

BAB II

2.1 Tinjauan Pustaka

Pengujian yang dilakukan oleh Permatasari *et al.* (2014), Pengaruh konsentrasi H_2SO_4 dan NaOH terhadap delignifikasi serbuk bambu. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kadar lignin yang terurai dari larutan NaOH. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan NaOH dari 2,0%, 4,0%, 6,0%, dan 10%, analisis kadar lignin menggunakan metode kappa. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa penguraian optimum terjadi pada saat konsentrasi NaOH sebesar 6% dengan penguraian lignin sebesar 9,53%.

Pengujian yang dilakukan oleh Sukamto (2012), 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.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh Kiswiranti *et al.* (2009), pemanfaatan serbuk tempurung kelapa untuk alternatif pembuatan kampas rem sepeda motor dengan memvariasikan 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/mm^2 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%.

Pengujian yang dilakukan oleh Santoso *et al.* (2013), studi pemanfaatan campuran serbuk tempurung kelapa-alumunium sebagai material kampas rem. Pencampuran dilakukan dengan perbandingan tempurung kelapa dan alumunium sebesar 10/50, 20/40, 30/30, 40/20, dan 50/10 sedangkan resin dibuat tetap sebesar 40%. Hasil pengujian kekerasan dengan brinell didapatkan nilai kekerasan komposit serbuk tempurung kelapa dan alumunium sebesar 12,9, 16,8, 28,8, 39,7, 55,2 kgf/mm² dan kekerasan kampas rem indopart sebesar 18,5 kgf/mm². Hasil pengujian keausan didapatkan nilai keausan sebesar $0,142 \times 10^{-7}$, $0,071 \times 10^{-7}$, $0,036 \times 10^{-7}$, $0,020 \times 10^{-6}$, $0,007 \times 10^{-6}$ dan keausan kampas rem sebesar $0,087 \times 10^{-7}$. Dari hasil tersebut disimpulkan kekerasan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya fraksi massa sedangkan pada keausannya semakin banyak komposisi tempurung kelapa semakin meurun keausannya.

Penelitian lain dilakukan oleh Marsudi (2014), pengaruh gaya kompaksi pada pembuatan kampas rem dengan resin serbuk sebagai pengikat. Resin yang digunakan adalah paraformaldehide dan dicampur dengan fiberglass, kuningan, alumunium, kalsium karbonat, barium, sulfat, silika, grafit, dan phenol kristal. Selanjutnya dipress dengan beberapa variasi tekanan dan diuji dengan uji gesek untuk mengetahui keausannya. Dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin besar gaya kompaksi akan menyebabkan bahan dari kampas rem banyak yang keluar dari cetakan sehingga kekerasan kampas rem menjadi berkurang dan apabila tekanan kompaksi yang digunakan lebih rendah maka kampas rem menjadi kurang padat sehingga keausannya semakin besar.

Penelitian yang dilakukan oleh Pramuko, (2012) yaitu pengembangan kampas rem sepeda motor dari komposit serat bambu, fiber glass, serbuk alumunium dengan pengikat resin polyester terhadap ketahanan aus dan karakteristik pengeremannya. Pembuatan spesimen dilakukan dengan penekanan selama 10 menit dan dioven pada temperatur 205°C selama 30 menit. Dari pengujian didapatkan kekerasan semakin menurun seiring dengan bertambahnya variasi serat bambu. Hasil yang memiliki kekerasan yang mendekati kampas rem dipasaran yaitu pada komposisi 20% serat bambu, 30% fiber glass, 30% alumunium, dan 20% resin polyester dengan nilai kekerasan kampas rem

komposit serat bambu sebesar 14,47 BHN dan kekerasan Kampas rem dipasaran sebesar 13,7 BHN.

Penelitian dilakukan oleh Fuad *et al.*, (2013) dengan judul pemanfaatan serbuk tongkol jagung sebagai alternatif bahan kampas rem non-asbestos pada sepeda motor. Perbandingan serbuk tongkol jagung dan serbuk kuning (Cu-Zn) yaitu 50/10, 40/20, 30/30, 20/40, dan 10/50 sedangkan Magnesium Oxide (MgO), dan resin polyester dibuat tetap sebesar 20%. Hasil pengujian kekerasan didapatkan nilai sebesar 24,6, 21,8, 17,1, 16,1, dan 14,4 kgf/mm² sedangkan nilai keausan sebesar $0,61 \times 10^{-8}$, $0,72 \times 10^{-8}$, $0,8 \times 10^{-8}$, $0,95 \times 10^{-8}$, dan $1,03 \times 10^{-8}$ mm²/kg. Dapat disimpulkan bahwa kekerasan semakin menurun seiring dengan bertambahnya serbuk bonggol jagung. Sedangkan untuk keausanya semakin banyak serbuk tongkol jagung maka keausanya semakin meningkat.

Pengujian tentang pembuatan kampas rem dari komposit juga dilakukan oleh Adi *et al.*, (2015) yaitu karakteristik keausan rem berbasis komposit epoxy-serbuk basalt. Perbandingan penguat basalt (serat alami hasil letusan gunung berapi) dan resin epoksi adalah 30/70, 60/40, dan 80/20. Pembuatan komposit dibuat dengan akselerator 0,2% dan 0,6%. Variasi pengujian dilakukan dengan komposisi (basalt 30%, akselerator 0,2%), (basalt 30 %, akselerator 0,6%), (basalt 60%, akselerator 0,2%), (basalt 60%, akselerator 0,6%), (basalt 80%, akselerator 0,2%), dan (basalt 80% akselerator 0,6%). Dari enam sampel tersebut didapat nilai keausan sebesar 0,00327, 0,00382, 0,00153, 0,00157, 0,00196, 0,00233 g/cm². Hasil didapatkan bahwa serbuk basalt mampu meningkatkan nilai keausan.

Dari beberapa penelitian dapat dibuat komposit untuk pembuatan kampas rem dari tempurung kelapa. Pembuatan awal dilakukan dengan mengekstrak lignin pada serbuk 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 tempurung kelapa dilakukan pengujian dengan uji keausan, uji kekerasan, dan foto makro lalu dibandingkan dengan kampas rem merk Indopart.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Komposit

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal (wikipedia). Komposit berasal dari kata kerja “*to compose*” yang memiliki arti menggabungkan atau menyusun. Secara garis besar komposit adalah material yang dibentuk dengan cara menggabungkan dua atau lebih material sehingga terbentuk komposit yang mempunyai karakteristik serta sifat mekanik yang berbeda dari material-material pembentuknya. Komposit sangat berkembang pesat setiap tahunnya. Aplikasi komposit sudah digunakan untuk pesawat terbang dan pembuatan kapal. Komposit ini digunakan karena memiliki sifat yang ringan, kuat, dan memiliki kekakuan yang baik.

Komposit terdiri dari dua buah penyusun yaitu *filler* (bahan pengisi) dan matrik.

1. *Filler*

Filler merupakan penguat atau bahan pengisi yang biasanya memiliki sifat yang kuat dan kaku. Dalam pembuatan komposit penguat biasanya berupa serat atau serbuk. Serat yang digunakan pada pembuatan komposit biasanya adalah serat E-Glass, serat Boron, serat Carbon, dan serat yang berasal dari alam yaitu serat kenaf, rami, cantula, jute, dan lain-lain. Sedangkan serbuk yang sering digunakan adalah Mgo, Aluminium, serta serbuk yang berasal dari alam yaitu tempurung kelapa, bonggol jagung, dan fly ash.

2. Matrik

Matrik adalah pengikat dari *filler* yang biasanya berfungsi untuk mengikat serat atau serbuk yang akan terbentuk menjadi komposit. Matrik memegang peranan penting dalam mentransfer tegangan, melindungi serat dari lingkungan dan menjaga permukaan serat dari pengikisan. Matrik harus memiliki kompatibilitas yang baik terhadap serat. Gibson R.F, (1994) mengatakan bahwa matrik pada komposit biasanya berasal dari bahan logam, keramik, maupun polimer. Polimer adalah jenis matriks yang sering digunakan untuk pembuatan komposit dari alam seperti resin epoxy atau resin polyester.

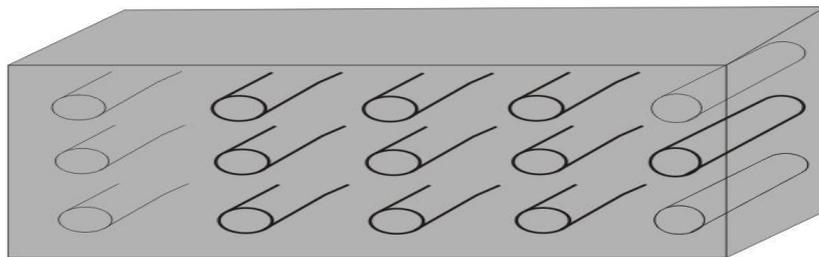
2.2.2 Jenis-Jenis Komposit

Komposit memiliki beberapa jenis berdasarkan penguatnya, seperti komposit serat, laminat, dan serbuk dan berdasarkan matriks yang digunakan seperti matriks polimer, logam, dan keramik.

2.2.2.1 Jenis-jenis Komposit Berdasarkan Penguat yang Digunakan

1. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

Fibrous Composites adalah salah satu jenis komposit dengan menggunakan penguat serat (*fiber*). Komposit ini biasanya memiliki sifat Ductility tinggi, memiliki modulus elastisitas lebih rendah dari fiber dan mempunyai ikatan yang bagus antara matriks dengan serat atau serbuk.. Serat yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, dan *aramid fibers* (*poly aramide*). Gambar komposit serat dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komposit Serat

2. Komposit Laminat (*Laminated Composites*)

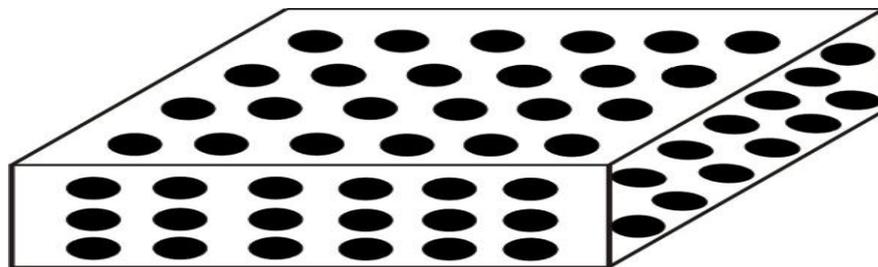
Laminated Composites adalah salah satu jenis komposit yang memiliki dua atau lebih lapisan yang disusun menjadi satu memiliki karakteristik sendiri-sendiri setiap lapisannya. Komposit laminat memiliki keuntungan kekuatan dan kekakuan yang seimbang pada setiap arah masing-masing serat. Gambar 2.2 menunjukkan gambar komposit laminat.



Gambar 2.2 Komposit Laminat

3. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Particulate Composites atau biasa disebut komposit serbuk adalah salah satu jenis komposit yang penguatnya menggunakan partikel atau serbuk. Bahan komposit partikel memiliki sifat yang kurang elastis dan memiliki sifat yang getas dibandingkan dengan komposit serat. Keuntungan komposit partikel yaitu memiliki keunggulan dalam ketahanan aus, karena komposit serbuk dapat didistribusikan secara merata ke dalam material pembentuknya. Gambar komposit partikel dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Komposit Serbuk

2.2.2.2 Jenis Komposit Berdasarkan Matrik Yang Digunakan

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

Komposit polimer adalah komposit yang menggunakan suatu polimer berdasar dengan resin sebagai matriknya. Polimer yang biasanya digunakan adalah jenis polimer *thermoplastic* dan *thermoset*. *Thermoplastic* merupakan matrik polimer yang menggunakan plastik yang dapat dilunakkan dengan menggunakan pemanas. *Thermoplastic* juga memiliki sifat yang akan mengeras ketika didinginkan. Contoh polimer *thermoplastic* yaitu polyester, nylon66, *pliester sulfon*, PES, PP, PTFE, PET dan *poliester eterketon* (PEEK).

Thermoset adalah jenis polimer yang memiliki karakteristik ketika bahan mengeras maka tidak bisa dilunakkan kembali. Contoh polimer *thermoset* adalah *bismaleimida* (BMI), *epoksida*, dan *poli-imida* (PI).

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

Komposit Matrik Logam merupakan komposit dengan bahan yang menggunakan logam, seperti aluminium sebagai matriknya dan penguatnya dengan serat, seperti silikon karbida.

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

Komposit matrik keramik adalah komposit yang menggunakan partikel sebagai pengisi dan penguat. Partikel-partikel ini berguna untuk mencegah perambatan retak, sehingga didapatkan sifat *fracture-toughness* yang baik. Partikel-partikel yang terbuat dari bahan logam yang keras seperti chorium, tungsten, dan molybdeenum dapat juga dicampur dengan alumunium, tembaga, atau perak yang tergolong logam lunak.

2.2.3 Pembentukan Komposit

2.2.3.1 Pencampuran (*mixing*)

1. Pencampuran basah (*wet mixing*)

Pencampuran basah merupakan pencampuran yang menggunakan pelarut Polar dalam mencampurkan serbuk matrik 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.

2.2.3.2 Penekanan (Kompaksi)

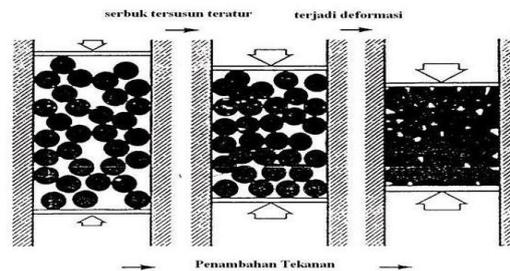
Kompaksi adalah proses penekanan dalam pembuatan komposit serbuk.

1. Penekanan dingin (*cold compressing*)

Penekanan dingin adalah proses penekanan dengan temperatur kamar. Metode ini dipakai apabila bahan yang digunakan mudah teroksidasi, seperti Al. Gambar untuk proses penekanan dapat dilihat pada gambar 2.4.

2. Penekanan panas (*Hot compressing*)

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



Gambar 2.4 Proses Kompaksi Serbuk (Andy, 2010)

2.2.4 Keuntungan Komposit

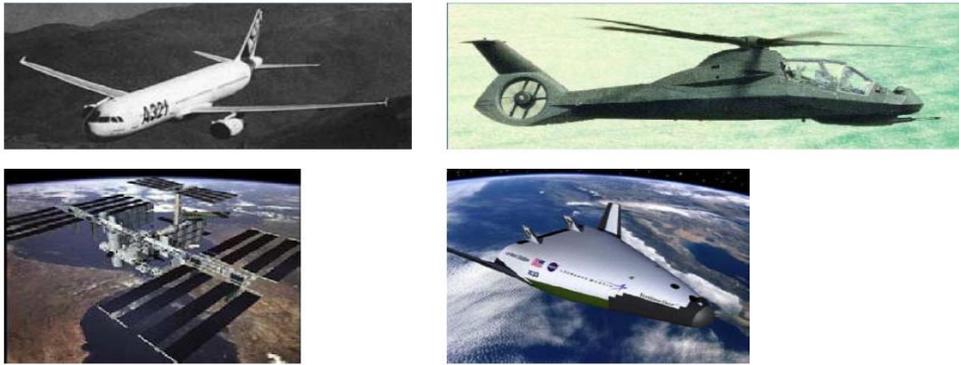
Keuntungan penggunaan material komposit adalah didapatkan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dari sifat material pembentuknya dan komposit memiliki keuntungan dari segi biaya yang relative murah. Keuntungan yang lain bahwa material komposit bisa berasal dari alam yang materialnya tidak berbahaya bagi lingkungan, terlebih jika material yang didapat adalah material yang tidak dikonsumsi oleh manusia, hal ini akan mengurangi limbah dari material tersebut. Contoh material dari alam yaitu tempurung kelapa, enceng gondok, serat kenaf, bonggol jagung dan masih banyak yang lainnya.

2.2.5 Aplikasi Komposit

Penggunaan material komposit sangak banyak diantaranya yaitu :

1. Penggunaan untuk Angkasa luar 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.
5. Penggunaan untuk angkasa luar seperti Komponen kapal terbang, Komponen Helikopter, dan Komponen satelit.

Dari pemaparan aplikasi tersebut dapat dilihat bahwa komposit telah banyak digunakan dalam pembuatan bahan-bahan industri hal tersebut juga dapat dilihat pada gambar 2.5 tentang aplikasi peenggunaan komposit.



Gambar 2.5 Aplikasi Penggunaan Komposit (Nurun, 2013)

2.2.6 Kampas Rem



Gambar 2.6 Kampas Rem Tromol

Rem merupakan peralatan yang digunakan agar gerakan mesin berhenti dengan memanfaatkan tahanan gesek yang diterapkan pada sebuah mesin yang berputar. Hal yang penting yang perlu diperhatikan pada rem yaitu kampas rem, karena yang akan bekerja pada proses pengereman adalah kampas rem. gambar kampas rem dapat dilihat pada gambar 2.6.

Kampas rem yang tidak memiliki persyaratan yang ditentukan akan menyebabkan terjadinya kecelakaan maka, kampas rem perlu mendapatkan perhatian yang lebih oleh pemerintah, dalam upaya melindungi konsumen dan mengurangi penyebab kecelakaan di jalan raya. Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang kampas rem perlu mengacu kepada standar internasional agar kampas rem di Indonesia memiliki sifat yang lebih baik.

Kampas rem yang berbasis polimer sangat baik diaplikasikan karena tidak mengandung asbestos maupun logam berat. Bahan polimer organik dijamin aman karena bahan polimer organik benar-benar tidak mengandung Pb, Cr, dan Zn. Serat yang digunakan seperti serat E-glass, airamid, dan serat dari bahan alam. Serat dari alam biasanya berupa serat karbon, *fiber*, dan *wisker*. Bahan untuk pengisi biasanya juga merupakan mineral tambang yang bersifat “*fire retardant*” sehingga tahan terhadap panas yang memiliki koefisien perpindahan panas yang kecil. Kekurangan penggunaan dari mineral tambang yaitu kurang baik dalam menyimpan dan menyerap panas, sehingga mengakibatkan roda cepat panas. Dalam mengatasi masalah tersebut dapat digunakan atau dikembangkan material engineering pada bidang komposit yang lebih banyak untuk mengakomodasi “*friction material life time*” agar lebih panjang *life time* / keausan bahan dan penggunaan material komposit bisa didapatkan sifat material yang diinginkan.

2.2.6.1 Sifat Mekanik Kampas Rem

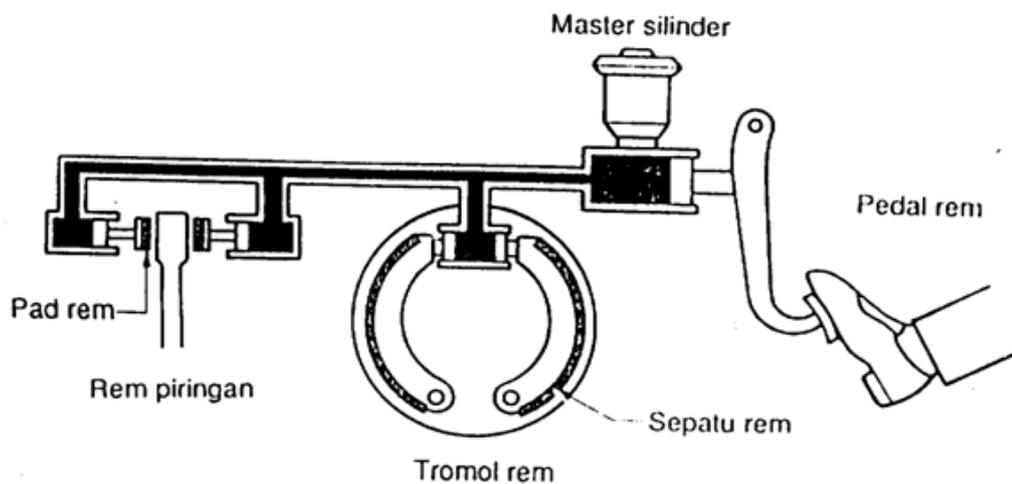
Sifat mekanik bahan merupakan kemampuan suatu bahan untuk menerima gaya, beban, dan energi yang tidak mengakibatkan kerusakan pada bahan tersebut. Suatu bahan biasanya hanya memiliki satu sifat mekanik yang baik dan tidak memiliki sifat yang baik pada sifat yang lain, maka teknologi komposit perlu diaplikasikan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

Karakteristik yang perlu dimiliki oleh kampas rem adalah memiliki keausan dan kekerasan yang baik. Kampas rem yang tidak memiliki keausan yang baik akan mengakibatkan kampas rem cepat aus sehingga menambah pengeluaran dan jika kampas rem terlalu keras akan merusak tromolnya. Kampas Rem dapat dibuat dengan komposit agar didapatkan spesifikasi yang baik untuk kampas rem seperti nilai kekerasan, keausan, bending, dan sifat mekanik lainnya yang harus mendekati nilai standar keamanannya. Adapun persyaratan teknik dari kampas rem komposit dari sumber (www.stopcobrake.com) yaitu :

1. Nilai kekerasan kmpas rem yaitu 68 – 105 (Rocwell R).
2. Memiliki ketahanan panas 360 °C, pada pemakaian terus menerus sampai 250°C.

3. Keausan kampas rem yaitu $(5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{kg})$.
4. Memiliki koefisien gesek $0,14 - 0,27$.
5. Massa jenis $1,5 - 2,4 \text{ gr/cm}^3$.
6. Konduktivitas thermal kampas rem $0,12 - 0,8 \text{ W.m.}^\circ\text{K}$.
7. Tekanan spesifiknya $0,17 - 0,98 \text{ joule/g.}^\circ\text{C}$.
8. Memiliki kekuatan gesernya $1300 - 3500 \text{ N/cm}^2$.
9. Kekuatan untuk perpatahan $480 - 1500 \text{ N/cm}^2$.

2.2.6.2 Mekanisme Kerja Pengereman pada Sepeda Motor



Gambar 2.7 Mekanisme kerja pengereman (Rohidin, 2014)

Rem adalah bagian dari motor yang memiliki fungsi untuk menghentikan atau memperlambat laju kendaraan. prinsip kerja rem yaitu dengan memanfaatkan gaya gesekan jadi Ketika rem dan komponen rem tidak ikut berputar, maka tromol berputar bersama roda. Proses pengereman dilakukan dengan menahan putaran tromol sampai kendaraan melambat dan berhenti. Mekanisme kerja pengereman dapat dilihat pada gambar 2.7 yang terdiri atas pedal rem, sepasang sepatu rem, pegas pembalik (penarik), tromol rem, dan kam (pendorong).

Untuk mengoperasikan sepatu rem, kam (pendorong) dihubungkan ke tangki yang selanjutnya dikaitkan pada pedal yang dioperasikan dengan menggunakan gaya tekan. Proses kerja rem yaitu ketika pedal rem ditekan, kam akan bergerak sehingga menyebabkan sepatu rem bergerak dan mengembang.

Sepatu rem ini terpasang bersama kampas rem sehingga kampas rem akan bersentuhan dengan tromolnya. Ketika kendaraan berjalan maka tromol ikut berputar jadi ketika terjadi pengereman kampas rem akan menahan putaran tromol dan menyebabkan putaran roda akan melambat dan berhenti. Karena kampas rem memerlukan proses gesekan dengan tromol maka diperlukan syarat utama dari kampas rem yang keras namun dibawah kekerasan tromolnya dan tidak cepat habis atau memiliki keausan yang baik.

2.2.7 Tempurung Kelapa



Gambar 2.8 Tempurung kelapa

Kelapa merupakan komoditas strategis yang memiliki peran sosial, budaya, dan ekonomi dalam kehidupan masyarakat Indonesia. Pohon kelapa tersebar diseluruh wilayah Indonesia dan tempurung kelapanya kurang diperhatikan dan hanya menjadi sampah seperti yang terlihat pada gambar 2.8. jika pohon kelapa berkembang maka akan menghasilkan tempurung kelapa yang semakin banyak. Perkembangan pohon kelapa di Indonesia dapat dilihat pada buku statistik perkebunan kelapa sawit. Tabel 2.1 dan 2.2 menunjukkan Penyebaran pohon kelapa, luas kelapa sawit dan produksi kelapa sawit setiap tahunnya.

Tabel 2.1 Penyebaran Pohon Kelapa di Indonesia

No.	Provinsi/Province	Perkebunan Rakyat Smallholder		Perkebunan Negara Government		Perkebunan Swasta Private		Jumlah/Total	
		Luas/ Area (Ha)	Produksi Production (Ton)	Luas/ Area (Ha)	Produksi Production (Ton)	Luas/ Area (Ha)	Produksi Production (Ton)	Luas/ Area (Ha)	Produksi Production (Ton)
1.	ACEH	237.287	500.500	37.888	67.709	186.835	578.584	462.010	1.146.793
2.	SUMATERA UTARA	418.075	1.198.596	326.574	1.113.705	721.771	3.002.343	1.466.420	5.314.644
3.	SUMATERA BARAT	211.391	529.466	9.967	39.386	192.095	517.959	413.453	1.086.811
4.	R I A U	1.441.705	3.852.473	88.728	273.877	931.662	3.591.262	2.462.095	7.717.612
5.	KEPULAUAN RIAU	1.238	1.346	-	-	19.521	52.168	20.759	53.514
6.	J A M B I	476.193	1.156.837	24.491	86.894	256.530	846.148	757.214	2.089.879
7.	SUMATERA SELATAN	502.104	1.353.348	49.424	139.316	512.845	1.815.378	1.064.373	3.308.042
8.	KEP. BANGKA BELITUNG	63.123	112.391	-	-	159.103	494.441	222.226	606.832
9.	BENGKULU	195.213	520.688	4.546	14.005	108.910	379.410	308.669	914.103
10.	LAMPUNG	126.390	190.646	17.747	66.155	58.637	247.298	202.774	504.099
WILAYAH SUMATERA		3.672.719	9.416.291	559.365	1.801.047	3.147.909	11.524.991	7.379.993	22.742.329
11.	DKI. JAKARTA	-	-	-	-	-	-	-	-
12.	JAWA BARAT	278	189	10.602	28.867	3.451	5.875	14.331	34.931
13.	BANTEN	6.664	8.937	9.616	13.310	2.763	1.224	19.043	23.471
14.	JAWA TENGAH	-	-	-	-	-	-	-	-
15.	D.I. YOGYAKARTA	-	-	-	-	-	-	-	-
16.	JAWA TIMUR	-	-	-	-	-	-	-	-
WILAYAH JAWA		6.942	9.126	20.218	42.177	6.214	7.099	33.374	58.402
17.	B A L I	-	-	-	-	-	-	-	-
18.	NUSA TENGGARA BARAT	-	-	-	-	-	-	-	-
19.	NUSA TENGGARA TIMUR	-	-	-	-	-	-	-	-
WILAYAH NUSA TENGGARA & BALI		-	-	-	-	-	-	-	-
20.	KALIMANTAN BARAT	365.215	543.084	58.268	129.382	594.113	1.606.485	1.017.596	2.278.951
21.	KALIMANTAN TENGAH	143.058	235.921	725	395	1.071.295	3.491.459	1.215.078	3.727.775
22.	KALIMANTAN SELATAN	94.397	187.273	17.505	56.210	457.752	1.485.054	569.654	1.728.537
23.	KALIMANTAN TIMUR	245.285	400.129	59.869	196.327	482.358	1.071.820	787.512	1.668.276
24.	KALIMANTAN UTARA	25.219	47.820	-	-	141.255	249.979	166.474	297.799
WILAYAH KALIMANTAN		873.174	1.414.227	136.367	382.314	2.746.773	7.904.797	3.756.314	9.701.338
25.	SULAWESI UTARA	-	-	-	-	-	-	-	-
26.	GORONTALO	4.306	-	-	-	-	-	4.306	-
27.	SULAWESI TENGAH	71.461	150.800	1.175	1.557	84.764	149.361	157.400	301.718
28.	SULAWESI SELATAN	33.270	39.075	19.272	39.458	2.768	6.923	55.310	85.456
29.	SULAWESI BARAT	66.360	187.261	-	-	49.996	149.694	116.356	336.955
30.	SULAWESI TENGGARA	5.997	215	3.957	5.806	39.007	77.532	48.961	83.553
WILAYAH SULAWESI		181.394	377.351	24.404	46.821	176.535	383.510	382.333	807.682
31.	M A L U K U	1.100	-	-	-	10.113	-	11.213	-
32.	MALUKU UTARA	-	-	-	-	-	-	-	-
33.	PAPUA	16.244	9.479	12.523	25.856	26.825	71.737	55.592	107.072
34.	PAPUA BARAT	12.224	40.687	2.910	7.616	38.908	35.565	54.042	83.868
WILAYAH MALUKU & PAPUA		29.568	50.166	15.433	33.472	75.846	107.302	120.847	190.940
INDONESIA		4.763.797	11.267.161	755.787	2.305.831	6.153.277	19.927.699	11.672.861	33.500.691

(sumber : Statistik Perkebunan Indonesia, 2015)

Pohon kelapa tersebar di tiga puluh empat (34) provinsi di Indonesia. pohon kelapa di indonesia ini memiliki luas 11.672.861 Ha dan produksi sebanyak 33.500.691 ton. Luas area dan produksi terbanyak terdapat diwilayah sumatra dan luas area terendah terdapat diwilayah jawa.

Tabel 2.2 Luas Kelapa Sawit dan Produksi Kelapa Sawit

Tahun/ Year	Luas Areal/Area (Ha)			Jumlah/ Total	Produksi/Production (Ton)			Jumlah/ Total
	PR/ Smallholder	PBN/ Government	PBS/ Private		PR/ Smallholder	PBN/ Government	PBS/ Private	
1970	-	86.640	46.658	133.298	-	33.344	15.419	48.763
1971	-	91.153	47.950	139.103	-	38.875	17.632	56.507
1972	-	96.562	55.497	152.059	-	42.093	17.028	59.121
1973	-	98.033	59.747	157.780	-	46.045	17.990	64.035
1974	-	117.513	64.223	181.736	-	52.454	20.631	73.085
1975	-	120.940	67.885	188.825	-	57.058	24.058	81.116
1976	-	141.333	69.772	211.105	-	55.750	27.071	82.821
1977	-	148.775	71.626	220.401	-	63.633	29.351	92.984
1978	-	163.465	86.651	250.116	-	72.254	22.351	94.605
1979	3.125	176.408	81.406	260.939	-	84.718	35.804	120.522
1980	6.175	199.538	88.847	294.560	-	89.731	38.218	127.949
1981	5.695	213.264	100.008	318.967	-	100.020	40.659	140.679
1982	8.537	224.440	96.924	329.901	410	109.976	46.642	157.028
1983	37.043	261.339	107.264	405.646	539	96.338	67.539	164.416
1984	40.552	340.511	130.958	512.021	826	177.477	69.058	247.361
1985	118.564	335.195	143.603	597.362	8.816	178.675	70.966	258.457
1986	129.904	332.694	144.182	606.780	11.663	198.865	73.000	283.528
1987	203.047	365.575	160.040	728.662	29.933	213.050	76.066	319.049
1988	196.279	373.409	293.171	862.859	31.230	220.538	90.899	342.667
1989	223.832	366.028	383.668	973.528	36.736	236.745	119.408	392.889
1990	291.338	372.246	463.093	1.126.677	75.390	249.431	178.982	503.803
1991	384.594	395.183	531.219	1.310.996	85.443	285.096	180.806	551.345
1992	439.468	389.761	638.241	1.467.470	99.822	287.896	171.556	559.274
1993	502.332	380.746	730.109	1.613.187	104.646	288.762	208.821	602.229
1994	572.544	386.309	845.296	1.804.149	162.307	338.741	295.489	796.537
1995	658.536	404.732	961.718	2.024.986	195.533	384.393	362.137	942.063
1996	738.887	426.804	1.083.823	2.249.514	233.462	396.850	454.364	1.084.676
1997	813.175	517.064	1.592.057	2.922.296	256.565	322.947	515.761	1.095.273
1998	890.506	556.640	2.113.050	3.560.196	268.914	300.349	616.820	1.186.083
1999	1.041.046	576.999	2.283.757	3.901.802	309.562	293.790	687.766	1.291.118
2000	1.166.758	588.125	2.403.194	4.158.077	381.131	292.191	726.780	1.400.102
2001	1.561.031	609.947	2.542.457	4.713.435	557.917	303.858	813.901	1.675.676
2002	1.808.424	631.566	2.627.068	5.067.058	621.346	313.390	896.333	1.831.069
2003	1.854.394	662.803	2.766.360	5.283.557	668.292	350.130	1.086.300	2.104.722
2004	2.220.338	605.865	2.458.520	5.284.723	730.960	355.895	1.180.416	2.267.271
2005	2.356.895	529.854	2.567.068	5.453.817	855.146	318.836	1.300.550	2.474.532
2006	2.549.572	687.428	3.357.914	6.594.914	1.156.618	462.746	1.850.806	3.470.170
2007	2.752.172	606.248	3.408.416	6.766.836	1.271.678	423.407	1.837.860	3.532.945
2008	2.881.898	602.963	3.878.986	7.363.847	1.384.608	387.627	1.735.722	3.507.958
2009	3.061.413	630.512	4.181.369	7.873.294	1.503.543	401.176	1.960.139	3.864.859
2010	3.387.257	631.520	4.366.617	8.385.394	1.691.742	378.101	2.321.781	4.391.624
2011	3.752.480	678.378	4.561.966	8.992.824	1.759.585	409.112	2.450.611	4.619.308
2012	4.137.620	683.227	4.751.868	9.572.715	1.839.546	426.601	2.936.957	5.203.104
2013	4.356.087	727.767	5.381.166	10.465.020	2.002.146	428.930	3.125.325	5.556.401
2014	4.422.365	729.022	5.603.414	10.754.801	2.041.079	445.867	3.368.692	5.855.638
2015 *)	4.575.101	750.160	5.975.109	11.300.370	2.133.685	457.415	3.665.761	6.256.861
2016**)	4.763.797	755.787	6.153.277	11.672.861	2.253.432	461.166	3.985.540	6.700.138

(sumber : Statistik Perkebunan Indonesia, 2015)

Perkebunan kelapa di Indonesia dibagi menjadi perkebunan milik rakyat, perkebunan milik negara, dan perkebunan milik pemerintah, ketiga perkebunan ini setiap tahunnya mengalami peningkatan. Total luas area Perkebunan pada tahun 1970 yaitu sebesar 133.298 Ha sedangkan pada tahun 2014 sebesar 10.754.801 Ha, dan di perkirakan pada tahun 2016 meningkat menjadi 11.672.861 Ha. Produksi kelapa sawit juga meningkat setiap tahunnya dapat dilihat bahwa pada tahun 1970 sebesar 48.763 ton dan tahun 2014 sebesar 5.855.638 ton.

Produksi kelapa dan pertumbuhan kelapa yang sangat banyak akan tidak efisien jika tidak dimanfaatkan secara maksimal. Manfaat tanaman kelapa tidak saja terletak pada daging buahnya yang dapat diolah menjadi santan, kopra, dan minyak kelapa, tetapi seluruh bagian tanaman kelapa mempunyai manfaat yang besar. Tempurung kelapa adalah salah satu bagian dari kelapa yang sangat besar manfaatnya. Tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai bahan untuk pembuatan obat nyamuk serta dapat digunakan untuk pembuatan hiasan.

Tempurung kelapa yang baik dapat ditentukan oleh jenis tanaman kelapanya. Terdapat 3 tipe pohon kelapa yaitu tipe dalam (memilik kopra yang baik dan batang berbonggol), tipe genjah (batang tidak berbonggol dan ukuran batang maupun buahnya lebih kecil dengan tipe dalam), dan tipe Hibrida (hasil persilangan untuk mendapatkan varietas unggul). Tempurung kelapa memiliki berat kurang lebih 15-19 % bobot buah kelapa pada ketebalan 3-5 mm.

Kandungan kimia Tempurung kelapa yaitu :

1. Lignin 29,40 %
2. Pentosan 27,70 %
3. Selulosa 26,60 %
4. Air 8,00 %
5. Solvent ekstraktif 4,20 %
6. Uronat anhidrat 3,50 %
7. Abu 0,60 %
8. Nitrogen 0,11 %

Manfaat Tempurung kelapa juga bisa diaplikasikan sebagai bahan material seperti pada kampas rem, karena tempurung kelapa mempunyai sifat yang keras dan tahan aus, dengan pengaplikasian ini diharapkan tempurung kelapa tidak hanya menjadi limbah saja tetapi dapat dimanfaatkan untuk hal-hal yang lebih bermanfaat seperti pembuatan kampas rem..

2.2.8 Resin

Resin merupakan getah yang dikeluarkan oleh banyak jenis tumbuhan, terutama oleh jenis-jenis pohon runjung. Getah ini biasanya membeku dan

membentuk massa yang keras dan transparan. Resin biasanya digunakan untuk perekat atau pengikat. Resin terbagi menjadi dua macam yaitu resin termoplastik dan resin termoset.

2.2.8.1 Resin Termoplastik

Resin Termoplastik merupakan resin yang melunak ketika dipanaskan dan akan mengeras ketika didinginkan. 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 adalah : *Polypropylene*, *Polyvinylchloride (PVC)*, *Polyethylene*, dan lain sebagainya.

2.2.8.2 Resin Termoset

Resin Termoset adalah resin yang mengeras ketika dipanaskan dan akan melunak ketika pemanasan lebih lanjut. 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 polimer melamin, polyamide, resin phenolic, resin epoksi, silikon, dan resin polyester.

A. Resin Epoksi

Resin epoksi adalah salah satu resin yang sering digunakan untuk pembuatan komposit yang biasanya dipadukan dengan serat glass, carbon, boron, grafit, dan hybrid. Kelebihan resin epoksi 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 epoksi yaitu harganya yang relative mahal.

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

Sifat sifat dari resin epoksi dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat-sifat Resin Epoxi

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

(Sumber : Mallick, 1997)

B. Resin Polyester

Resin polyester adalah resin yang sering digunakan untuk matriks atau pengikat komposit. Resin ini biasanya digabungkan dengan serat seperti fiberglass dan carbon. Kelebihan dibandingkan resin epoksi yaitu harganya yang relative murah dan mudah dibuat. Polyester juga memiliki keunggulan pada daya tahan terhadap impak yang baik, tahan terhadap cuaca, transparan, dan efek permukaan yang baik. Kerugian dari resin ini yaitu daya rekat yang kurang baik dan sifat inhibisi dari udara dan *filler*. Untuk dapat dicetak biasanya resin polyester dicampur dengan katalis dengan perbandingan 1 : 100.

Sifat-sifat dari resin polyester dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Sifat-sifat Resin polyester

Sifat resin	Resin Polyester
<i>Spesific gravity</i>	1,04-1,46
<i>Tensile strength, Mpa</i>	4,14-89,63
<i>Tensile modulus, (10³Mpa)</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

Sumber : Mallick, 1997

C. Resin Vinyl Ester

Resin vinyl ester adalah resin yang dihasilkan dari *methacrylic* atau *acrylic acid* dengan *bisphenol diepoxide* dengan katalis *benzyl dimethylamine* dan *triphenyl phosphine* menghasilkan *bisphenol A epoxy dimethacrylates* (vinyl ester). Produk ini memiliki *flexural properties* dan performa kimia yang tinggi.

Tabel 2.5 menunjukkan Sifat sifat dari resin vinyl ester.

Tabel 2.5 Sifat-sifat Resin Vinyl ester

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

Sumber : Mallick, 1997

2.2.9 Alumunium Oxide (Al₂O₃)

Alumunium oxide (Al₂O₃) adalah sebuah senyawa kimia dari alumunium dan oksigen. Nama mineral dari alumunium oxide yaitu alumina yang sering digunakan dalam bidang pertambangan, keramik, dan teknik material.

Alumunium Oxide merupakan penghambat (*insulator*) panas dan listrik yang baik. Alumunium oxide memiliki sifat yang keras, dan memiliki peran penting pada ketahanan logam dengan perkaratan udara. Alumunium bereaksi terhadap oksigen dalam membentuk alumunium oksida. Reaksi ini berupa lapisan tipis yang secara cepat menutupi permukaan alumunium. Lapisan inilah yang melindungi logam alumunium dari oksigen dan terbentuk alumunium oxide. Beberapa paduan logam menggunakan alumunium oxide untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi.

Alumunium 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. Alumunium 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 almatic dan alcan.

Sifat-sifat mekanik aluminium oxide dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Sifat-sifat Mekanik Aluminium Oxide

Properties	Unit	Grade Alumina						
		86%	94%	97,50%	99,50%	99,90%	99% recry*	Sapphire
Density	gr/cm ³	3,5	3,7	3,78	3,89	3,9	3,9	3,985
Dielectric Constant		8,5	9,2	9,5		9-10,1	9-10,1	7,5-10,5
Dielectric Strength	kVmm-1	28		30-43		10-35,0	10-35,0	17
Volume Resistivity	Ohm.cm	>10 ¹⁴	>10 ¹⁶					
Thermal Conductivity	Wm-1.K-1	15	20	24	26	28-35	28-35	41,9
Thermal Expansion Coeff	10-6.K-1	7	7,6	8,1	8,3	8	8	5,8
Spesific Heat	JK-1.kg-1	920	900		850			753
Compressive Strength	Mpa	1800	2000	1750-2500		2200-2600	2200-2600	2100
Modulus of Rupture	Mpa	250	330		262	320-400		260
Hardness	Vickers kgf.mm-2			1500-1600		1500-1650	1500-1650	2500-3000

Sumber : William, 2002

Alumina 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 relative murah, digunakan juga sebagai bahan poles untuk beberapa material bahkan digunakan untuk memoles batu mulia dan CD/DVD. Al₂O₃ ini juga digunakan untuk pembuatan amplas dan gerinda.

2.2.10 Pengujian Sifat Mekanik

2.2.10.1 Foto Makro

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

1. Pemotongan (*Section*)

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

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 kekosongan pada spesimen uji pengetsaan dilakukan dengan pelan dan lembut.

5. Pemotretan

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

2.2.10.2 Pengujian Kekerasan

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan material yang diakibatkan oleh penekanan yang dilakukan pada suatu benda. Kekerasan adalah sifat material untuk bertahan terhadap perubahan permanen seperti bengkok, rusak, atau bentuk yang berubah ketika suatu beban diterapkan. Pengujian kekerasan suatu bahan bertujuan untuk mengetahui angka kekerasan atau seberapa besar tingkat keausan tersebut. Terdapat tiga metode pengujian kekerasan yang diketahui yaitu penekanan, goresan, dan dinamik.

Pengujian kekerasan dengan cara penekanan banyak digunakan karena prosesnya sangat mudah dan cepat untuk memperoleh angka kekerasan apabila dibandingkan dengan metode pengujian lainnya. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan terdiri dari tiga jenis yaitu pengujian *rockwell*, *brinell*, dan *vickers*.

1. Metode Rockwell

Metode Rockwell merupakan uji kekerasan yang hasilnya dapat dibaca secara langsung langsung. Metode ini banyak dipakai karena memiliki keunggulan yang mudah dan praktis. Pengujian rockwell ini memiliki indentor yang terbuat dari baja yang berbentuk kerucut intan dan ada yang berbentuk bola. Kekerasan Rockwell ini paling banyak digunakan karena pengujiannya yang cepat, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil, bebas dari kesalahan manusia, dan ukuran lekukannya yang kecil. Bagian yang dilakukan proses perlakuan panas bisa diuji kekerasannya tanpa terjadi kerusakan. Pengujian menggunakan beban yang konstan dan kedalaman lekukan dalam mengetahui nilai kekerasan.

2. Metode Brinell

Metode brinell adalah pengujian kekerasan yang dilakukan dengan menggunakan bola baja sebagai indentornya. Hasil penggunaan metode brinell ini berbentuk lingkaran, yang masih perlu diukur diameternya menggunakan mikroskop khusus.

Rumus pengujian brinell yaitu :

$$HB = \frac{\text{Gaya tekan}}{\text{Luas permukaan tapak tekan}}$$

3. Metode Vickers

Metode vickers adalah metode yang menggunakan intan berbentuk piramida dengan sudut 136° sebagai indentornya. Prinsip pengujian dengan metode vickers sama dengan pengujian brinell, perbedaannya yaitu pada hasil penekanan yang berbentuk bujur sangkar. Panjang diagonal diketahui dengan skala yang dapat dilihat menggunakan mikroskop. Metode vickers banyak

digunakan, karena metode vikers menghasilkan skala kekerasan yang kontinyu dan dapat menggunakan beban yang kecil.

Rumus untuk pengujian vikers yaitu :

$$HB = \frac{2P \cdot \sin(a/2)}{(d^2)} = 1,854 \cdot P / (d^2)$$

Dengan P = Beban (kg)

d = Diagonal tapak tekan rata-rata (mm)

a = Sudut puncak indenter = 136°

2.2.10.3 Pengujian Keausan

Keausan didefinisikan sebagai kehilangan material karena pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan ke permukaan lain yang menggunakan media gesekan serta beban untuk pemindahannya. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam teknik dan metode salah satunya dengan menggunakan laju keausan.

Laju keausan dinyatakan dengan jumlah kehilangan material tiap satuan luas bidang kontak dan waktu dilakuan pengausan (Victor Malau, 2008).

Rumus laju keausan dapat dinyatakan dengan :

$$W = \frac{w_0 - w_1}{A \cdot t}$$

Dengan W = Laju keausan (gram /mm² x detik)

W₀ = Berat awal spesimen (gram)

W₁ = Berat akhir spesimen (gram)

A = Luas bidang pengausan (mm²)

t = Waktu pengausan (detik)