×10^{-6} , $2,5 \times 10^{-6}$, dan $1,7 \times 10^{-6}$ sedangkan keausan kampas rem merk Indopart yaitu 79×10^{-6} , 68×10^{-6} , 45×10^{-6} , 39×10^{-6} , 34×10^{-6} , dan 28×10^{-6} . Dari hasil tersebut didapatkan bahwa laju keausan keduanya sama-sama semakin

kecil pada tahap berikutnya dikarenakan koefisien gesek yang semakin kecil sehingga permukaan semakin licin.

Dari beberapa penelitian dapat dibuat komposit untuk pembuatan kampas rem dari bonggol jagung. Pembuatan awal dilakukan proses alkalisasi dengan mengekstrak lignin pada serbuk bonggol jagung menggunakan NaOH dan untuk mendapatkan spesimen yang memiliki sifat mekanis yang baik, dibuat dengan campuran komposit yang seimbang, serta dibuat dengan tekanan yang tepat, dan ukuran partikel dari serbuk yang kecil. Untuk mendapatkan karakteristik seperti kampas rem yang dijual di pasaran, kampas rem dari bonggol jagung dilakukan pengujian dengan uji kekerasan, uji keausan, serta foto makro dan mikro kemudian dibandingkan dengan kampas rem merk Indopart.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Kampas Rem

Kampas rem adalah komponen pada kendaraan yang berfungsi untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan. Kendaraan saat berkecepatan tinggi kampas rem memiliki fungsi beban mencapai 90 % dari komponen lainnya. Kualitas kampas rem memiliki peranan yang sangat penting untuk keselamatan jiwa manusia pada saat berkendara. Dibutuhkan bahan kampas rem dengan kemampuan yang baik dan efisien agar didapatkan daya pengereman yang optimal (Kurniawan, 2015)

2.2.2 Jenis Kampas Rem

Jenis kampas rem berdasarkan bahan utama penyusunnya.

1. Kampas Rem *Asbestos*

Kampas rem jenis yang pertama adalah kampas rem *asbestos*. Kampas rem *asbestos* merupakan kampas rem yang bahan utama penyusunnya adalah asbes. Asbes yaitu bahan yang bermanfaat dengan kemampuan tahan api alami, hal ini membuat kampas rem dengan bahan asbes menjadi awet. Kampas rem *asbestos* cenderung lebih murah, tetapi mempunyai kelemahan dalam kondisi basah karena kampas rem *asbestos* hanya memiliki satu jenis fiber, ketika dalam

kondisi basah bahan tersebut akan mengalami efek licin (tidak pakem) dan dapat membuat piringan atau tromol menjadi cepat aus.

Kampas rem *asbestos* hanya bertahan sampai dengan suhu 200 °C dan jika diatas temperature 250 °C kampas rem akan blong (*fading*). Kampas rem *asbestos* juga mempunyai kekurangan yaitu tidak ramah lingkungan, karena asbes merupakan komponen yang menimbulkan karsinogenik yang dapat menyebabkan penyakit kanker. Banyak negara-negara maju telah menghentikan produksi bahan gesek asbes, karena bahan asbes dapat menyebabkan penyakit kanker (Kiswiranti, 2009).

2. Kampas Rem *Non Asbestos*

Kampas rem *non asbestos* merupakan kampas rem yang bahannya tanpa menggunakan asbes. Bahan pembuatan kampas rem *non asbestos* biasanya terdiri dari 4 s/d 5 macam fiber di antaranya kevlar, *steel fiber*, *carbon fiber*, *cellulose* dan *rock wool* yang bertujuan agar efek licin dapat teratasi. Keuntungan dari kampas rem *non asbertos* dapat bertahan sampai suhu 350 °C sehingga cenderung stabil (tidak blong). Kualitas kampas rem *non asbestos* yang baik terbuat dari material seperti kevlar/aramid. Kevlar adalah bahan yang digunakan untuk baju anti peluru di mana kevlar mampu menghambat laju peluru sampai berhenti. Kampas *non asbestos* mempunyai kekurangan yaitu harganya yang cenderung lebih mahal dibandingkan kampas rem *asbestos*. Kampas rem *non asbestos* mempunyai keuntungan yaitu lebih ramah lingkungan karena bebas dari bahan asbes.

2.2.3 Karakteristik Kampas Rem

2.2.3.1 Material Kampas Rem

Bahan baku yang digunakan pada kampas rem standar umumnya terdiri dari *asbestos*, grafit, barium, aluminium, alumina, *cashew dust*, *NBR powder*, dan lainnya sebagai bahan penguat atau serat sedangkan bahan untuk matrik atau pengikatnya adalah resin *phenolic*.

2.2.3.2 Proses Produksi Kampas Rem

kampas rem dibuat melalui proses penekanan sekaligus pemanasan pada saat pencetakan. Dengan proses tersebut akan menghasilkan kekerasan, kekuatan serta gaya gesek yang semakin meningkat. Pemanasan dilakukan pada temperatur berkisar antara 120 s/d 180 °C supaya bahan tersebut dapat mengalami perubahan struktur dimana antara partikel satu dengan yang lain saling melekat serta akan diperoleh bentuk *solid* yang baik dan matriks pengikat yang kuat.

2.2.3.3 Sifat Mekanik Kampas Rem

Sifat mekanik bahan merupakan kemampuan suatu bahan untuk menerima gaya, beban, dan energi yang tidak mengakibatkan kerusakan pada bahan tersebut. Suatu bahan biasanya hanya memiliki satu sifat mekanik yang baik maka teknologi komposit perlu diaplikasikan agar dapat mengatasi masalah tersebut.

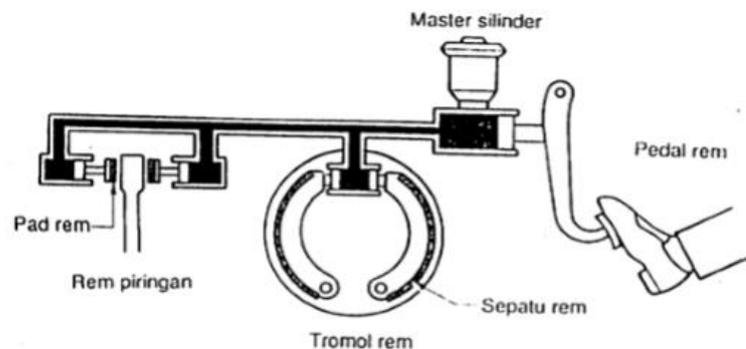
Karakteristik yang perlu dimiliki oleh kampas rem yaitu keausan dan kekerasan yang baik. Kampas rem yang tidak memiliki keausan dan kekerasan yang baik akan mengakibatkan kampas rem cepat aus dan dapat merusak tromol dan cakram. Kampas rem dapat dibuat dengan komposit agar didapatkan spesifikasi yang baik untuk kampas rem seperti nilai keausan, kekerasan, dan sifat mekanik lainnya yang harus mendekati nilai standar keamanannya.

Adapun spesifikasi kekuatan dari kampas rem komposit dari sumber (www.stopcobrake.com) yaitu :

1. Nilai kekerasan kampas rem yaitu 68 – 105 (Rocwell R).
2. Memiliki ketahanan panas 350 °C, pada pemakaian terus menerus sampai 250 °C.
3. Keausan kampas rem yaitu $(5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg})$.
4. Memiliki koefisien gesek 0,14 – 0,27.
5. Massa jenis 1,5 – 2,4 gr/cm³.
5. Konduktivitas thermal kampas rem 0,12 – 0,8 W.m.°K.
6. Tekanan spesifiknya 0,17 – 0,98 joule/g.°C.
7. Memiliki kekuatan gesernya 1300 – 3500 N/cm².
8. Kekuatan untuk perpatahan 480 – 1500 N/cm².

2.2.3.4 Mekanisme Kerja Pengereman pada Sepeda Motor

Prinsip kerja rem yaitu dengan memanfaatkan gaya gesekan dari kampas rem ke tromol maupun cakram. Proses pengereman dilakukan dengan menahan putaran tromol atau cakram sampai kendaraan melambat dan berhenti. Komponen sistem pengereman terdiri atas pedal rem, master silinder, sepatu rem, pegas pembalik (penarik), tromol rem, dan pad rem. Proses kerja rem yaitu ketika pedal rem ditekan, kam akan bergerak mendorong sepatu rem sehingga akan ada gaya penekanan antara kampas rem dan piringan rem. Mekanisme kerja pengereman dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mekanisme Kerja Pengereman (Rohidin, 2014)

2.2.4 Komposit

Komposit merupakan campuran dua material atau lebih dan masing-masing material tersebut memiliki sifat fisika dan kimia yang berbeda, dan menghasilkan sifat material yang baru. Menurut Matthews (2010), komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik ini yang berbeda dari material pembentuknya. Selain itu ada juga yang menyatakan bahwa bahan komposit adalah kombinasi bahan tambah yang berbentuk serat, butiran atau *cuhisker* seperti serat kaca, karbon, aramid (kevlar), keramik, dan serat logam didalam matriks.

Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih baik dari pada logam, memiliki kekuatan yang tinggi (*tailorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis (*modulus Young/density*) yang lebih tinggi dari pada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi (Sirait, 2010).

Komposit berbeda dengan paduan, jika paduan terjadi dalam skala makroskopis, maka disebut sebagai komposit. Sedangkan jika perpaduan ini bersifat mikroskopis (molekular level), maka disebut sebagai *alloy* (paduan). Vlack (1995) menjelaskan bahwa *alloy* (paduan) adalah kombinasi antara dua bahan atau lebih dimana bahan-bahan tersebut terjadi peleburan sedangkan komposit adalah kombinasi terekayasa dari dua atau lebih bahan yang mempunyai sifat-sifat seperti yang diinginkan dengan cara kombinasi sistematis pada kandungan-kandungan yang berbeda tersebut.

Tujuan dari dibentuknya komposit, yaitu sebagai berikut (Nayiroh, 2013):

1. Memperbaiki sifat mekanik dan sifat spesifik tertentu.
2. Mempermudah *design* yang sulit pada manufaktur.
3. Keleluasaan dalam bentuk/*design* yang dapat menghemat biaya.
4. Menjadikan bahan lebih ringan.

Faktor yang menentukan sifat-sifat dari material komposit, yaitu (Daniel, 1994):

1. Material pembentuk.

Sifat-sifat intrinsik material pembentuk memegang peranan yang sangat penting terhadap pengaruh sifat kompositnya.

2. Susunan struktural komponen.

Bentuk susunan serta orientasi dan ukuran tiap-tiap komponen penyusun struktur dan distribusinya merupakan faktor penting yang memberi kontribusi dalam penampilan komposit secara keseluruhan.

3. Interaksi antar komponen.

Komposit merupakan campuran atau kombinasi komponen-komponen yang berbeda baik dalam hal bahannya maupun bentuknya, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti akan berbeda.

2.2.5 Penyusun Komposit

Secara umum material komposit tersusun dari dua komponen utama yaitu matrik (bahan pengikat) dan *filler* (bahan pengisi). *Filler* adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Gibson (1994) mengatakan bahwa matrik dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik.

Matrik secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matrik adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matrik mempunyai fungsi yaitu sebagai:

1. Mentransfer tegangan ke serat
2. Membentuk ikatan koheren permukaan matrik/serat
3. Melindungi serat
4. Memisahkan serat
5. Melepas ikatan
6. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Pada komposit serat (*fibrous composites*) matriks yang digunakan adalah resin (plastik yang berfasa cair). Matriks harus memiliki perpanjangan saat patah yang lebih besar dibanding perpanjangan saat patah serat serta serat harus mampu berdeformasi sehingga beban dapat diteruskan antar serat.

Berdasarkan karakteristik thermalnya, resin dapat digolongkan menjadi dua yaitu *thermoplastic* dan *thermoset*. *Thermoplastic* adalah resin yang dapat meleleh atau mencair jika dipanaskan, contohnya *nylon*, *polythylene*, *polysulfone*, dan *polycarbonate*. *Thermoset* bersifat sebaliknya jika dipanaskan pada suhu yang tinggi akan terbakar dan menjadi arang, contohnya *epoxy*, *polyester*, *phenolic*.

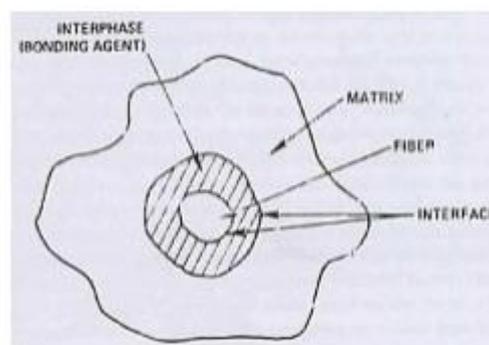
Serat (*reinforcement* atau *filler* atau *fiber*) Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung

beban utama pada komposit. Serat berperan sebagai *filler* yaitu penyangga kekuatan dari struktur komposit. Beban yang awalnya diterima oleh matrik kemudian diteruskan ke serat oleh karena itu serat harus mempunyai kekuatan Tarik dan elastisitas yang lebih tinggi dari pada matrik. Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis.

Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam. Biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Beberapa serat alam diantaranya adalah kapas, bambu, nanas sutera, pelepah pisang, wol, sabut kelapa, ijuk, dan kenaf atau goni. Keunggulan serat alam dibanding serat sintetis untuk pembuatan komposit yaitu ramah lingkungan, harga lebih murah, densitas rendah dan tidak beracun. Kelemahan dari serat alam yaitu ukuran serat yang tidak seragam dan kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia.

Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Kelebihan dari serat sintetis yaitu sifat dan ukurannya relatif seragam, kekuatan disepanjang serat sama. Beberapa jenis serat sintetis antara lain serat kaca, serat karbon, kevlar, *nylon*, dan lain-lain (Rianto, 2011).

Beberapa istilah penyusun pada komposit yaitu matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), Penguat (Penahan beban utama), *Interphase* (pelekat antar dua penyusun), *interface* (permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain). Komposisi komposit dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Komposisi Komposit (Gibson, 1994)

Secara struktur mikro material komposit tidak merubah material pembentuknya (dalam orde kristalin) tetapi secara keseluruhan material komposit

berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan antara matriks dan *filler*. Syarat terbentuknya komposit: adanya ikatan permukaan antara matriks dan *filler*. Ikatan antar permukaan ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi. Dalam material komposit gaya adhesi-kohesi terjadi melalui 3 cara utama:

1. *Interlocking* antar permukaan: ikatan yang terjadi karena kekasaran bentuk permukaan partikel.
2. Gaya *elektrostatik*: ikatan yang terjadi karena adanya gaya tarik menarik antara atom yang bermuatan (*ion*).
3. Gaya *vanderwalls*: ikatan yang terjadi karena adanya pengutupan antar partikel.

Kualitas ikatan antara matriks dan *filler* dipengaruhi oleh beberapa variabel antara lain:

1. Ukuran partikel
2. Rapat jenis bahan yang digunakan
3. Fraksi volume material
4. Komposisi material
5. Bentuk partikel
6. Kecepatan dan waktu pencampuran
7. Penekanan (kompaksi)
8. Pemanasan (*sinterring*)

2.2.6 Klasifikasi Komposit

Klasifikasi komposit berdasarkan struktur penyusunnya sebagai berikut:

1. Komposit Serat (*Fiber Composite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Dalam pembuatan komposit, serat dapat diatur memanjang (*unidirectional composites*) atau dapat dipotong kemudian disusun secara acak (*random fibers*) serta juga dapat dianyam (*cross-ply laminate*). Komposit serat sering digunakan dalam industri otomotif dan pesawat terbang. Komposit serat dapat dilihat pada Gambar 2.3.

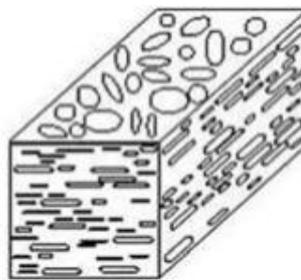


a. *unidirectional fiber composite* b. *random fiber composite*

Gambar 2.3 Komposit Serat (Rianto, 2011)

2. Komposit Serpih (*Flake Composite*)

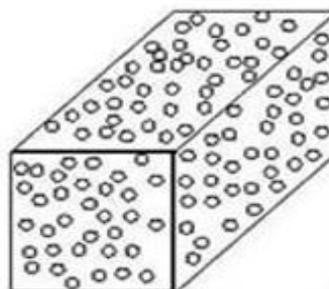
Komposit serpih adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriksnya. *Flake* dapat berupa serpihan mika, kaca dan metal. Komposit serpih dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Komposit Serpih (Rianto, 2011)

3. Komposit Butir (*Particulate Composite*)

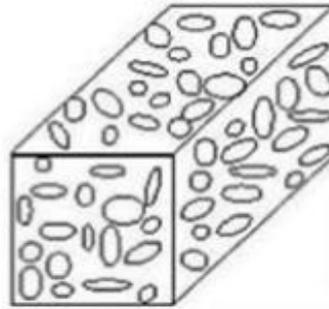
Komposit butir merupakan komposit dengan material pengisi berupa serbuk/butir. Material pada komposit butir terdistribusi secara acak atau kurang terkontrol dari pada komposit serpih. Komposit butir dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Komposit Butir (Rianto, 2011)

4. Komposit Isian (*Filled Composite*)

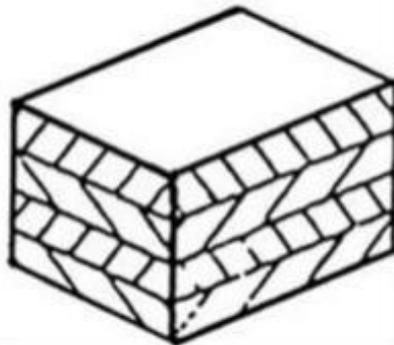
Komposit isian merupakan jenis komposit yang memiliki struktur serat tiga dimensi. Komposit isian dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Komposit Isian (Rianto, 2011)

5. Komposit Lapisan (*Laminar Composite*)

Komposit lapisan adalah komposit dengan susunan dua atau lebih *layer*, dimana masing-masing *layer* dapat berbeda-beda dalam hal material, bentuk, dan orientasi penguatannya. Komposit lapisan dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Komposit Lapisan (Rianto, 2011)

Berdasarkan matriknya komposit dibedakan menjadi sebagai berikut (Rianto, 2011):

1. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites – PMC*)

Komposit matrik polimer terdiri dari jenis matriks *thermoplastic* maupun jenis *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah matrik polimer yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas dan akan mengeras apabila didinginkan. *Thermoplastic* akan meleleh pada suhu tertentu, serta melekat

mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat kembali (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. *Thermoplastic* yang biasa dipergunakan sebagai matriks misalnya *polyacetal*, *nylon*, *polycarbonate*, *polyfenylene*, *polyolefin* (*polyethylene*, *polypropylene*) dan *vinyllic* (*polyvinylchloride*, *polystyrene*, *polytetrafluorethylene*).

Thermosets tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan termoset melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. *Thermosets* yang banyak digunakan saat ini adalah *epoxy* dan *polyester* tak jenuh. Resin *polyester* tak jenuh adalah matrik *thermosetting* yang paling banyak dipakai untuk pembuatan komposit. Resin jenis ini digunakan pada proses pembuatan dengan metode *hand lay-up*.

2. Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites – MMC*)

Komposit matrik logam merupakan salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam. Komposit ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matrik dan penguatnya dengan serat seperti silikon karbida. Material MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Komposit MMC berkembang pada industri otomotif digunakan sebagai bahan untuk pembuatan komponen otomotif seperti blok silinder mesin, *pully*, poros, dan gardan.

3. Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites – CMC*)

Komposit matrik keramik merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai *reinforcement* dan 1 fasa sebagai matriks, dimana matriksnya terbuat dari keramik. *Reinforcement* yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbide, dan nitrid. Salah satu 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* (penguat).

Berdasarkan Strukturnya yaitu sebagai berikut:

1. Struktur *laminat*

Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan disetiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

2. Struktur *sandwich*

Komposit sandwich merupakan gabungan dua lembar skin yang disusun pada dua sisi material ringan (*core*) serta *adhesive*. Fungsi utama skin adalah menahan beban aksial dan bending, sedangkan *core* berfungsi untuk mendistribusikan beban aksial menjadi beban geser pada seluruh luasan yang terjadi akibat pembebanan gaya dari luar.

2.2.7 Pembentukan Komposit

2.2.7.1 Pencampuran (*Mixing*)

Dalam proses pencampuran (*mixing*), ada dua macam pencampuran, yaitu:

1. Pencampuran Basah (*Wet Mixing*)

Pencampuran basah merupakan pencampuran yang menggunakan pelarut polar dalam mencampurkan matriks dan *filler*. Pemberian pelarut polar bertujuan untuk melapisi permukaan material agar material tidak terjadi kontak langsung dengan udara luar. Metode pencampuran basah ini digunakan ketika matrik dan penguatnya mudah mengalami oksidasi.

2. Pencampuran Kering (*Dry Mixing*)

Pencampuran kering merupakan proses pencampuran tanpa menggunakan pelarut untuk melarutkan campuran. Pencampuran ini dapat dilakukan di udara luar atau pada suhu kamar. Metode pencampuran ini dilakukan ketika material yang digunakan tidak mudah mengalami oksidasi.

2.2.7.2 Penekanan (Kompaksi)

Kompaksi merupakan proses pemadatan serbuk menjadi sampel dengan bentuk tertentu sesuai dengan cetakannya. Ada 2 macam metode kompaksi yaitu :

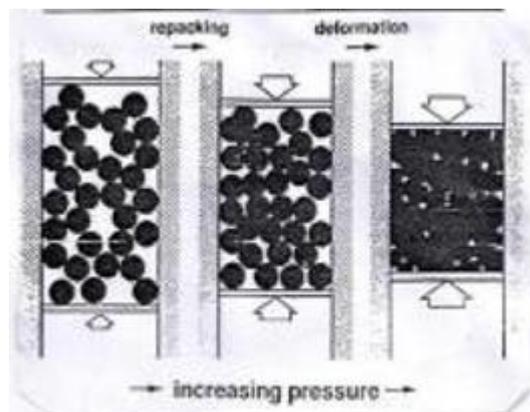
1. Penekanan dingin (*Cold Compressing*)

Penekanan dingin adalah proses penekanan dengan temperatur kamar. Metode ini dipakai apabila bahan yang digunakan mudah teroksidasi, seperti Al.

2. Penekanan panas (*Hot Compressing*)

Penekanan panas proses penekanan dengan temperatur diatas temperatur kamar. Metode ini dipakai apabila material tidak mudah teroksidasi.

Pemberian tekanan yang sangat besar terhadap material serbuk yang bertujuan untuk mendapatkan spesimen benda uji yang diinginkan. Proses kompaksi akan mengakibatkan terjadinya kerapata pada dinding cetakan yang terjadi karena adanya gaya gesek antara partikel dengan dinding cetakan yang mengakibatkan kerapatan antara spesimen dengan cetakan. Maka perlu adanya pelumasan pada dinding cetakan agar pada saat kompaksi mengurangi gesekan antara partikel dengan dinding cetakan. Bahan pelumas sebaiknya dipilih yang tidak bereaksi dengan campuran bahan spesimen dan memiliki titik leleh yang rendah agar pada saat proses pemanasan pelumas dapat menguap. Proses kompaksi dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Proses Kompaksi Serbuk (Sarwanto, 2010)

2.2.8 Keuntungan Komposit

Keuntungan penggunaan material komposit adalah:

1. didapatkan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dari sifat material pembentuknya.

2. Tahan korosi
3. Biaya yang relatif murah.
4. material komposit bisa berasal dari alam yang materialnya tidak berbahaya bagi lingkungan.

2.2.9 Aplikasi Komposit

Penggunaan material komposit sangat banyak diantaranya yaitu :

1. Penggunaan untuk luar angkasa seperti pembuatan komponen Helikopter, komponen kapal terbang, dan komponen satelit.
2. Pada bidang kesehatan digunakan untuk kaki palsu dan sambungan sendi pada pinggang.
3. Pada bidang Industri Pertahanan digunakan untuk pembuatan peluru, komponen jet tempur, dan komponen kapal selam .
4. Komponen mesin seperti kampas rem dan komponen kereta.

2.2.10 Proses *Curing*

Proses *curing* adalah proses pengeringan bahan-bahan penyusun komposit, baik itu matriknya maupun serat penguatnya. Lamanya proses *curing* ini berbeda-beda tergantung dari presentase katalis yang dipakai dan tergantung dari besarnya panas yang dipakai dalam proses *curing*. Pada proses *curing* diharapkan dapat mengurangi adanya gelembung pada komposit sehingga menghasilkan komposit yang berkualitas.

Tujuan proses *curing* antara lain sebagai berikut:

1. Memobilisasi molekul matrik agar bereaksi secara sempurna.
2. Membuang unsur air atau bahan yang mudah menguap lainnya.
3. Memberi kesempatan resin untuk mengalir sehingga dicapai distribusi yang merata yang dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit.
4. Mereaksikan kembali katalis yang tidak bereaksi dibawah suhu kritis.

2.2.11 Bentuk dan Ukuran Partikel

Bentuk dan ukuran partikel memegang peranan penting dalam menentukan kualitas ikatan material komposit. Ukuran partikel juga berpengaruh pada distribusi partikel, jika semakin kecil ukuran partikel maka ikatan antara partikel semakin baik dan kemungkinan dapat terdistribusi secara merata, sehingga pada proses pencampuran akan diperoleh distribusi yang homogen. Kehomogenan campuran menentukan kualitas ikatan komposit, karena selama proses kompaksi gaya tekan yang diberikan akan terdistribusi secara merata. Ikatan antar partikel dalam material komposit salah satunya disebabkan karena adanya *interlocking* antar partikel yang dipengaruhi oleh bentuk partikel yang digunakan (Nayiroh, 2013).

2.2.12 Bonggol Jagung

Jagung merupakan salah satu tanaman pangan dunia selain gandum dan padi. Sebagai sumber karbohidrat utama di Amerika Tengah dan Selatan, jagung juga menjadi alternatif sumber pangan di Amerika Serikat. Penduduk beberapa daerah di Indonesia misalnya di Madura dan Nusa Tenggara juga menggunakan jagung sebagai makanan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak yaitu pada bonggolnya, kemudian diambil minyaknya dan dibuat tepung dengan istilah tepung jagung atau maizena. Bonggol jagung kaya akan pentosa, yang dipakai sebagai bahan baku pembuatan furfural. Jagung yang telah direkayasa genetika juga sekarang ditanam sebagai penghasil bahan farmasi. Berdasarkan bukti genetik, arkeologi dan antropologi diketahui bahwa daerah asal jagung adalah Amerika Tengah (Meksiko bagian selatan).

Jagung merupakan tanaman semusim (*annual*). Satu siklus hidupnya diselesaikan dalam 80-150 hari. Paruh pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan paruh kedua untuk tahap pertumbuhan generatif. Tinggi tanaman jagung sangat bervariasi. Meskipun tanaman jagung umumnya berketinggian antara 1 m sampai 3 m, ada varietas yang dapat mencapai tinggi 6

m. Tinggi tanaman biasa diukur dari permukaan tanah hingga ruas teratas sebelum bunga jantan.

Jagung mempunyai satu atau dua bonggol, tergantung varietasnya. bonggol jagung diselimuti oleh daun atau kelobot. bonggol jagung yang terletak pada bagian atas umumnya lebih dahulu terbentuk dan lebih besar dibandingkan dengan yang terletak pada bagian bawah. Setiap bonggol terdiri atas 10-16 baris biji yang jumlahnya selalu genap. Bonggol jagung mengandung 45 % selulosa, 35 % hemiselulosa dan 15 % lignin.

Potensi energi limbah pada komoditas jagung sangat besar dan diharapkan akan terus meningkat sejalan dengan program pemerintah dalam meningkatkan produksi jagung secara nasional. Limbah jagung diantaranya adalah bonggol jagung. Bonggol jagung dapat dimanfaatkan untuk bahan pakan tenak dan sebagai bahan bakar konvensional. Pemanfaatan bonggol jagung sebagai pakan ternak perlu penambahan bahan lain sebagai sumber protein mineral, dan vitamin agar ternak dapat tumbuh optimal. Hal ini menyebabkan pemanfaatan bonggol jagung sebagai pakan tenak kurang begitu maksimal dan masih banyak yang terbuang sebagai sampah. Serbuk bonggol jagung ini mempunyai bentuk yang halus dan lembut. Serbuk ini sifatnya mudah terbakar dan serbuk bonggol jagung biasanya digunakan sebagai serat penguat dari sebuah adonan *fiber glass* ketika akan dicetak, agar hasilnya menjadi lebih kuat dan tidak mudah terjadi retakan pada bahan (Sarwanto, 2010). Kandungan serat yang cukup tinggi menyebabkan bonggol jagung memiliki pori-pori yang cukup banyak. Bonggol jagung termasuk bahan selulosa yang bisa menyerap air namun mempunyai sifat cukup kesat (Purboputro, 2014). Bonggol jagung dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Bonggol Jagung

2.2.13 Resin

Resin merupakan getah yang dikeluarkan oleh banyak jenis tumbuhan, terutama oleh jenis-jenis pohon runjang. Getah ini biasanya membeku dan membentuk massa yang keras dan transparan. Resin biasanya digunakan untuk perekat atau pengikat.

Resin terbagi menjadi dua macam yaitu termoplastik dan termoset.

2.2.13.1 Termoplastik

Termoplastik merupakan resin yang melunak ketika dipanaskan dan akan mengeras ketika didinginkan dan dapat dilunakan berulang kali. Resin termoplastik memiliki kelebihan dibandingkan dengan resin termoset yaitu memiliki kekuatan lentur yang baik, tahan terhadap retak (*cracking*) yang lebih baik, dan lebih mudah dibuat tanpa menggunakan katalis. Beberapa contoh resin termoplastik yaitu *Polypropylene*, *Polyvinylchloride (PVC)*, *Polyethylene*, dan lain sebagainya.

2.2.13.2 Termoset

Termoset adalah resin yang tidak dapat dilunakan kembali ketika sudah mengeras. Pemanasan yang terlalu tinggi tidak akan melunakan melainkan akan menjadi arang dan terurai. Resin termoset memiliki sifat yang tergantung pada molekul penyusun atau pengisinya serta panjang dan kerapatan rantai silangnya. Pencetakan dapat dilakukan dalam suhu kamar tetapi untuk mendapatkan hasil yang baik biasanya menggunakan panas awal. Kelebihan dibandingkan dengan termoplastik yaitu memiliki kekerasan dan kekuatan yang baik. Contoh dari resin termoset yaitu *polyester*, *epoxy*, *polyamide*, *phenolic*, *silicon* dan *Melamin*.

1. *Epoxy*

Epoxy adalah salah satu resin yang sering digunakan untuk pembuatan komposit yang biasanya dipadukan dengan serat *glass*, *carbon*, *boron*, *hybrid* dan *grafit*. Kelebihan resin *epoxy* dibandingkan dengan resin *polyester* yaitu massa jenis yang lebih rendah, modulus elastisitas dan kekuatan tarik yang lebih tinggi serta lebih tahan terhadap panas. Kekurangan resin *epoxy* yaitu harganya yang relatif mahal. Sifat-sifat resin *epoxy* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat-sifat Resin *Epoxy* (Mallick, 1997)

Sifat resin	Resin <i>epoxy</i>
<i>Spesific gravity</i>	1,11-1,40
<i>Tensile strength, Mpa</i>	27,58-89,63
<i>Tensile modulus, (10³ Mpa)</i>	2,413
<i>Elongation, %</i>	3-6
<i>Deflection Temperature, °C</i>	97-532
<i>Flexural Strength, Mpa</i>	89,63-1444,79

Resin ini termasuk kedalam tipe resin termoset jadi yang perlu diperhatikan dalam pembuatannya yaitu:

1. Mempunyai penyusutan yang kecil pada saat pengawetan.
2. Memiliki viskositas yang rendah sehingga perlu disesuaikan dengan material penyangga.
3. Memiliki kelengketan yang baik dengan material penyangganya.
4. Dapat diketahui pada temperatur kamar.

2. *Polyester*

Polyester adalah resin yang sering digunakan untuk matriks atau pengikat komposit. Resin ini biasanya digabungkan dengan serat seperti *fiber glass* dan carbon. Resin *polyester* memiliki kelebihan yaitu harganya yang relatif murah, mudah dibuat, daya tahan terhadap impak yang baik, tahan terhadap cuaca, transparan, dan efek permukaan yang baik. Kerugian yaitu daya rekat yang kurang baik dan sifat inhibisi dari udara dan *filler*. Campuran resin *polyester* dengan katalis agar dapat dicetak biasanya dengan perbandingan 1 : 100. Sifat-sifat resin *polyester* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat-sifat Resin *Polyester* (Mallick,1997)

Sifat resin	Resin <i>Polyester</i>
<i>Spesific gravity</i>	1,04-1,46
<i>Tensile strength, Mpa</i>	4,14-89,63
<i>Tensile modulus, (10³ Mpa)</i>	2,068-3,447
<i>Elongation, %</i>	1-5
<i>Deflection Temperature, °C</i>	122-382
<i>Flextural Strength, Mpa</i>	58,61-158,58

3. *Vinyl Ester*

Vinyl ester adalah resin yang dihasilkan dari *methacrylic* atau *acrylic acid* dengan *bisphenol diepoxide* dengan katalis *benzyldimethylamine* dan *triphenyl phosphine* menghasilkan *bisphenol A epoxy dimenthacrylates (vinyl ester)*. Produk ini memiliki *flexcural properties* dan performa kimia yang tinggi. Sifat-sifat resin *vinyl ester* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat-sifat Resin *Vinyl Ester* (Mallick,1997)

Sifat resin	Resin <i>Polyester</i>
<i>Spesific gravity</i>	1,16-1,35
<i>Tensile strength, Mpa</i>	72,39-81,013
<i>Tensile modulus, (10³ Mpa)</i>	2,413-4,137
<i>Elongation, %</i>	3,5-5,5
<i>Deflection Temperature, °C</i>	132-152
<i>Flextural Strength, Mpa</i>	117,21-124,11

2.2.14 Katalis

Katalis merupakan suatu cairan yang berfungsi sebagai zat yang mempercepat reaksi pembentukan komposit, sehingga mempercepat proses pengerasan adonan. Katalis biasanya berwarna bening dan berbau. Jika semakin banyak jumlah katalis yang dicampur pada resin proses pengerasan akan lebih cepat tetapi hasilnya kurang bagus. Penambahan katalis pada resin yang baik

sejumlah 1 % dari jumlah total resin yang dipakai. Jika cairan ini mengenai kulit akan terasa panas, seperti cairan air *zuur*.

2.2.15 *Aluminium Oxide* (Al_2O_3)

Aluminium oxide (Al_2O_3) adalah sebuah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen. Nama mineral dari *aluminium oxide* yaitu alumina yang sering digunakan dalam bidang pertambangan, keramik, dan teknik material. *Aluminium oxide* merupakan penghambat (insulator) panas dan listrik yang baik. *Aluminium oxide* memiliki sifat yang keras, dan memiliki peran penting pada ketahanan logam dengan perkaratan udara. Aluminium bereaksi terhadap oksigen dalam membentuk *aluminium oxide*. Reaksi ini berupa lapisan tipis yang secara cepat menutupi permukaan aluminium. Lapisan inilah yang melindungi logam aluminium dari oksigen dan terbentuk *aluminium oxide*. Beberapa paduan logam menggunakan *aluminium oxide* untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi.

Aluminium oxide terdapat dalam wujud kristal corundum. *Sapphire* dan batu mulia rubi tersusun atas corundum dengan warna khas yang disebabkan kadar ketidakmurnian dalam bentuk struktur corundum. *Aluminium oxide* merupakan komponen utama pada bauksit bijih aluminium. Pabrik *aluminium oxide* terbesar didunia yaitu rusal, alcan, dan alcoa. Perusahaan yang memiliki spesialisasi pada produksi aluminium oksida dan aluminium hidroksida adalah almatis dan alcan.

Aluminium oxide dapat digunakan untuk pengisi (*filler*) berbagai bahan plastik, komposit, dan beberapa macam kosmetik seperti lipstik, sebagai katalis dalam proses kimia industri, sebagai penyerapan pemurnian gas untuk menghilangkan air dari aliran gas. *Aluminium oxide* yang terkenal dengan kekerasan dan kekuatannya ini juga berfungsi untuk pengganti intan pabrikan yang harganya relatif murah, digunakan juga sebagai bahan poles untuk beberapa material bahkan digunakan untuk memoles batu mulia dan CD/DVD. Al_2O_3 ini juga digunakan untuk pembuatan amplas dan gerinda. Sifat-sifat mekanik *aluminium oxide* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sifat-sifat Mekanik *Aluminium Oxide* (William, 2002)

Properties	Unit	Grade Alumina						
		86%	94%	97,50%	99,50%	99,90%	99% recry*	Sapphire
<i>Density</i>	gr/cm ³	3,5	3,7	3,78	3,89	3,9	3,9	3,985
<i>Dielectric Constant</i>		8,5	9,2	9,5		9-10,1	9-10,1	7,5-10,5
<i>Dielectric Strength</i>	kVmm-1	28		30-40		10-35	10-35	17
<i>Volume Resistivity</i>	Ohm.cm	<1014	<1014	<1014	<1014	<1014	<1014	>1016
<i>Thermal Conductivity</i>	Wm-1.K-1	15	20	24	26	28-35	28-35	41,9
<i>Thermal Expansion Coeff</i>	10-6.K-1	7	7,6	8,1	8,3	8	8	5,8
<i>Spesific Heat</i>	JK-1.kg-1	920	900		850			753
<i>Compressive Strength</i>	Mpa	1800	2000	1750-2500		2200-2600	2200-2600	2100
<i>Modulus of Rupture</i>	Mpa	250	330		262	320-260		260
<i>Hardness</i>	Vickers kgf.mm-2			1500-1600		1500-1650	1500-1650	2500-3000

2.2.16 Natrium Hidroksida (NaOH),

Natrium hidroksida (NaOH) dikenal sebagai sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium hidroksida membentuk larutan alkali yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. NaOH digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi *pulp* dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk butiran, serpihan, pelet, ataupun larutan jenuh 50 %. NaOH bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbondioksida dari udara bebas. NaOH sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. NaOH juga larut dalam etanol dan Metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil dari pada kelarutan KOH. NaOH tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas.

2.2.17 Pengujian Sifat Mekanik

2.2.17.1 Foto Makro

Foto makro adalah pengamatan struktur permukaan benda yang dapat dianalisa dengan besar, bentuk, orientasi butir, jumlah fasa, proporsi, dan kelakuan dimana campuran-campuran tersusun atau terdistribusi. Faktor-faktor yang mempengaruhi Struktur mikro adalah perlakuan panas yang diberikan, elemen paduan, dan konsentrasi.

Pengujian struktur makro dilakukan dengan mikroskop dengan koefisien pembesaran dan metode kerja bervariasi. Adapun beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur makro adalah sebagai berikut :

1. Pemotongan (*Section*)

Pemotongan ini dipotong pada bagian yang akan dilakukan pengamatan foto makro.

2. Pengamplasan Kasar (*Grinding*)

Pengamplasan dilakukan untuk meratakan dan menghaluskan retak atau kerusakan pada benda uji. pengamplasan dilakukan dari ukuran yang paling kecil sampai ukuran yang besar.

3. Pemolesan (*Polishing*)

Pemolesan dilakukan untuk dapat menghasilkan permukaan spesimen yang bersih, mengkilap, dan tidak boleh ada goresan. pemolesan dilakukan dengan kain yang telah diberi autosol.

4. Pengetsaan (*Etching*)

Pada proses pemolesan didapatkan spesimen yang mengkilap. Pengetsaan dilakukan Agar struktur permukaan terlihat jelas. Agar tidak terjadi kegosongan pada spesimen uji pengetsaan dilakukan dengan pelan dan lembut.

5. Pemotretan

Pemotretan digunakan untuk mendapatkan gambar dari struktur makro maupun mikro dengan menggunakan mikroskop.

2.2.17.2 Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan atau *hardness test* merupakan salah satu cara untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan suatu material. Sedangkan kekerasan

(*hardness*) adalah salah satu sifat mekanik dari suatu material selain sifat fisik dan teknologi yang dimilikinya. Sedangkan durometer adalah salah satu dari beberapa alat pengukuran kekerasan dari suatu material. Kekerasan dapat didefinisikan sebagai ketahanan suatu benda untuk identasi permanen.

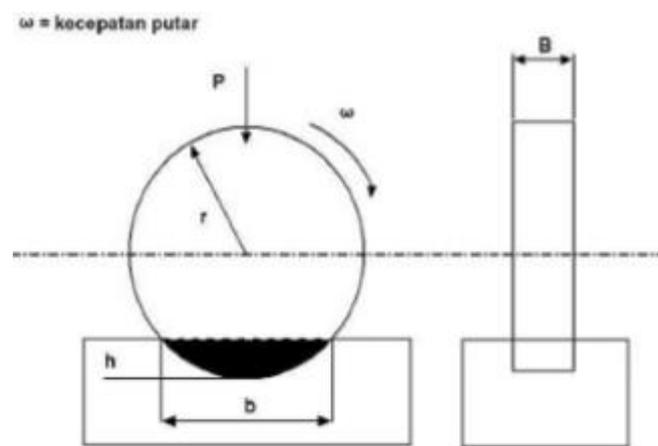
Skala durometer didefinisikan oleh Albert F. Shore, yang mengembangkan perangkat pengukuran untuk mengukur kekerasan *Shore* pada tahun 1920. Istilah durometer ini sering digunakan untuk merujuk pada pengukuran serta instrumen itu sendiri. Durometer biasanya digunakan untuk mengukur kekerasan dalam polimer, elastomer, dan karet. Ada beberapa skala dari durometer yang digunakan untuk bahan dengan sifat yang berbeda. Dua skala yang paling umum, dengan menggunakan sistem pengukuran yang sedikit berbeda, adalah timbangan tipe A dan tipe D ASTM D2240. Skala A adalah untuk plastik lembut, sedangkan skala D adalah untuk yang lebih keras. Namun, ASTM pengujian D2240-00 panggilan standar untuk total 12 sisik, tergantung pada tujuan penggunaan; tipe A, B, C, D, DO, E, M, O, OO, OOO, OOO-S, dan R. Setiap hasil skala nilai antara 0 dan 100, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan bahwa material tersebut lebih keras.

2.2.17.3 Pengujian Keausan

Keausan adalah kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya (Setiyanto, 2009). Pembahasan mekanisme keausan pada material berhubungan erat dengan gesekan (*friction*) dan pelumasan (*lubrication*). Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan mekanisme yang beragam.

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah dengan metode *ogoshi* dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak

permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terlepas dari benda uji. Ilustrasi skematis dari kontak permukaan antara *revolving disc* dan benda uji dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Pengujian Keausan *Ogoshi* (Setiyanto, 2009)

Keterangan:

P : Beban

h : Kedalaman bekas injakan

r : Jari-jari *revolving disc*

b : Lebar bekas injakan

B : Tebal *revolving disc*

ω : Kecepatan putar

Material jenis apapun akan mengalami keausan dengan mekanisme yang beragam, beberapa mekanisme keausan sebagai berikut:

1. Keausan Adhesif

Keausan terjadi jika antara dua material atau lebih mengalami kontak permukaan yang mengakibatkan terjadi pelepasan salah satu material.

2. Keausan Abrasif

Keausan terjadi jika suatu material keras mengalami kontak permukaan dengan material yang lebih lunak maka akan terjadi penetrasi yang mengakibatkan pemotongan pada material yang lebih lunak.

3. Keausan Lelah

Merupakan mekanisme yang relatif berbeda dibandingkan dua mekanisme sebelumnya, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan adhesif maupun abrasif melibatkan hanya satu interaksi sementara pada keausan lelah dibutuhkan interaksi multi.

4. Keausan Oksidasi

Keausan oksidasi seringkali disebut keausan korosif. Pada prinsipnya mekanisme ini dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material dibagian permukaan oleh faktor lingkungan. Sehingga menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material pada lapisan permukaan akan mengalami keausan yang berbeda.

Uji keausan merupakan uji karakteristik fisik yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keausan permukaan benda terhadap gesekan atau goresan. Uji keausan dilakukan dengan cara menghitung lebar keausan pada sampel. Alat untuk uji keausan ialah *ogoshi* keutamaannya alat uji *ogoshi* diantaranya:

1. Proses pengujian dilakukan dengan cepat dan mudah.
2. Benda uji tidak harus berukuran besar.
3. Lama waktu abrasi dapat ditentukan dan daya tahan aus permukaan benda uji berbagai variasi bahan dapat dengan mudah terdeteksi
4. Perubahan tekanan, kecepatan dan jarak penggosok dapat diatur sesuai keinginan.
5. Berbagai macam bahan-bahan industri yang dapat diuji yaitu karbon, baja, tembaga, kuningan, *harden steel*, *cast steel*, *super-hand alloy*, *synthetic resins*, *nylon*, dan lain-lain.

Rumus nilai keausan spesifik:

$$WS = \frac{B (Bo)^3}{8 r Po Lo} \frac{mm^2}{kg} \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana:

- Ws : Harga keausan spesifik (mm²/kg)
- B : Lebar piringan pengaus (mm)
- Bo : Lebar keausan pada benda uji (mm)
- r : Jari-jari piringan pengaus (mm)
- Po : Gaya tekan pada proses keausan berlangsung (kg)
- Lo : Jarak tempuh pada proses pengausan (mm)