

**PENELITIAN PROSES PEMBUATAN MATERIAL KOMPOSIT
SEBAGAI ALTERNATIF UNTUK MATERIAL BLOK REM
KERETA API**

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Program Sarjana Strata Satu (S1)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung

Disusun Oleh:
Ginajar Ramadona
(13.3030046)



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2018**

**“PENELITIAN PROSES PEMBUATAN MATERIAL KOMPOSIT
SEBAGAI ALTERNATIF UNTUK MATERIAL BLOK REM
KERETA API”**



Nama : Ginanjar Ramadona

NIM : 13.3030046

Pembimbing I

Ir. Bukti Tarigan, MT

Pembimbing II

Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA

ABSTRAK

Kereta api merupakan salah satu transportasi terpadu yang memiliki beberapa kelebihan, seperti memiliki kapasitas angkut yang besar, efisiensi dan kelancaran yang lebih baik dibandingkan sarana angkutan lainnya. Salah satu sistem yang menunjang keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api adalah sistem pengereman. Blok rem kereta api terdiri dari dua jenis, yaitu blok rem metalik dan blok rem komposit. Sebagian besar kebutuhan blok rem menggunakan produk impor yang berbahan komposit. Dari hasil penelitian sebelumnya, blok rem komposit terdiri dari Karbon, Aluminium, Silikon, Molybdenum, Kalsium dan Sulfur dengan Karbon sebagai matriks.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, maka diperlukan sebuah pengembangan tentang material komposit untuk blok rem kereta api agar kelak hasilnya memiliki kualitas sama atau lebih baik dari produk impor, cocok dipakai untuk roda kereta api di Indonesia dan dapat diproduksi di dalam Negeri. Hal tersebut sangat didukung dengan kondisi Indonesia sebagai negara yang memiliki sumber daya berlimpah, maka dipilihlah sabut kelapa sebagai pengganti serat karena kelapa adalah salah satu tanaman yang ketersediaannya sangat melimpah dan hampir semua bagian dari kelapa dapat dimanfaatkan.

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi material penyusun spesimen uji dengan material penguat sabut kelapa, Resin *Epoxy* sebagai matriks, Alumina (Al_2O_3) sebagai material friksi utama, pasir besi, Barium Sulfat ($BaSO_4$) dan Kalsium Hiroksida ($Ca(OH)_2$) sebagai *filler* yang dibuat dalam batang spesimen dengan ukuran 125x22x15mm dan dilakukam pengujian mekanik seperti uji kekerasan, uji keausan dan metalografi dengan variasi % fraksi volume sabut kelapa 0%, 10% dan 15%.

Pada komposisi sabut kelapa 15% kekerasan rata-rata 18,53 HBW/2,5/31,25 dan harga keausan $11,80 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$ meskipun masih dibawah FIP Brakes. Variasi komposisi sabut kelapa mempengaruhi terhadap penurunan nilai kekerasan dan kenaikan harga keausan material komposit.

Kata kunci: Material alternatif komposit, blok rem kereta api, komposit.

ABSTRACT

Train is one of the integrated transportation that has several advantages, such as having a large transport capacity, better efficiency and smoothness than other transportation facilities. One system that supports the safety and smoothness of train travel is the braking system. Railway brake blocks consist of two types, namely metallic brake blocks and composite brake blocks. Most of the brake block needs use imported products made from composite. From the results of previous studies, composite brake blocks consisted of Carbon, Aluminum, Silicon, Molybdenum, Calcium and Sulfur with Carbon as a matrix.

In connection with the above, it is necessary to develop a composite material for train brake blocks so that later the results have the same or better quality than imported products, suitable for railroad wheels in Indonesia and can be produced domestically. This is strongly supported by the condition of Indonesia as a country that has abundant resources, so selected coconut fiber as a substitute for fiber because coconut is one of the plants whose availability is very abundant and almost all parts of coconut can be utilized.

In this study modification of test specimen compiler material with coconut fiber reinforcement material, Epoxy Resin as matrix, Alumina (Al_2O_3) as the main friction material, iron sand, Barium Sulfate ($BaSO_4$) and Calcium Hydroxide ($Ca(OH)_2$) as filler made in specimen stems with a size of 125x 22x15mm and performed mechanical tests such as hardness test, wear test and metallography with a variation of coconut fiber volume fraction 0%, 10% and 15%.

On the composition of coconut husk 15% hardness averaged 18.53 HBW/2.5/31.25 and the wear price was 11.80×10^{-6} mm² / kg even though it was still under FIP Brakes. Variations in the composition of coconut husk affect the decrease in hardness value and increase in wear value of composite materials.

Keywords: Composite alternative materials, railway brake blocks, composites.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Penelitian Proses Pembuatan Material Komposit Sebagai Alternatif untuk Material Blok Rem Kereta Api**”.

Laporan Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan akademik dalam mengikuti program Sarjana Strata-1 (S1) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung. Walaupun demikian, penulis menyadari sepenuhnya akan kekurangan yang terdapat pada penulisan Laporan Tugas Akhir ini.

Meskipun banyak kendala dan rintangan dalam menyelesaikan laporan ini, tetapi berkat bantuan yang diperoleh penulis dari banyak pihak maka penulis dapat menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Kedua orangtua, kakak dan adik tercinta, beserta seluruh keluarga atas segala doa dan kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis, serta dorongan moril maupun materil sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA selaku ketua program studi Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung yang juga selaku pembimbing II Tugas Akhir yang telah sabar membimbing dan memberikan masukan, pikiran serta waktunya.
3. Bapak Ir. Bukti Tarigan, MT selaku dosen pembimbing I yang telah sabar membimbing penulis dan selalu memberikan masukan, baik tenaga, pikiran serta fasilitasnya.
4. Dosen-dosen Teknik Mesin yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuannya kepada penulis selama kuliah.
5. Seluruh rekan-rekan Teknik Mesin kelas reguler dan non-reguler (karyawan) khususnya keluarga ME-13 atas semangat solidaritas yang kuat.
6. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah mendukung dan memotivasi penulis.

Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Hal ini semata-mata keterbatasan penulis dalam menyusun laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis memohon kepada Tuhan Yang Maha Esa agar dapat membalas segala kebaikan bagi semua yang telah membantu, Amin.

Bandung, 20 September 2018

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II STUDI LITERATUR	6
2.1 Definisi Kereta Api.....	6
2.2 Sistem Pengereman Kereta Api.....	7
2.3 Material Komposit.....	7
2.2.1 Serat Komposit.....	9
2.2.2 Komposit Partikel.....	9
2.2.3 <i>Polymer Matrix Composites</i>	11
2.2.4 Fraksi Volume.....	11
2.2.5 Sabut Kelapa.....	12
2.2.6 Pasir Besi.....	13
2.2.7 Alumina (Al_2O_3).....	14
2.2.8 Barium Sulfat ($BaSO_4$).....	14
2.2.9 Kalsium Hidroksida ($Ca(OH)_2$).....	15
2.2.10 Resin <i>Epoxy</i>	16
2.4 Proses Kompaksi.....	17
2.5 Proses <i>Curing</i>	17
2.6 <i>Wearness</i> (Keausan).....	18
2.6.1 Prinsip Pengujian Keausan.....	21
2.7 Kekerasan (<i>Hardness</i> DIN 50-351).....	23
2.7.1 Pengujian Kekerasan Brinell.....	24
2.8 Struktur Mikro.....	25

BAB III PEMBUATAN DAN PENGUJIAN	26
3.1 Metode Penelitian	26
3.2 Material Penyusun Komposit	27
3.3 Persiapan Material	29
3.4 Persiapan Alat Pendukung	32
3.5 Proses Pembuatan Spesimen	36
3.6 Pengujian Spesimen Uji	42
3.6.1 Pengujian Kekerasan.....	42
3.6.2 Pengujian Metalografi.....	46
3.6.3 Pengujian Keausan.....	50
3.7 Lokasi Penelitian	53
3.8 Rancangan Analisis Data	53
BAB IV ANALISA.....	54
4.1 Pengujian Kekerasan Brinell.....	54
4.2 Pengamatan Metalografi	55
4.3 Pengujian Keausan.....	57
4.4 Pembahasan Secara Umum	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	59

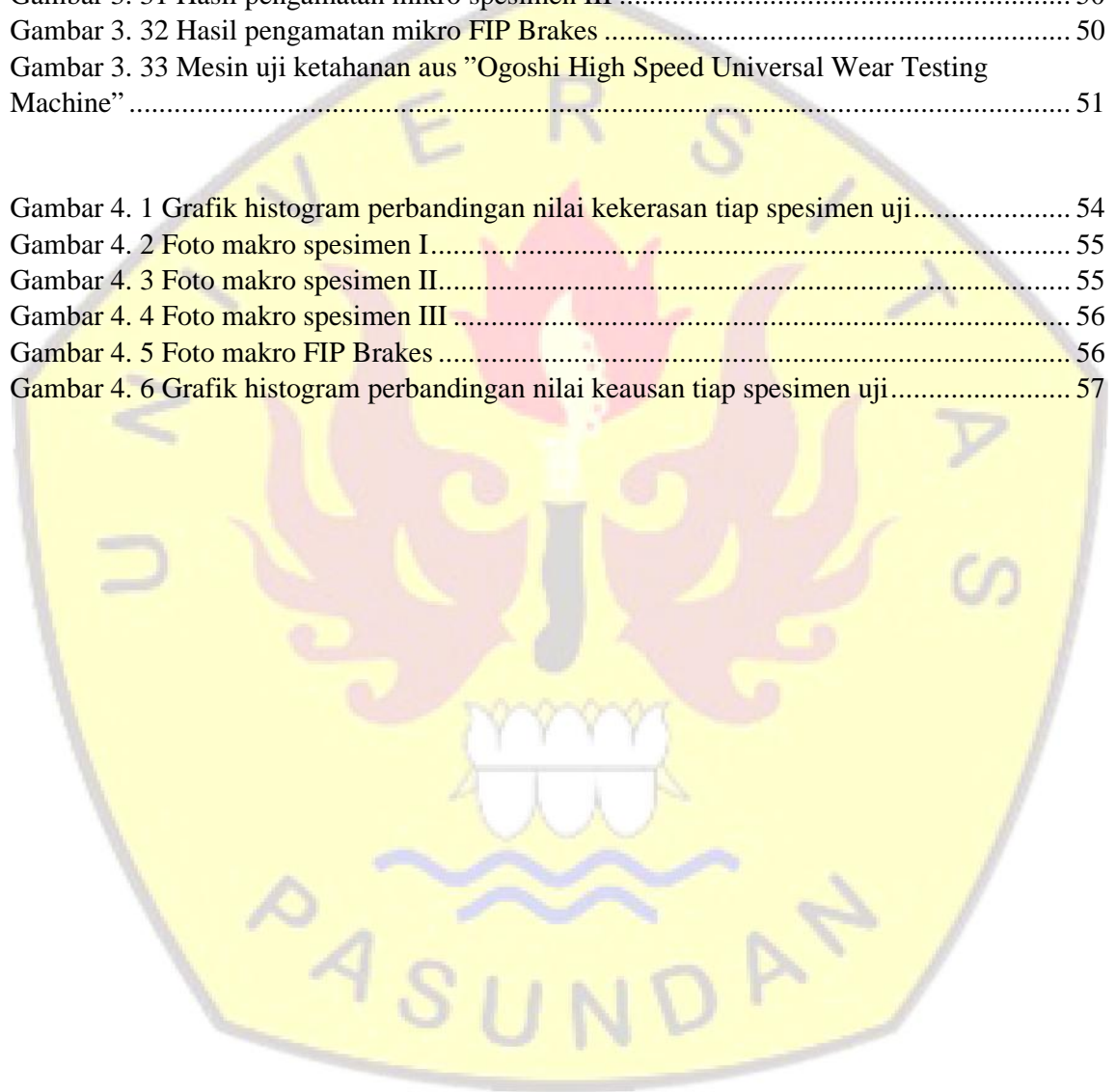
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

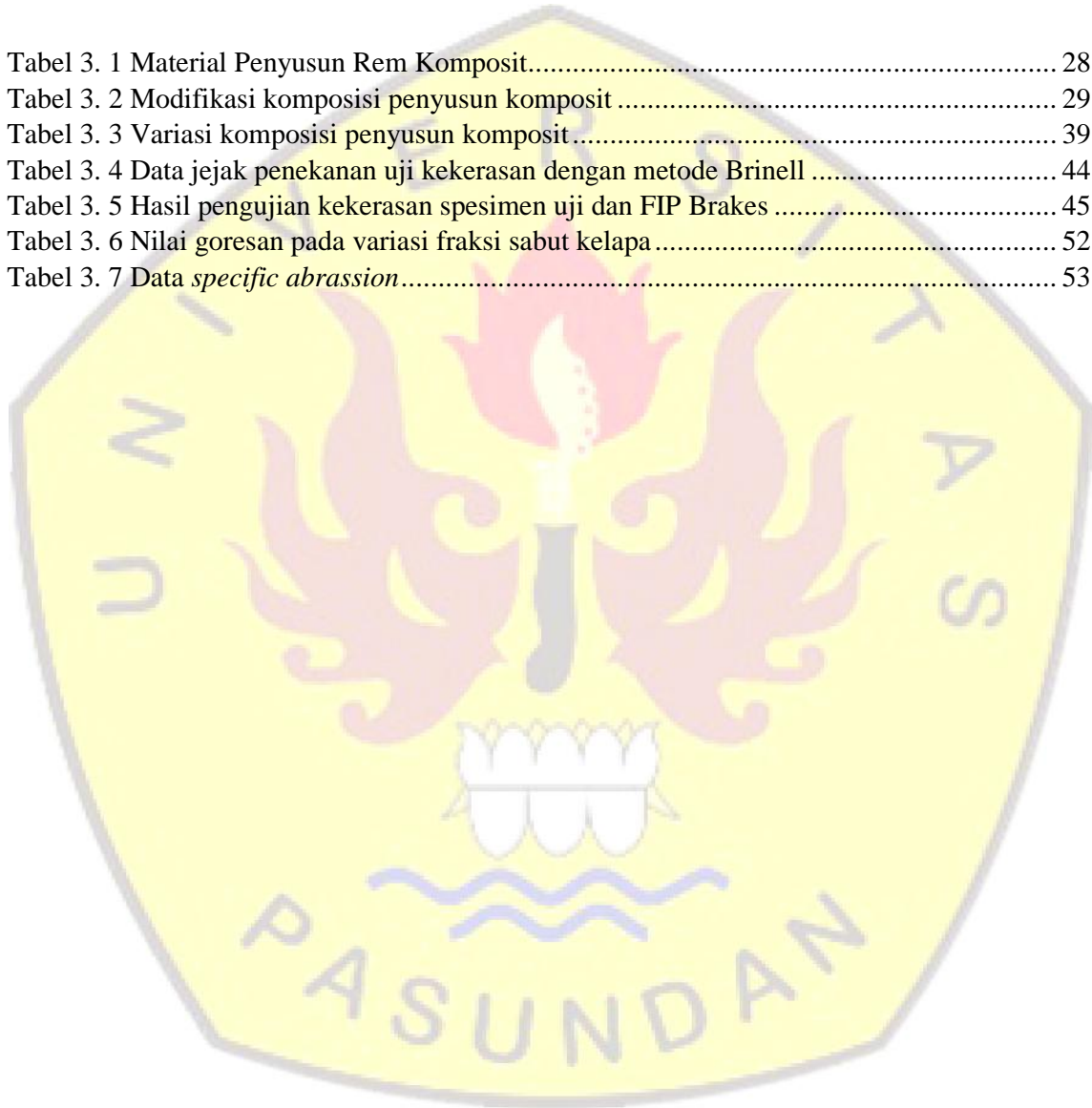
Gambar 2. 1 Kereta api di Indonesia[23]	6
Gambar 2. 2 Model blok rem komposit kereta api[24].....	7
Gambar 2. 3 Skema klasifikasi komposit[10]	8
Gambar 2. 4 Jenis komposit serat	9
Gambar 2. 5 Particulate composite	10
Gambar 2. 6 Bentuk-bentuk partikel serbuk[8].....	10
Gambar 2. 7 Sabut kelapa	12
Gambar 2. 8 Turunan dari pengolahan sabut kelapa	13
Gambar 2. 9 Pasir besi	13
Gambar 2. 10 Serbuk Alumina	14
Gambar 2. 11 Barium Sulfat.....	15
Gambar 2. 12 Kalsium Hidroksida	16
Gambar 2. 13 Resin epoxy dan hardener	16
Gambar 2. 14 Proses cold compaction pembuatan spesimen uji.....	17
Gambar 2. 15 Tungku elektrik untuk proses curing	18
Gambar 2. 16 Skematis keausan abrasif[19]	19
Gambar 2. 17 Skematis keausan adesif[19]	20
Gambar 2. 18 Skematis keausan <i>fatigue</i> [19].....	20
Gambar 2. 19 Skematis keausan oksidasi/ korosi[19]	21
Gambar 2. 20 Skematis pengujian keausan metode Ogoshi	22
Gambar 2. 21 Skematis pengujian brinell	24
Gambar 2. 22 Skematis pengamatan struktur makro	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3. 2 Sabut kelapa yang telah dipotong-potong.....	30
Gambar 3. 3 Barium Sulfat	30
Gambar 3. 4 Kalsium Hidroksida	31
Gambar 3. 5 Alkohol 70%.....	31
Gambar 3. 6 Bahan cairan etsa Kellers Reagent	32
Gambar 3. 7 Saringan mesh 60.....	33
Gambar 3. 8 Timbangan Digital	33
Gambar 3. 9 Alat suntik atau spuit	34
Gambar 3. 10 Proses pencampuran dengan mesin bor	35
Gambar 3. 11 Rakitan alat cetak spesimen uji	35
Gambar 3. 12 Alat pres	36
Gambar 3. 13 Tungku elektrik.....	36
Gambar 3. 14 Cetakan komposit	37
Gambar 3. 15 Bahan penyusun yang telah disaring dan ditimbang	40
Gambar 3. 16 Proses mixing	40
Gambar 3. 17 Hasil proses mixing	41
Gambar 3. 18 Proses kompaksi	41
Gambar 3. 19 Proses curing	42
Gambar 3. 20 Mesin uji keras.....	43
Gambar 3. 21 Titik Pengujian Kekerasan	43

Gambar 3. 22 Skematis pengambilan sampel pengujian metalografi.....	46
Gambar 3. 23 Mesin grinding and polish.....	46
Gambar 3. 24 Proses pengamplasan	47
Gambar 3. 25 Pasta <i>Magnesium Oxide</i> (MgO)	47
Gambar 3. 26 Proses pemolesan.....	47
Gambar 3. 27 Bahan Kellers Reagent untuk proses etsa	48
Gambar 3. 28 Mikroskop optik	48
Gambar 3. 29 Hasil pengamatan mikro spesimen I.....	49
Gambar 3. 30 Hasil pengamatan mikro spesimen II.....	49
Gambar 3. 31 Hasil pengamatan mikro spesimen III	50
Gambar 3. 32 Hasil pengamatan mikro FIP Brakes	50
Gambar 3. 33 Mesin uji ketahanan aus "Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine"	51
Gambar 4. 1 Grafik histogram perbandingan nilai kekerasan tiap spesimen uji.....	54
Gambar 4. 2 Foto makro spesimen I.....	55
Gambar 4. 3 Foto makro spesimen II.....	55
Gambar 4. 4 Foto makro spesimen III	56
Gambar 4. 5 Foto makro FIP Brakes	56
Gambar 4. 6 Grafik histogram perbandingan nilai keausan tiap spesimen uji.....	57



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standard mesh[8].....	11
Tabel 2. 2 Sifat fisik dan mekanik serat sabut kelapa[12].	12
Tabel 2. 3 Sifat fisik Alumina[1].....	14
Tabel 2. 4 Sifat fisik Barium Sulfat ($BaSO_4$)[5].....	15
Tabel 2. 5 Sifat fisik Kalsium Hidroksida[7].	15
Tabel 3. 1 Material Penyusun Rem Komposit.....	28
Tabel 3. 2 Modifikasi komposisi penyusun komposit	29
Tabel 3. 3 Variasi komposisi penyusun komposit.....	39
Tabel 3. 4 Data jejak penekanan uji kekerasan dengan metode Brinell	44
Tabel 3. 5 Hasil pengujian kekerasan spesimen uji dan FIP Brakes	45
Tabel 3. 6 Nilai goresan pada variasi fraksi sabut kelapa	52
Tabel 3. 7 Data <i>specific abrasion</i>	53





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kereta api merupakan salah satu transportasi terpadu yang memiliki beberapa kelebihan, seperti memiliki kapasitas angkut yang besar, efisiensi dan kelancaran yang lebih baik dibandingkan sarana angkutan lainnya. Salah satu sistem yang menunjang keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api adalah sistem pengereman. Diantara bagian-bagian yang ada dalam sistem pengereman, blok rem termasuk bagian yang sering diganti. Blok rem kereta api terdiri dari dua jenis, yaitu blok rem metalik dan blok rem komposit. Blok rem komposit mempunyai beberapa keunggulan dibanding blok rem metalik antara lain:

1. Lebih ringan sehingga mudah dalam pemasangan
2. Umur pemakaian lebih lama
3. Perbandingan harga terhadap umur pemakaian yang lebih baik

Kebutuhan blok rem di Indonesia per tahun sangat tinggi. Sebagian besar kebutuhan blok rem menggunakan produk impor yang berbahan komposit.

Dari hasil penelitian sebelumnya, blok rem komposit terdiri dari Karbon, Aluminium, Silikon, Molybdenum, Kalsium dan Sulfur dengan Karbon sebagai matriks. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi material penyusun dengan menggunakan serat alami dan diharapkan dapat lebih baik atau sama sifat materialnya, hal tersebut sangat didukung dengan kondisi alam yang memiliki sumber daya berlimpah, maka dipilihlah sabut kelapa sebagai pengganti serat, karena kelapa adalah salah satu tanaman yang banyak ditanam di wilayah pesisir dan ketersediaannya sangat melimpah dan hampir semua bagian dari kelapa dapat dimanfaatkan.

Untuk itu dibuat spesimen uji blok rem kereta api dari material komposit dengan penguat serat alami sabut kelapa, Resin *Epoxy* sebagai matriks, Alumina (Al_2O_3), pasir besi, Barium Sulfat ($BaSO_4$) dan Kalsium Hidroksida ($Ca(OH)_2$) sebagai *filler* yang akan dibuat dalam batang spesimen dengan ukuran 125 mm x 22 mm x 15 mm dan dilakukan pengujian mekanik seperti uji kekerasan, uji keausan dan pengamatan distribusi material komposit sabut kelapa pada matriks resin *epoxy* dan penyusun lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka beberapa masalah yang akan dibahas pada laporan tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan variasi komposisi % fraksi volume serabut kelapa terhadap kekerasan dan keausan?
2. Pengamatan distribusi material komposit matriks resin *epoxy* dan penyusun lainnya yang diperkuat dengan sabut kelapa?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini diantaranya adalah:

1. Membuat spesimen uji dengan fraksi berbeda.
2. Mengetahui pengaruh variasi sabut kelapa terhadap nilai kekerasan dan keausan.
3. Mengetahui distribusi material penyusun pada spesimen uji.
4. Mengetahui % fraksi volume yang mendekati atau lebih baik dibandingkan dengan material pembanding.

1.4 Batasan Masalah

Agar bahasan pada laporan tugas akhir ini terarah, maka dibuatlah batasan masalah sebagai berikut:

1. Material komposit dengan penguat serat alami sabut kelapa, Resin *Epoxy* sebagai matriks, Alumina (Al_2O_3), pasir besi, Barium Sulfat ($BaSO_4$), dan Kalsium Hiroksida ($Ca(OH)_2$).
2. Penambahan variasi % fraksi volume sabut kelapa sebanyak 0%, 10% dan 15%.
3. Hanya dibuat spesimen uji.
4. Pengujian kekerasan, keausan dan metalografi.

1.5 Metode Penelitian

Hal yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah mencakup hal-hal dibawah ini, yaitu:

1. Studi literatur, sebagai dasar dan pendukung penelitian serta pengolahan data, agar dalam pembuatan laporan penelitian tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau dan mencari informasi maupun literatur melalui buku-buku referensi, *paper*, makalah, internet dan laporan yang berhubungan dengan topik permasalahan tugas akhir.

2. Melaksanakan penelitian, menentukan *reinforcement* (serabut kelapa) sesuai dengan variasi fraksi volume yang dipilih serta pembuatan spesimen uji untuk kemudian dilakukan pengujian guna mendapatkan data sifat mekanik yang dimiliki setiap spesimen.
3. Kajian data, membuat analisa setelah dilakukan pengujian spesimen, berupa analisa pengaruh variasi volume penambahan penguat serabut kelapa pada pengujian. Kemudian dievaluasi hingga mendapatkan kesimpulan.
4. Diskusi, bertujuan untuk mendapatkan tambahan pengetahuan, arahan dan masukan dari Dosen Pembimbing serta untuk mengoreksi kesalahan-kesalahan selama pembuatan Tugas Akhir dan penulisan laporan.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini berisikan berbagai teori-teori yang menjadi dasar acuan dan digunakan sebagai referensi yang menjadi topik bahasan dalam tugas akhir ini.

BAB III PEMBUATAN DAN PENGUJIAN

Bab ini berisikan tentang metode penelitian, material dan peralatan yang digunakan pada saat pembuatan dan pengujian serta data-data hasil pengujian.

BAB IV ANALISA

Pada bab ini berisikan tentang data-data hasil pengujian yang selanjutnya dilakukan analisa berdasarkan hasil pengujiannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dari hasil analisa pengujian dan saran agar penelitian selanjutnya didapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

1. Aluminium oxide. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium_oxide. (2018, September 15).
2. Annual “Standar Nasional Indonesia” SNI 2417,. “*Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*”. Bandung. 2008.
3. Annual “Standart of DIN 50-351”, *BRINELL has shown a new Hardness-testing method*.
4. Ashby, Michael F.,”*Materials Selection in Mechanical Design: Third Edition*”. Butterworth Heinemann, Oxford. 2005.
5. Barium Sulfate. Retreved from https://en.wikipedia.org/wiki/Barium_sulfate. (2018, August 22).
6. Bertholet, J., “*Composite materials: Mechanical behavior and structural analysis*”. New York: Springer.1999.
7. Calcium hydroxide. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Calcium_hydroxide. (2018, September 20).
8. German, R. M., “*Powder Metallurgy Science*”. Metal Powder Industries Federation. Princeton. New Jersey. 1994.
9. Harper, C. A.,“*Handbook of plastics, elastomers and composites*”. New York: McGraw-Hill. 1996.
10. Hay, WH., “*Railroad Engineering, 2nd ed*”. Singapore: Wiley Interscience.1982.
11. Jones, Robert M., “*Mechanics of Composite Materials*”, New York: Hemisphere Publishing Corporation. 1975.
12. Kalia, S., Kaith, B.S., and Kaur, T.“*Pre-treatment of natural fibers and their applications as reinforcing material in polymer composites: A review, Polymer Engineering and Science*”. 49:1 253-72. 2009.
13. Kalpakjian, S., Schmid, Steven R., “*Manufacturing engineering and technology*”. Singapore: Pearson Education South Asia. 2003.
14. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 69 Tahun 1998 tentang **Sarana dan Prasarana Kereta Api**, Presiden Republik Indonesia, Jakarta, 1998.
15. Setianto, Tri Nugraha.,”*Pengembangan Desain Dan Material Penyusun Blok Rem Komposit Kereta Api Menggunakan Bahan Alami*”. Tugas Akhir, Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung, Indonesia, 2008.
16. Shackelford, J. F., “*Introduction Material Science For Engineering*”. Prentince Hall International, inc. London. 1996.

17. Stevens, M.P., "*Kimia Polimer*". Pradnya Paramita, Edisi ke-I. Jakarta. 2001.
18. Suchanek, W., Yoshimura, M., "*Processing and Properties of Hydroxyapatite-based Biomaterials for use as Hard Tissue Replacment Implants*", Journal of Material Research. 1998.
19. Surdia, T, MS., "*Pengetahuan Bahan Teknik*". Pradnya Paramita, Cet-5. Jakarta. 2000.
20. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 tentang **Perkeretaapian**, Presiden Republik Indonesia, Jakarta, 2007.
21. Vander Voort, George, F., and Manilova, Elena, P., "*Metallographic Etching of Aluminum and Its Alloys*". Buehler Ltd, Lake Bluff, Illinois, USA and Polzunov Institute, St Petersburg, Russia.
22. Vlack, R, H, V., "*Ilmu dan Teknologi Bahan*". Erlangga, Edisi ke-5. Jakarta. 1992.
23. www.radiobintangtenggara.com/2017/06/23/catat-mulai-7-juli-tarif-tiket-kereta-api-disesuaikan/
24. www.wabtec.com/products/1527/composite-brake-blocks
25. www.royalnapp.blogspot.com/2014/03/proses-curing-pada-composite_12.html
26. www.wikipedia.org/wiki/Pasir_besi - Templeton, Fleur (24 September 2011). "Chemical composition of ironsands - Iron and steel". *Te Ara Encyclopedia of New Zealand*.

