

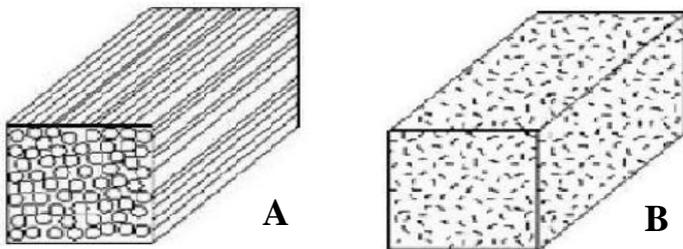
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit dapat didefinisikan sebagai perpaduan dua material atau lebih yang memiliki perbedaan bentuk, komposisi kimia dan antar materialnya tidak saling melarutkan. Secara umum material penyusun komposit tersusun atas matriks yang berfungsi sebagai pengikat dan *reinforcement* yang berfungsi sebagai pengisi. Menurut sifat *thermalnya* matriks dapat digolongkan menjadi matriks termoplastik dan thermoset. Jenis matriks thermoset yang sering digunakan adalah *polyester, epoxy, phenolics*, dan *polyamids*. Untuk matriks polimer termoplast yang banyak digunakan adalah *polyethylene, polypropylene, nilon, polycarbonate*, dan *polyether-ether keton*. Bahan penguat terdiri dari bahan *reinforcement* sintesis dan alami. Saat ini, bahan penguat yang banyak digunakan adalah bahan penguat dari serat (*fiber*) (Maryanti dkk, 2011).

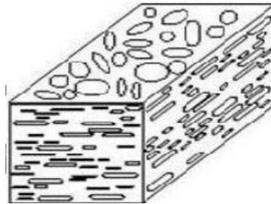
Menurut Fitrianto (2012) komposit dibedakan ke dalam 5 kelompok berdasarkan bentuk struktur penyusunnya, yaitu:

1. Komposit serat (*Fiber composite*), menggunakan serat sebagai penguatnya. Dalam pembuatannya, serat dapat disusun secara acak (*random fibers*), memanjang (*unidirectional composites*) serta dianyam (*cross-play laminate*).



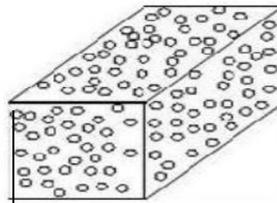
Gambar 2. 1 *Unidirectional Composite* (a) *Random Fiber Composite*
(b)

2. Komposit serpih (*Flake composite*), merupakan komposit dengan penambahan material berupa serpih ke dalam matriksnya. *Flake* bisa berupa serpihan mika, *glass* dan metal.



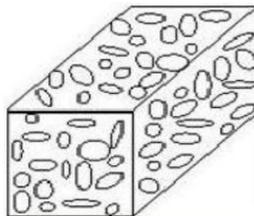
Gambar 2. 2 Komposit Serpih

3. Komposit butir (*Particulate composite*), dimana matriksnya ditambahkan material lain berupa serbuk/butir. Perbedaan *flake* dan *fiber composite* adalah pada letak distribusi material penambahnya, dimana dalam *particulate composite* material penambah terdistribusi secara acak.



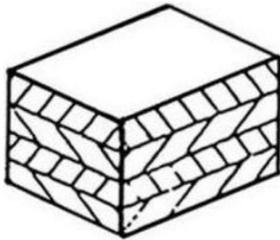
Gambar 2. 3 Komposit Partikel

4. Komposit isian (*Filled composite*), dimana penambahan material ke dalam matriksnya berupa struktur 3 dimensi.



Gambar 2. 4 *Filled (Skeletal) Composite*

5. Komposit lapisan (*Laminar composite*), komposit dengan susunan dua atau lebih layer, dimana tiap layer dapat berbeda dalam bentuk, material dan orientasi penguatnya.



Gambar 2. 5 *Laminar Composite*

Proses manufaktur komposit umumnya dikelompokkan ke dalam dua kelas, yaitu:

1. *Open molding*, pada proses ini laminasi terkena atmosfer (terbuka) selama proses berlangsung. Beberapa tipe dari proses *open molding* ini adalah *wet lay-up*, *spray-up*, *filament winding*.
2. *Closed molding*, pada proses ini komposit diproses dalam cetakan dua sisi, atau dalam kantung vakum. Beberapa tipe dari proses *closed mold* ini adalah *resin transfer molding (RTM)*, *vacuum assisted resin transfer molding*, *compression molding*, *pultrusion* dan *injection molding*.

(Kesarwani, Jahan dan Kesarwani, 2015).

Dalam penelitian ini proses yang digunakan yaitu *closed mold* tipe *compression molding*. Prinsip dari *compression molding* adalah bahan ditempatkan di dalam rongga cetakan kemudian ditutup menggunakan tekanan. Dalam proses *compression molding* materil mengalami deformasi yang sangat sederhana, serta tidak ada daerah dengan tingkat *stress* yang tinggi (Advani dan Sozer, 2003).

2.2 Serabut Kelapa

Serabut kelapa merupakan ekstraksi dari kulit kelapa terluar. Nama umum, nama ilmiah dan keluarga dari tumbuhan serabut kelapa masing-masing adalah *Coir*, *Cocos Nucifera* dan *Arecaceae* (Palm). Terdapat dua jenis serabut kelapa, yaitu serabut berwarna coklat yang diekstrak dari kelapa yang telah matang dan serabut berwarna putih yang diekstrak dari kelapa yang belum matang. Serabut berwarna coklat lebih tebal dan kuat, sedangkan serat

berwarna putih lebih halus, tipis dan rapuh. Serabut kelapa tersedia dalam tiga bentuk, yaitu bulu atau *bristle* (serat panjang), matras atau *mattress* (relatif pendek), dan *decorticated* (serat campuran.). Berbagai jenis serabut ini mempunyai fungsi yang berbeda bergantung pada kebutuhan. Di bidang *engineering*, serabut yang banyak digunakan adalah serabut berwarna coklat. Beberapa keuntungan dari serabut kelapa diantaranya adalah tidak terpengaruh dengan kelembaban, tahan lama, dan tangguh (Ali, 2010). Serabut kelapa dimanfaatkan untuk pembuatan komposit kanvas rem kopling/cluth karena memiliki modulus elastisitas yang rendah (kenyal) dan mempunyai harga koefisien gesek yang tinggi (Purboputro dan Kusuma, 2014).



Gambar 2. 6 Serat Kelapa coklat (tua) (a) dan putih (muda) (b)

Tabel 2. 1 Properti Fisik dan Mekanik dari Serabut Kelapa

Poperti	Nilai
Densitas (g/cm ³)	1,25
Modulus young (GPa)	6
Kuat tarik (MPa)	220

(Mohammed dkk 2015).

Tabel 2. 2 Komposisi Kimia dari Serabut Kelapa

Kandungan Kimia	Persentase
Selulosa	32-34
Hemiselulosa	0,15-0,25
Lignin	40-45

(Mohammed dkk, 2015).

Di dalam penelitian Maleque dkk menggunakan komposit dengan serabut kelapa sebagai *filler*, aluminium sebagai *reinforcement* serta resin fenolik sebagai matriksnya. Komposit tersebut dibuat dengan menggunakan teknik metalurgi serbuk,

sehingga diperoleh hasil dengan sifat densitas yang tinggi, porositas rendah serta kekuatan tekan yang diperoleh dari 10% komposit serabut kelapa, menunjukkan bahwa serabut kelapa 10% menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi untuk menahan beban dan menahan gaya tekan (Rao dan Babji, 2015).

2.3 Tembaga

Tembaga merupakan salah satu logam yang pemanfaatannya sangat luas, baik dalam paduan maupun murni. Tembaga merupakan penghantar panas yang baik (*Electrical and Thermal Conductor*) serta memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi *atmospheric* dan korosi yang lain (Alian dan Ibrahim, 2013). Tembaga dengan konduktivitas yang baik mudah memindahkan panas yang dihasilkan pada saat rem bergesekan. Selain itu, tembaga juga memiliki sifat mudah melepaskan panas, sehingga dapat memindahkan panas dari permukaan gesek rem dan menjadikannya cepat dingin kembali (Purboputro dan Kusuma, 2014).

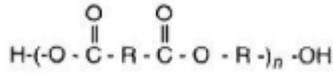
Tabel 2. 3 Karakteristik Tembaga (*Cooper*)

Properti	Nilai
Densitas	8,96 (g/cm ³)
Titik leleh	1357,77 ⁰ K, 1084,62 ⁰ C 1984,32 ⁰ F
Titik cair	2835 ⁰ K, 2562 ⁰ C, 4643 ⁰ F
Konduktivitas panas	(300 ⁰ K) 401 W.m ⁻¹ .K
Modulus Young	(25 ⁰ C) 16,5 μm.m ⁻¹ .K ⁻¹
Kekerasan Brinell	874 MPa

(Junaidi dan Seprianto, 2011).

2.4 Unsaturated Polyester Resin

Polyester ialah bahan termoseting yang banyak beredar dipasaran dikarenakan harganya relatif murah serta dapat diaplikasikan pada berbagai macam penggunaan. *Polyester* merupakan hasil dari reaksi asam organik dengan alkohol yang membentuk ester. *Polyester* linier dihasilkan dengan menggunakan dwi fungsi asam dan dwi fungsi alkohol (glikol).



Gambar 2. 7 Reaksi Pembentukan Ester

Polyester tak jenuh dapat digolongkan ke dalam jenis atau kelas yang bergantung pada struktur dasar blok. Kelas tersebut antara lain *ortoftalat*, *isophthalik*, *terephthalate*, *bisphenol-fumarat* dan *klorendik disiklopentadien* (Lumintang, dkk, 2011).

Resin *polyester* tak jenuh memiliki struktur rantai karbon yang panjang, menghasilkan struktur material berbentuk *crosslink* yang memiliki daya tahan lebih baik terhadap jenis pembebanan statik dan impak dikarenakan material ini memiliki rantai molekul atom-atom karbon yang saling berhubungan, sehingga dihasilkan efek peredaman yang baik terhadap beban yang diberikan (Sijabat dkk, 2013).

Katalis merupakan media yang digunakan untuk mempercepat pengerasan cairan resin (*curing*). Katalis yang sering digunakan adalah *Hardener Methyl Ethyl Ketone Peroxide*. Bahan *hardener* adalah bahan yang menyebabkan terjadinya proses *curing*. *Hardener* terdiri dari dua bahan, yaitu katalisator dan *accelerator*. Katalisator dan *accelerator* ini yang dapat menimbulkan panas, dimana panas tersebut diperlukan untuk mempercepat proses pengeringan. Tetapi apabila panas tersebut terlalu tinggi, dapat merusak ikatan-ikatan antar molekul dan merusak seratnya (Maaliku dkk, 2014).

Tabel 2. 4 Sifat Fisika dan Kimia *Methyl Ethyl Ketone Peroxide*

Sifat	Nilai
Keadaan fisik	Cair pada suhu 20 °C dan 1013 hPa
Warna	Tidak berwarna
Bau	Seperti keton
Berat molekul	122 hingga 210 g/mol
Densitas	1,02 pada 20 °C
Tekanan uap	1,84 x 10 ⁻³ hingga 0,736 hPa pada 25 °C (perhitungan untuk isomer murni tanpa pelarut lain)
Titik beku	-10 °C hingga -5,5 °C pada 1013 hPa (perhitungan untuk isomer murni tanpa pelarut lain)
Kelarutan air	6,53 g/L pada 20 °C

Sumber: GPS Safety Summary

2.5 Bahan Gesek Kampas Rem (*Brake Lining*)

Bahan gesek kampas rem (*Brake Lining*) adalah bahan gesekan yang membantu mengendalikan pergerakan kendaraan. Rem menggunakan gesekan untuk mentransmikan kekuatan ke bagian kendaraan yang bergerak (roda) untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan. Komponen sistem pengereman antara lain *brake pad* atau *brake shoe* yang terdiri dari lapisan rem yang terikat pada bantalan logam. Saat rem dilepas, *pad* atau *shoe* ditekan ke cakram atau tromol yang terpasang pada roda, sehingga menyebabkan kendaraan melambat atau berhenti (Patel dan Jain, 2014).



Gambar 2. 8 Bahan gesek (a) pada *Brake Shoe* (b) *Brake Pad*

Bahan gesekan rem yang ideal harus memiliki koefisien gesekan yang konstan dalam berbagai kondisi saat bekerja, sehingga dapat mempertahankan karakteristik pengereman dari mesin. Selain itu, bahan gesek kampas rem harus memiliki berbagai sifat yang diinginkan seperti ketahanan terhadap panas, memiliki tingkat keausan yang rendah dan stabilitas termal yang tinggi, menunjukkan kebisingan yang rendah, serta tidak merusak lapisan rem dan disk (Bankar dan Khan, 2014). Bahan gesekan merupakan material heterogen dan terdiri dari beberapa elemen. Setiap elemen memiliki fungsi tersendiri. Perubahan pada jenis elemen atau persentase berat elemen dalam formulasi dapat mengubah sifat fisik, kimia dan mekanik dari bahan gesekan rem (Bashir, Saleem dan Bashir, 2015). Bahan gesek kampas rem (*Brake Lining*) terdiri dari bahan yang reatif lunak tetapi tangguh dan tahan panas dengan koefisien gesekan dinamis yang tinggi (Yendhe, Landge dan Thorat, 2015). Bahan gesek kampas rem (*Brake Lining*) terdiri dari sub komponen sebagai berikut:

1. Bahan tambahan friksi atau bahan abrasive (*Frictional additives*) berfungsi untuk menstabilkan koefisien gesekan.
2. Pengisi (*Fillers*) yang berfungsi memperbaiki kemampuan manufaktur *brake pad* atau *brake shoe* .
3. Pengikat (*Binder*) yang menahan komponen dari *brake pad* atau *brake shoe* .
4. Penguat (*Reinforcing Fibers*) yang meningkatkan kekuatan mekanik bahan. (Vijay dkk, 2011).

Bahan gesek kampas rem (*Brake lining*) memiliki standar acuan tentang spesifikasi teknik kampas rem. Standar acuan yang beredar dipasaran ditunjukkan pada Tabel 2.5.

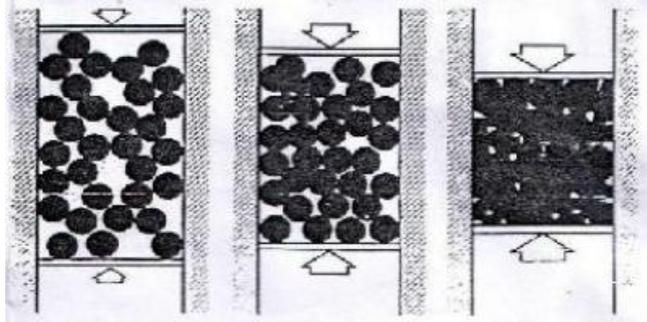
Tabel 2. 5 Properti dari bahan gesek kampas rem konvensional

Properti	Kampas rem konvensional
Massa jenis (g/cm^3)	1,89
Harga keausan (mg/m)	3,800
Koefisien gesekan	0,30-0,40
Pertambahan ketebalan pada H_2O (%)	0,9
Pertambahan ketebalan pada minyak SAE (%)	0,30
Nilai kekerasan (MPa)	101
Kuat tarik (MPa)	7,00
Kekuatan tekan (MPa)	110,0
Konduktifitas termal (W/mk)	0,539

(Ademoh dan Olabisi, 2015).

2.6 Proses Kompaksi

Menurut Fitrianto (2012) proses kompaksi merupakan proses pemampatan serbuk hingga rongga udara antar partikel akan terdorong keluar dan serbuk akan saling melekat. Semakin besar tekanan yang diberikan saat proses kompaksi, maka jumlah udara (porositas) di antara partikel akan semakin sedikit. Kompaksi dapat dilakukan dengan cara satu arah sumbu, dua arah sumbu atau dari segala arah. Kebanyakan proses kompaksi menggunakan penekan (punch) atas dan bawah. Kompaksi dapat dibagi menjadi 2 cara yaitu cold compaction (kompaksi tanpa temperatur) dan hot compaction (kompaksi dengan temperatur).



Gambar 2. 9 Proses Kompaksi

2.7 Kekerasan

Kekerasan dapat didefinisikan sebagai daya tahan material terhadap berbagai jenis perubahan bentuk dan penetrasi permanen dari bahan lain yang lebih keras. Metode pengukuran kekerasan yang sering digunakan adalah Rockwell, Brinell, Vickers, Knoop, dan Indentation instrument (martens) (Aydemir, Cal dan Salman, 2011). Selain itu, kekerasan dari komposit yang diperkuat serat dapat diukur menggunakan *Shore D Hardness Tester*.

Pengujian kekerasan Shore memiliki 8 jenis skala, yaitu A, B, C, D, DO, O, OO, dan M. Skala A dan C menggunakan indentor berbentuk kerucut. Skala B dan D menggunakan indentor 30° , sedangkan skala O, DO dan OO menggunakan indentor berbentuk bulat $3/32$ inci (Morgans dkk, 1999). Dalam penelitian ini digunakan *Shore D Durometer*. Menurut Andrianto (2016) dalam penelitiannya bahwa kampas rem komersial merk X memiliki nilai kekerasan sebesar 94 Shore D. Menurut ASTM D570 spesimen uji kekerasan yang dilakukan dengan skala Durometer D memiliki ukuran $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 4\text{ mm}$ (Salih dkk, 2013).

Untuk mengetahui tingkat kekerasan spesimen pada Shore D Durometer digunakan metode ASTM D2240. Spesimen harus ditempatkan pada permukaan yang rata dan keras. Induser Durometer kemudian ditekan kedalam spesimen sehingga kekerasan spesimen dibaca dan ditunjukkan oleh skala Durometer. Nilai kekerasan didapatkan oleh penetrasi yang dilakukan induktor Durometer dalam spesimen (Sathiyamoorthy dkk, 2017).



Gambar 2. 10 Shore D Durometer

2.8 Kerapatan

Densitas atau kerapatan merupakan salah satu sifat yang penting dari suatu bahan. Densitas didefinisikan sebagai massa persatuan volume (Young dan Freedman, 2002). Kerapatan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Dimana

ρ : kerapatan benda

m : massa benda

V : volume benda

Menurut ISO 15484 kerapatan merupakan rasio massa terhadap volume pada bahan gesekan dalam kondisi normal. Untuk pengujian densitas, bahan gesek kampas rem dapat digunakan seluruhnya atau sebagian untuk menentukan kerapatannya. Bagian potongan bahan harus memiliki massa minimum 5 gram.

2.9 Uji Penyerapan Air dan Oil (Minyak Pelumas) SAE

Kinerja pengereman komposit bahan gesek kampas rem kurang baik saat bersentuhan dengan air, sehingga diperlukan uji penyerapan air untuk mengetahui daya tahan bahan tersebut terhadap air (Singh, 2015).

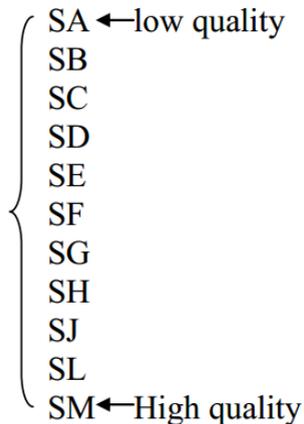
Uji daya serap dilakukan untuk mengukur porositas pada bahan gesek kampas rem. Porositas dapat mempengaruhi ketahanan dan kompresibilitas yang dapat mempengaruhi efektifitas bahan gesek kampas rem. Uji daya serap dilakukan dengan cara merendam spesimen selama 24 jam ke dalam air dan minyak pelumas. Jumlah

air dan minyak pelumas yang diserap untuk setiap specimen ditentukan dengan mengukur perbedaan massa (Ruzaidi dkk, 2011).

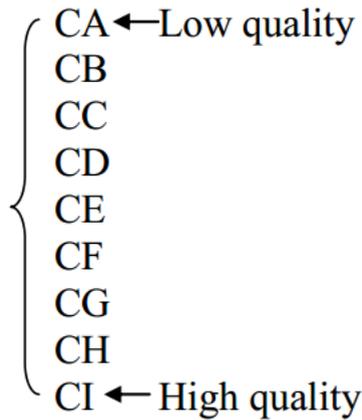
Menurut Effendi dan Adawiyah (2014) pelumas merupakan zat kimia untuk mengurangi gaya gesek antara dua benda yang bergerak. Standarisasi minyak pelumas dibagi menjadi 2, yaitu:

1. American Petroleum Institute (API)
2. Society of Automotive Engineers (SAE)

Sistem API mengklasifikasikan minyak pelumas sesuai dengan tipenya (tipe regular, tipe premium dan tipe berat). API menggunakan simbol huruf S untuk minyak pelumas pada mesin yang beroperasi dengan bensin dan huruf C untuk minyak pelumas yang digunakan pada mesin diesel. Standarisasi minyak pelumas untuk mesin kendaraan bermotor pertama kali dilakukan oleh *Society of Automotive Engineers* (SAE) dengan kode J300 pada tahun 1911. Minyak pelumas dikelompokkan berdasarkan tingkat kekentalannya yang dapat ditemukan pada kemasan atau kaleng pelumas. Dimana angka dalam kemasan tersebut menunjukkan tingkat kekentalannya. Nilai viskositas minyak SAE adalah 0W, 10W, 20W, 25W, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150 dan 200 (Oladeji, 2015).



Gambar 2. 11 Standarisasi API untuk Minyak Pelumas Mesin Bensin



Gambar 2. 12 Standarisasi API untuk Minyak Pelumas Mesin Diesel

Penyerapan air dan minyak pelumas SAE dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$absorption (\%) = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

W_0 : massa sebelum perendaman

W_1 : massa setelah perendaman

Menurut ASTM 570-98 dalam penentuan penyerapan air dan minyak pelumas SAE, spesimen memiliki ukuran $25\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ (Singh, 2015).