

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah Maja

Buah majapahit atau yang biasa disebut buah maja ini merupakan salah satu buah yang sudah dikenal sejak jaman kerajaan majapahit pada abad XIII. Buah maja ini memiliki bentuk bulat seperti sebuah bola yang berwarna hijau. Menurut para ahli buah majapahit menjadi inspirasi terciptanya nama sebuah kerajaan majapahit yang merupakan salah satu kerajaan besar di Indonesia (Fatmawati, 2015). Buah maja atau majapahit yang memiliki nama latin *Aegle marmelos* (L.) ini memiliki beberapa ciri khas yaitu bentuk yang bulat seperti sebuah bola sepak, berwarna hijau muda, memiliki daging buah berwarna putih dan kulit keras. Buah maja termasuk kedalam *divisi spermatophyta*, *sub divisi angiospermae*, *ordo sapindales*, *famili rutaceae*, *genus aegle* dan *spesies aegle marmelos* L. (ESTIA, 2020).



Gambar 2.1 Buah Maja (*Aegle marmelos* (L.))

(Sumber : Fatmawati , 2015)

Buah maja atau majapahit ini memiliki sebuah arti yaitu sebuah buah yang memiliki rasa pahit pada daging buahnya. Buah maja ini memiliki cakupan wilayah penyebaran tidak hanya di Indonesia melainkan bah tersebut dapat ditemukan di wilayah negara Asia Tenggara lainnya dan beberapa wilayah Asia Selatan terutama pada daerah dataran rendah hingga ketinggian 500 MPDL dengan kondisi tanah basah (Fatmawati, 2015). Buah majamemiliki

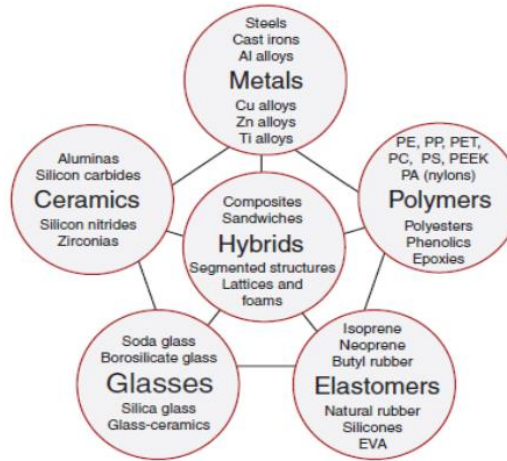
beberapa potensi untuk dikembangkan karena hampir setiap bagian tanaman tersebut dapat dimanfaatkan seperti daging buah, akar tanaman, daun, kulit batang dan getahnya. Pada dasarnya buah maja dapat digunakan sebagai bahan baku pestisida nabati, dan sebagai obat tradisional beberapa penyakit seperti disentri dan diare. Berdasarkan hasil pengujian fitokimia pada kulit dan daging buah maja didapatkan hasil bahwa pada buah maja mengandung beberapa senyawa kimia seperti tanin, *alkaloid*, *terpenoid*, *flavonoid*, dan *saponin* yang bersifat sitotoksik yang membuat daging buah maja tersebut pahit (Ratnawati, 2012). Kulit buah maja memiliki banyak kandungan tanin yang dapat dimanfaatkan dan digunakan untuk menghambat laju korosi pada sebuah besi dan baja (Hidayat dkk, 2016). Selain mengandung senyawa tanin, kulit buah maja yang keras juga dinilai memiliki serat yang dapat digunakan menjadi serat, bahan campuran, dan penguat komposit.

2.2 Komposit

Kebutuhan akan material dengan sifat-sifat yang sesuai baik secara fisik, kimiawi, maupun mekanik pada suatu kondisi kerja atau lingkungan tertentu mendorong dibuatnya material gabungan atau yang disebut sebagai komposit. Komposit adalah suatu sistem yang terbentuk melalui penggabungan dua material atau lebih yang berbeda dan dalam bentuk serta komposisi yang tidak larut satu dengan yang lainnya. Secara umum, material komposit adalah material yang memiliki beberapa sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponen pembentuknya (Surdia dkk, 2005). Material komposit telah banyak mengalami pengembangan dan pemanfaatan yang luas serta beragam di tanah air khususnya pada produk rumah tangga dan perindustrian baik berskala kecil maupun besar. Hal ini merupakan efek dari keunggulan komposit dibanding jenis material lainnya seperti lebih kuat, lebih tahan terhadap korosi, lebih ekonomis, dan lainnya (Sriwita, 2014).

Material komposit adalah berbeda dengan paduan. Paduan adalah gabungan antara dua material atau lebih dimana material-material tersebut terjadi peleburan sementara komposit adalah kombinasi terekayasa dari dua

atau lebih bahan yang mempunyai sifat-sifat seperti yang diinginkan dengan cara kombinasi yang sistematis pada kandungan-kandungan yang berbeda tersebut (Van Vlack, 1994)



Gambar 2.2 Struktur Hubungan Antar Material

(Sumber :Sunardidkk , 2015)

Secara umum, sebuah komposit tersusun atas komponen-komponen yang disebut serat (*fiber*) , pengikat (*matrix*) dan penguat (*reinforcement*).

1. Serat (*Fiber*)

Serat adalah komponen komposit yang berfungsi sebagai pengisi (*filler*). Fungsi utama dari serat dalam komposit adalah untuk membentuk sifat bahan seperti kekakuan, kekuatan, dan sifat-sifat mekanik lainnya (Yani dkk, 2018). Oleh karena itu, tingkat kekuatan material komposit sangat dipengaruhi oleh kekuatan serat yang terkandung. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran Kristal) maka semakin kuat bahan tersebut karena cacat pada material tidak signifikan (Oroh dkk, 2013).

2. Matriks

Komponen pengikat atau penyatu *fiber* dalam material komposit disebut matriks. Matriks memiliki fungsi ideal sebagai penyelebung serat dari kerusakan antar serat seperti pengikisan (abrasi), perlindungan terhadap kondisi lingkungan seperti kontaminasi kimia dan kelembaban, pendukung dan menginfiltrasi serat, pemindah beban antar serat, dan sebagai perekat

untuk menjaga serat tetap stabil baik secara kimiawi maupun fisika setelah proses manufaktur. Matriks dapat berbentuk polimer, logam, karbon, ataupun keramik.

3. Penguat (*Reinforcement*)

Bahan penguat atau *reinforcement* merupakan salah satu komponen komposit. Bahan penguat memiliki fungsi untuk membentuk struktur penguat yang memberikan kekuatan pada material komposit. Pada dasarnya bahan penguat ini memiliki sifat yang lebih baik dari bahan pengisi dimana bahan penguat tersebut merupakan suatu konstruksi tempat melekatnya matriks (Sunardi dkk, 2015)

Material komposit dinilai memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan baik dari sisi sifat mekanik, sifat fisik, sifat termal dan sifat kimia dari material tersebut. Berikut adalah kelebihan dan kekurangan material komposit pada tabel berikut :

Tabel 2.1Keuntungan dan kerugian material komposit (Mott, 2004).

NO	KEUNTUNGAN	NO	KERUGIAN
1	Berat berkurang	1	Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi
2	Rasio antara kekuatan atau rasio kekakuan dengan berat tinggi	2	Sifat – sifat bidang melintang
3	Sifat sifat yang mampu beradaptasi, kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban	3	Nilai kekerasan yang rendah
4	Lebih tahan korosi	4	Matriks dapat menimbulkan degradasi lingkungan
5	Kehilangan Sebagian dari sifat dasar material	5	Sedikit susah dalam mengikat

NO	KEUNTUNGAN	NO	KERUGIAN
6	Biaya manufaktur rendah	6	Analisa sifat – sifat fisik dan mekanik untuk efisiensi damping tidak mencapai <i>consensus</i>
7	Konduktivitas termal meningkat dan konduktivitas listrik menurun		

2.3 Jenis Komposit

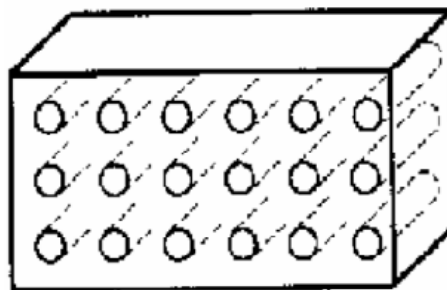
Material komposit sendiri dapat diklasifikasikan atau dikelompokkan menjadi berbagai jenis berdasarkan sejumlah aspek pembeda. Berikut ini adalah jenis-jenis komposit :

1. Berdasarkan Jenis Penguatnya

Jenis komposit berdasarkan dengan jenis penguatnya terbagi menjadi 3 jenis, yaitu sebagai berikut (Jones, 1999):

a) Komposit berserat (*Fibrous Composite*)

Komposit berserat (*Fibrous Composite*) merupakan jenis komposit yang menggunakan bahan penguat berupa serat baik serat sintetis atau serat alam seperti serat kaca (*fiber glass*), serat karbon, serat baja, atau serat alam lainnya. Serat pada komposit dapat diletakkan secara acak ataupun dengan suatu posisi tertentu.

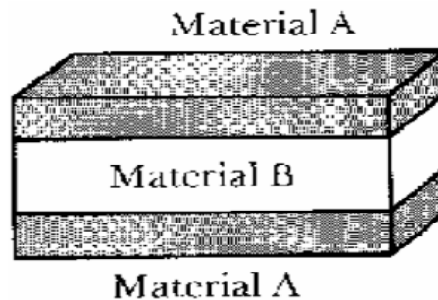


Gambar 2.3 Komposit berserat (*Fibrous Composite*)

(Sumber : Nayiroh , 2013)

b) Komposit laminar (*Laminated Composite*)

Komposit laminar atau lapisan (*Laminated Composite*) merupakan jenis komposit yang menggunakan bahan penguat dalam bentuk lembaran yang terdiri dari dua lapis atau lebih dimana pada setiap lapisannya memiliki karakteristik sifat masing masing.

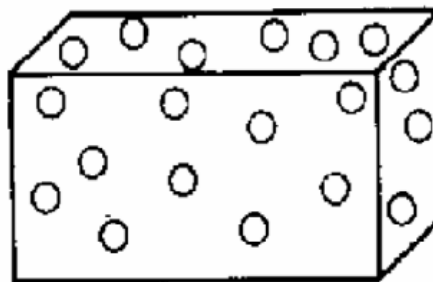


Gambar 2.4Komposit laminar (*Laminated Composite*)

(Sumber : Nayiroh , 2013)

c) Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Komposit Partikel (*Particulate Composite*) merupakan jenis komposit yang menggunakan bahan penguat dalam bentuk partikel ,butiran atau serbuk. Material penguat terdistribusi secara acak dan merata dalam matriksnya.



Gambar 2.5Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

(Sumber : Nayiroh , 2013)

2. Berdasarkan Jenis Matriks

Jenis atau klasifikasi komposit berdasarkan dengan jenis matriksnya terbagi menjadi 3 jenis, yaitu sebagai berikut :

a) Komposit Bermatriks Polimer (*Polymer Matrix Composite*)

Komposit bermatriks polimer (*polymer matrix composite*) merupakan jenis komposit yang menggunakan bahan polimer sebagai bahan penyusun utama atau komposisi dominan. Komposit jenis ini memiliki beberapa sifat , keuntungan, dan jenis polimer yang digunakan sebagai berikut :

1) Sifat Komposit Bermatrik Polimer

- Biaya produksi yang lebih rendah
- Dapat dibuat dengan metode produksi secara massal
- Ketangguhan baik
- Dapat bertahan lama
- Siklus fabrikasi dapat dipersingkat
- Dapat mengikuti bentuk cetakan yang digunakan
- Berat yang lebih ringan

2) Keuntungan Komposit Bermatrik Polimer

- Bobot yang lebih ringan
- *Specific stiffness* yang tinggi
- *Specific strength* yang tinggi

3) Jenis Polimer Yang Digunakan

- *Thermoplastic*

Thermoplastic merupakan material plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dan di daur ulang dengan cara dipanaskan. Bahan ini dapat mengeras saat didinginkan dan akan meleleh pada suhu tertentu, dapat melekat dengan baik , dan mempunyai sifat *reversibel*. Contoh nya adalah poliester, Nylon 66 dan Polieter eterketon (PEEK).

- *Thermoset*

Thermoset merupakan material yang tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversible*) maka jika bahan material tersebut sudah dikeraskan atau sudah terjadi sekali pengerasan

telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan Kembali. Material *thermoset* jika diberikan perlakuan pemanasan pada suhu tinggi tidak akan dapat melunakkan atau melelehkan material tersebut namun akan membentuk arang dan Kembali terurai karena sifat yang dimiliki oleh material tersebut.

b) Komposit Bermatriks Logam (*Metal Matrix Composite*)

Komposit bermatriks logam (*metal matrix composite*) merupakan jenis komposit yang menggunakan bahan logam sebagai penyusun utama atau komposisi dominan. Komposit jenis ini memiliki beberapa sifat, kelebihan, kekurangan, proses pembuatan komposit ini sebagai berikut:

1) Sifat Komposit Bermatriks Logam

- Mempunyai tingkat keuletan yang tinggi
- Mempunyai titik lebur yang rendah
- Mempunyai densitas yang rendah

2) Kelebihan Komposit Bermatriks Logam

- Transfer tegangan dan regangan yang baik
- Ketahanan terhadap temperature tinggi
- Tidak dapat menyerap kelembapan
- Memiliki kekuatan tekan dan geser yang baik
- Memiliki ketahanan aus dan muai termal yang lebih baik

3) Kekurangan Komposit Bermatriks Logam

- Biaya produksi yang mahal
- Ketentuan standarisasi material dan proses yang sedikit

4) Proses Pembuatan Komposit Bermatriks Logam

- *Powder metallurgy*
- *Casting / liquid infiltration*
- *Compocasting*
- *Squeeze casting*

c) Komposit Bermatriks Keramik (*Ceramic Matrix Composite*)

Komposit bermatriks keramik (*ceramic matrix composite*) merupakan jenis komposit yang menggunakan bahan keramik sebagai penyusun utama atau komposisi dominan. Material komposit ini adalah material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai *reinforcement* dan 1 fasa sebagai matriks dan keduanya terbuat dari keramik. Komposit jenis ini didapatkan melalui proses DIMOX. Proses DIMOX merupakan proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah *filler* (penguat). Komposit jenis ini memiliki beberapa kelebihan, kekurangan, jenis matriks yang banyak digunakan komposit ini sebagai berikut:

1) Keuntungan Komposit Bermatriks Keramik

- Dimensi yang lebih stabil dari logam
- Memiliki nilai ketangguhan yang tinggi
- Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus
- Memiliki unsur kimia stabil pada temperature tinggi
- Tahan terhadap temperature tinggi
- Kekuatan dan ketangguhan tinggi dan ketahanan korosi tinggi

2) Kerugian Komposit Bermatriks Keramik

- Sulit untuk di produksi massal
- Biaya dan harga yang relative mahal dan *non-cot effective*
- Hanya dapat digunakan untuk bagian dan hal tertentu

3) Jenis Matriks keramik Yang Banyak Digunakan

- *Silicon nitride*
- *Alumina*
- Keramik gelas
- *Anorganic glass*

2.4 Sifat – Sifat Material

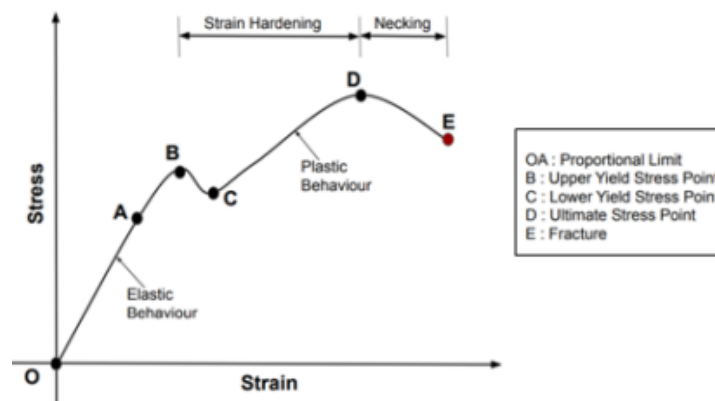
2.4.1 Sifat Mekanik

Sifat mekanik adalah sifat-sifat yang mempengaruhi kekuatan mekanik dan kemampuan suatu bahan untuk dicetak dalam bentuk yang sesuai. Sifat-sifat ini berhubungan dengan kemampuan material untuk menahan gaya dan beban mekanik dan diukur dari perilaku material yang dikenai gaya. Sifat mekanik terdiri dari kekuatan, kekakuan, elastisitas, plastisitas, daktilitas, kerapuhan, kelenturan, ketangguhan dan pengujian, ketahanan, *creep*, kekerasan serta kemampuan mesin.

1. Kekuatan dan Kurva Tegangan-regangan

Kekuatan material mengacu pada kemampuan material untuk menahan gaya yang diterapkan secara eksternal tanpa putus.

Gambar 2.6 menunjukkan hubungan tegangan dan regangan yang diperoleh selama uji tarik yang menggambarkan daktilitas dan kekuatannya.



Gambar 2.6 Kurva Tegangan-Regangan

(Sumber: Murugan, 2020)

Menurut **Gambar 2.6** sampai batas elastis, bahan akan kembali ke dimensi semula, dipertahankan dan dilanjutkan ke tahap plastisitasnya. Setelah material melebihi titik tegangan ultimit (D), *necking* mulai terjadi pada spesimen. Kurva tegangan dan regangan digunakan untuk modulus young dengan

membandingkan nilai tegangan dan regangan hingga batas elastis. Kemampuan material untuk menahan beban tanpa kegagalan atau distorsi yang tidak semestestinya dikenal sebagai kekuatan dan diketahui bahwa kemampuan material untuk memberikan reaksi yang sama terhadap gaya yang diberikan (tarik, tekan, geser) tanpa pecah.

2. Kekakuan

Kekakuan adalah kemampuan material untuk menahan deformasi di bawah tekanan atau kemampuan material untuk menahan defleksi. Ukuran dari kekakuan digambarkan oleh modulus elastisitas.

3. Elastitas

Elastisitas adalah sifat bahan untuk mendapatkan kembali bentuk aslinya setelah deformasi setelah deformasi ketika gaya eksternal dihilangkan. Elastisitas juga disebut dengan sifat tarik bahan yang ditunjukkan oleh batas proporsional dan batas elastis. Batas proporsional adalah tegangan maksimum suatu bahan akan mempertahankan tingkat regangan yang seragam sempurna terhadap tegangan. Batas elastis adalah tegangan terbesar yang dapat ditahan material tanpa mengambil beberapa set permanen, diluar batas elastis bahan tidak dapat kembali ke bentuk aslinya.

4. Plastisitas

Plastisitas adalah kemampuan material untuk mengalami beberapa derajat deformasi permanen tanpa pecah. Deformasi plastis terjadi setelah rentang elastis terlampaui oleh proses slip ketika tegangan geser pada bidang slip mencapai nilai kritis. Perpindahan yang disebabkan oleh slip bersifat permanen dan bidang kristal tidak dapat kembali ke posisi semula setelah tegangan dihilangkan.

5. Daktilitas

Daktilitas adalah sifat suatu bahan yang memungkinkannya

untuk ditarik menjadi kawat tipis dengan penerapan gaya tarik. Daksilitas diukur dengan istilah presentase perpanjangan dan presentase pengurangan luas.

6. Kerapuhan

Pemutusan bahan dengan sedikit distorsi permanen menyatakan sifat kerapuhan. Bahan yang bersifat rapuh ketika mengalami beban tarik putus tanpa memberikan perpanjangan. Contohnya adalah kaca, batu bata, besi tuang.

7. Kelenturan

Kelenturan adalah kemampuan bahan untuk digulung, diratakan, atau dipalu menjadi lembaran tipis tanpa retak akibat adanya pengaruh suhu baik dingin ataupun panas.

8. Ketangguhan

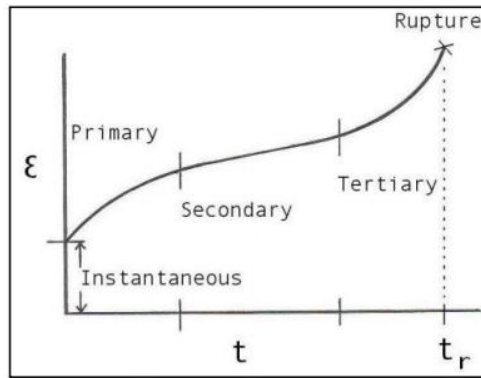
Ketangguhan adalah kemampuan material untuk menahan lentur tanpa patah karena beban impak yang tinggi. Ketangguhan bahan berkurang ketika dipanaskan yang diukur dengan jumlah energi yang diserap oleh satu unit volume material setelah diberikan tegangan hingga titik keruntuhan.

9. Ketahanan

Ketahanan material untuk menyerap energi dan menahan beban kejutan dan benturan yang dinyatakan dengan jumlah energi yang diserap per satuan volume dalam batas elastis.

10. Creep

Apabila suatu bagian diberi tegangan konstan pada temperatur tinggi dalam jangka waktu yang lama, maka akan mengalami deformasi yang lambat dan permanen yang disebut *creep*. Tiga tahap *creep* klasik ditunjukkan dalam **Gambar 2.7**. *Creep primer* dimulai dengan kecepatan tinggi dan melambat seiring berjalannya waktu. Tetapi *creep* sekunder memiliki laju yang relatif seragam. Sementara tahap ketiga, pada *creep* tersier, laju *creep* dipercepat dan berakhir ketika material pecah.



Gambar 2.7 Kurva *Creep* Klasik
(Sumber:Murugan, 2020)

11. Kelelahan

Kelelahan (*fatigue*) adalah kegagalan bahan di bawah beban siklik. Ketika suatu bagian mengalami tegangan yang berulang atau berfluktuasi, patahan terjadi di bawah tegangan yang nilai maksimumnya lebih kecil dari kekuatan tarik material. Jika suatu bagian dibebani satu kali sampai tegangan luluh, maka bagian tersebut tidak akan putus. Namun, jika dimuat berulang kali ke bagian ini, pada akhirnya akan rusak.

12. Kekerasan

Kekerasan adalah sifat suatu bahan untuk menahan penetrasi oleh bahan lain. Sifat ini mencakup keausan, goresan, deformasi, dll. Kekerasan material dapat diartikan seperti ketahanan terhadap abrasi, deformasi atau lekukan. Beberapa metode pengukuran kekerasan yaitu skala Moh, kekerasan Vicker, kekerasan Rockwell, uji Knop dan kekerasan Brinell.

2.4.2 Sifat Fisik

Sifat fisik merupakan suatu bahan atau material ditinjau dari sifat-sifat fisiknya yang dapat dilihat langsung dari suatu bahan atau material. Sifat fisik dapat dibedakan menjadi *density*, titik leleh(Munro, 2000).

1. Kepadatan (*density*)

Kepadatan atau masa jenis didefinisikan sebagai massa persatuan volume (Kg/cm³) yang dirumuskan sebagai berikut.

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (1)$$

ρ = kepadatan atau massa jenis (Kg/cm³)

m = massa (Kg)

v = Volume (cm³)

Massa jenis suatu bahan merupakan fungsi dari suatu suhu. Secara umum, kepadatan berkurang dengan meningkatnya suhu dan volume per satuan berat seiring bertambahnya suhu.

2. Titik leleh

Titik leleh merupakan suatu keadaan ketika suhu zat padat dan cair berada dalam kesetimbangan. Ketika panas diterapkan ke suatu padatan, suhu akan meningkat hingga titik leleh tercapai. Suhu leleh padatan atau kristal adalah gambaran karakteristik dan digunakan untuk mengidentifikasi senyawa dan unsur murni.

2.5 Kampas Rem

Komponen rem merupakan salah satu komponen keselamatan yang sangat penting pada kendaraan bermotor yang memiliki fungsi yang sangat penting untuk mereduksi energi gerak kendaraan tersebut sehingga dapat memperlambat atau menghentikan laju kendaraan tersebut (Elhafid dkk, 2017). Rem adalah sebuah komponen dengan menggunakan tahanan gesek buatan pada sebuah mesin berputar untuk mengurangi atau memberhentikan putaran mesin tersebut. Pada sebuah kendaraan bermotor baik atau tidaknya kemampuan sistem pengereman merupakan hal yang sangat penting karena sangat dapat mempengaruhi keselamatan pengemudi kendaraan dan orang disekitarnya. Semakin tinggi kendaraan tersebut dapat melaju maka kemampuan sistem pengereman pun harus semakin baik, handal dan optimal untuk menghentikan atau memperlambat laju kendaraan tersebut dengan baik

(Qurohman dkk, 2016). Komponen rem akan menyerap energi kinetik dari bagian yang bergerak dan energi yang diserap akan berubah dalam energi panas. Dengan adanya rem ini pengendara dapat mengatur kecepatan atau memperlambat laju kendaraan sesuai dengan yang kita harapkan. Pada sebuah desain sebuah komponen rem terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi sebagai berikut (Sumiyanto dkk, 2019):

1. Besar tekanan antara permukaan rem.
2. Koefisien gesek antara permukaan rem.
3. Kemampuan rem untuk menghilangkan panas terhadap energi yang diserap.
4. Kecepatan keliling dari tromol atau cakram rem.

Pada sistem pengereman, bagian terpenting adalah kampas rem yang merupakan media yang bekerja untuk memperlambat laju kendaraan (Wicaksono, 2016). Komponen kampas rem memiliki fungsi untuk menekan cakram atau dinding rem tromol untuk memperlambat atau menghentikan laju roda kendaraan tersebut. Komponen kampas rem saat ini terbuat dari beberapa jenis material sesuai dengan spesifikasi kebutuhan yang dibutuhkan. Berikut adalah jenis jenis material kampas rem (Sumiyanto dkk, 2019) :

1. Kampas Rem Organik

Kampas rem jenis ini tersusun dari *cellulose* yang di ikat bersamaan dengan material lain dengan menggunakan *phenolic resin* yang memiliki kemampuan untuk tahan terhadap temperature tinggi. Kampas rem jenis ini merupakan material kampas rem yang paling lunak di antara material lainnya, sehingga kampas rem dapat cepat aus. Jenis ini tidak baik atau tidak cocok digunakan untuk pemakaian *high performance* yang tinggi dan menimbulkan temperatur yang sangat tinggi. Kampas rem organik pada umumnya menggunakan bahan dasar seperti kaca, karbon dan resin.

2. Kampas Rem *Asbestos* Dan *Non – Asbestos*

Kampas rem jenis ini hanya dibedakan dengan jenis bahan yang digunakan , dimana bahan *non-asbestos* merupakan sebuah inovasi pada

tahun 90-an. Inovasi ini dilakukan karena bahan *asbestos* dinilai memiliki beberapa kekurangan seperti tidak ramah lingkungan dan dapat menyebabkan penyakit berbahaya untuk manusia sehingga dilakukan inovasi bahan *non – asbestos* yang lebih ramah lingkungan dan memiliki daya tahan atas perubahan suhu kerja yang lebih baik. Kampas rem berbahan *non-asbestos* terdiri dari resin yang digunakan untuk memperkuat *friction material* dan memberikan kekuatan pada kampas rem. Bahan ini pada umumnya menggunakan resin *aramyd*, *rockwool*, *cellulose*, atau *fiberglass*. *Friction material non-asbestos* mengandung serat baja kurang dari 20%.



Gambar 2.8Kampas Rem Asbestos (bawah)
dan Non Asbestos (Atas)
(Sumber : Sumiyanto dkk., 2019)

3. Kampas Rem *Semi Metallic*

Kampas rem *semi metallic* memiliki bahan dasar berbagai serbuk metal yang ditambahkan pada campuran untuk menstabilkan COF pada temperature tinggi. Adapun bahan yang biasa ditambahkan untuk menambah kekuatan mekanis dari komposit ini yaitu *chopped brass*, *brass powder*, *iron*, atau *steel fiber*. Kampas rem jenis ini memiliki ketahanan *fading* yang baik juga memiliki friksi yang baik dan tidak dapat membuat rotor atau drum pada rem mengalami keausan.



Gambar 2.9Kampas Rem *Semi Metallic*

(Sumber : Sumiyanto dkk, 2019)

4. Kampas Rem *Metallic*

Kampas rem jenis ini Sebagian besar penyusunnya adalah metal dan sedikit resin. *Steel fiber* digunakan sebaga penguat serat.*Friction* material metalik mengandung setidaknya $\geq 60\%$ serat serat baja (*steel fiber*). Kampas rem jenis ini sangat kuat dan pakem sehingga kampas rem jenis ini banyak digunakan untuk kebutuhan temperatur tinggi seperti balapan atau untuk perjalanan jauh melewati medan yang berat. Kampas rem jenis ini pada proses kerjanya sangat memerlukan putara yang memiliki tenaga yang cukup besar saat menghentikan atau memperlambat laju kendaraan. Adapun kekurangan dari material ini yaitu dapat menghasilkan debu bekas gesekan yang dapat mengakibatkan timbulnya karat pada drum atau disk brake pada kesatuan komponen pengereman sehingga harus lebih sering membersihkan bagian tersebut. Jenis ini mengandung beberapa bahan seperti *raphite*, *friction particle*, *steel fiber*, *iron powder*, *barium sulfat*, *magnesium oxide*, *resin*, dan *binder*.



Metallic

Gambar 2.10Kampas Rem *Metalic*

(Sumber : Elhafid, 2017)

5. Kampas Rem Keramik

Pada dasarnya kampas rem jenis ini sama sekali tidak mengandung baja, namun menggunakan bahan serat keramik dan tembaga untuk dapat mengelola disipasi panas yang dihasilkan pada saat pengereman (Elhafid dkk, 2017). Kampas rem jenis ini memiliki daya tahan yang sangat baik terhadap temperatur tinggi karena material ini dapat menyerap panas dengan sangat baik. Kampas rem jenis ini tidak mudah *fading* dan akan terus terasa sistem rem baik (pakem) sekalipun pada temperatur tinggi dan juga tidak menimbulkan suara serta residu yang mengganggu. Kampas rem jenis ini biasa di gunakan pada mobil balap , dan *supercar*. Kampas rem berbahan keramik ini tidak dapat di gunakan pada kendaraan sehari hari, hal tersebut di karenakan untuk berfungsi secara maksimal kampas ini harus mencapai temperatur operasional yang optimal sedangkan saat berjalan di lalu lintas perkotaan temperatur operasional yang optimal sulit di dapatkan. Kampas rem kerami mengandung beberapa bahan yaitu *Aluminum, Antimony Trisulfide, Barium Sulfate, Calcium Hydroxide, Copper, Magnesium Oxide, Molybdenum Disulfide, Magnesium Potassium Titanium Oxide, Graphite, Man-made Vitreous Fibers, Crystalline Silica, dan Misc. Non-hazardous Ingredients.*



Ceramic

Gambar 2.11Kampas RemKeramik

(Sumber : (Elhafid dkk, 2017)

2.6 Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan yaitu kapasitas dari sebuah bahan material , sebuah struktur atau komponen dalam menahan beban yang dapat mengurangi besar dimensi material , struktur atau komponen tersebut. Untuk mengukur kekuatan tekan dapat dengan memasukkan ke dalam sebuah kurva regangan – tegangan berdasarkan dengan data data yang sebelumnya telah di dapatkan dari proses pengujian tekan dengan mesin uji tekan. Pada sebuah pengujian tekan bahan atau material uji akan mengalami kehancuran , patah atau deformasi permanen. Terjadinya kehancuran , patah atau deformasi bahan atau material tersebut dapat dikatakan sebagai batas kekuatan tekan dari bahan atau material tersebut. Kuat tekan suatu material merupakan kemampuan dari material, bahan atau komponen tersebut dalam menahan beban gaya mekanis sampai terjadinya kegagalan material seperti hancur, patah atau mengalami deformasi permanen (Adibroto, 2014). Pengujian tekan dilakukan untuk mengetahui nilai besar beban maksimal yang dapat di terima oleh material , bahan atau komponen tersebut sampai mengalami kerusakan. Pada uji tekan untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Nasmi, 2013):

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots \dots \dots (4)$$

σ = Kekuatan tekan (MPa)

P = Beban tekan (N)

A_0 = Luas penampang mula - mula (mm^2)

Untuk mengetahui regangan tekan dapat menggunakan formula sebagai berikut (Harsi dkk, 2015) :

$$\epsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \dots \dots \dots (5)$$

σ = Regangan tekan

l_1 = Panjang setelah pembebanan (mm)

l_0 = Panjang mula - mula (mm)

2.7 Uji Kekerasan

Kekerasan adalah sifat suatu bahan untuk menahan penetrasi oleh bahan lain. Sifat ini mencakup keausan, goresan, deformasi, dll. Kekerasan merupakan kemampuan sebuah material dalam menahan deformasi plastis lokal akibat penetrasi pada permukaan. Kekerasan merupakan salah satu metode yang paling mudah dan relative memakan biaya lebih sedikit untuk menentukan suatu sifat mekanik sebuah material. Kekerasan material dapat diartikan seperti ketahanan terhadap abrasi, deformasi atau lekukan. Nilai kekerasan bukan sebuah nilai konstanta fisika, dan nilainya tidak hanya bergantung pada jenis material uji (Kumayasari dkk, 2017). Jika suatu metode pengujian berbeda maka hasil dari sifat mekanik pun berbeda (Verdins dkk, 2013). Uji kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan suatu material, dimana dalam setiap material akan di uji pada beberapa titik untuk di dapatkan rata-rata nilai kekerasan. Uji kekerasan memiliki beberapa metode pengukuran kekerasan yaitu skala Moh, kekerasan Vicker, kekerasan Rockwell, uji Knop dan kekerasan Brinell.

2.8 Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction merupakan salah satu teknik untuk menganalisa atau mengidentifikasi fase bahan tersebut dan dapat mengetahui informasi ukuran kristal pada sebuah material untuk mengetahui karakterisasi dari material tersebut. Pengujian XRD atau *X-ray Diffraction* dilakukan bertujuan untuk

mengetahui struktur fasa bahan penyusun dan produk komposit yang dihasilkan berstruktur *Kristal* atau *amorf*, dimana jika dilihat dari hasil grafik XRD puncak kromatogram menunjukkan puncak-puncak *kristalin* atau *amorf*

2.9 Jerami Padi

Tanaman padi merupakan salah satu tanaman yang pemanfaatannya sangat penting untuk kebutuhan konsumsi sehari-hari masyarakat Indonesia. Tanaman padi ditanam untuk diambil bagian bijinya untuk dijadikan beras. Selain menghasilkan biji tanaman padi juga akan menghasilkan sisa limbah organik berupa jerami padi dan sekam padi. Jerami padi merupakan sisa hasil sampingan dari tanaman padi yang merupakan bagian dari batang dan daun tanaman padi setelah tanaman padi tersebut diambil biji tanaman padi untuk dijadikan beras yang merupakan salah satu bahan pokok makanan masyarakat Indonesia. Jerami merupakan limbah dari tanaman padi yang kurang diperhatikan sehingga saat ini hanya digunakan sebagai pakan ternak, alas kandang ternak atau hanya didiamkan atau dibakar begitu saja. Jerami yang tidak terpakai akan dibakar dan menghasilkan abu jerami. Abu jerami dihasilkan dari proses pembakaran abu jerami yang sudah kering setelah tanaman padi dipanen. Pada abu jerami mengandung nilai silika hampir sama dengan kandungan silika pada semen. Nilai kandungan silika pada abu jerami yaitu sebesar 69,97% (Sutrisno, 2017)

2.10 Resin Epoksi

Resin epoksi merupakan salah satu jenis polimer yang banyak digunakan sebagai matriks sebuah komposit. Resin epoksi tergolong ke dalam jenis polimer *thermoset*. *Thermoset* merupakan material polimer yang tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversible*) maka jika bahan material tersebut sudah dikeraskan atau sudah terjadi sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Resin epoksi merupakan salah satu polimer cair yang dapat diubah menjadi bahan padat.