

**PENGARUH VARIASI WAKTU *MILLING* TERHADAP SIFAT STRUKTUR
DAN MORFOLOGI KARBON AKTIF BERBASIS LIMBAH
TEMPURUNG BIJI KARET MENGGUNAKAN
METODE *HIGH ENERGY MILLING* (HEM)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika



Oleh :

APRILIANDA

08021181419027

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDRALAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI WAKTU *MILLING* TERHADAP
SIFAT STRUKTUR DAN MORFOLOGI KARBON AKTIF BERBASIS
LIMBAH TEMPURUNG BIJI KARET MENGGUNAKAN METODE
HIGH ENERGY MILLING (HEM)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika

Oleh:

APRILIANDA

NIM 08021181419027

Inderalaya, Agustus 2018

Menyetujui,

Pembimbing II



Akmal Johan, S.Si., M.Si.

NIP. 197312211999031003

Pembimbing I

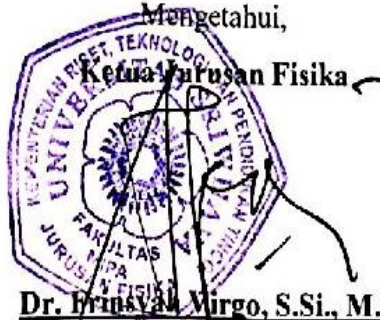


Dr. Fitri Suryani Arsyad, S.Si., M.Si.

NIP. 197010191995122001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Fransyah Virgo, S.Si., M.T.

NIP. 197009101994121001

**PENGARUH VARIASI WAKTU *MILLING* TERHADAP
SIFAT STRUKTUR DAN MORFOLOGI KARBON AKTIF BERBASIS
LIMBAH TEMPURUNG BIJI KARET MENGGUNAKAN METODE
*HIGH ENERGY MILLING (HEM)***

Oleh

Aprilianda

08021181419027

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesa nanoserbuk karbon aktif dari limbah tempurung biji karet menggunakan metode *high energy milling* (HEM) dengan variasi waktu *milling* selama 0 menit, 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Karbon aktif tempurung biji karet kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM. Dari pola difraksi XRD diketahui derajat kekristalan atau tingkat keteraturan struktur karbon aktif tempurung biji karet berdasarkan variasi waktu *milling* hasilnya cenderung meningkat dari 0,384% tanpa *milling*; 0,395% *milling* 30 menit hingga 0,529% untuk karbon aktif tempurung biji karet *milling* 60 menit. Derajat kekristalan mulai menurun menjadi 0,449% pada waktu *milling* 90 menit. Dari hasil foto SEM menunjukkan morfologi permukaan karbon aktif tempurung biji karet mengalami perubahan bentuk dari bulk dengan ukuran butir 155,74 μm sebelum *dimilling* menjadi serbuk, lalu ukuran rata-rata butir menjadi 6,664 μm setelah *dimilling* 30 menit. Penggumpalan terjadi pada waktu *milling* 90 menit dengan ukuran rata-rata butir serbuk sekitar 7,805 μm .

Kata kunci : Tempurung Biji Karet, Karbon Aktif, Metode *High Energy Milling* (HEM), Variasi Waktu *Milling*.

**EFFECT OF MILLING TIME VARIATIONS TO
STRUCTURAL PROPERTIES AND MORPHOLOGY OF ACTIVATED
CARBON BASED FROM RUBBER SEED SHELL USING
HIGH ENERGY MILLING (HEM) METHODE**

By

Aprilianda

08021181419027

ABSTRACT

Synthesis of nanopowder activated carbon from rubber seed shell using high energy milling (HEM) method with variation of milling time for 0 minutes, 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes. The activated carbon was characterized using XRD and SEM. From the XRD diffraction pattern, it is known that the degree of crystallization or level of regularity of the activated carbon structure based on the milling time variation, the result tends to increase from 0,384% activated carbon without milling; 0,395% for 30 minutes milling to 60 minutes milling activated carbon is 0,529%. The degree of crystallinity decreases to 0,449% for 90 minutes milling time. From the SEM photo showing the surface morphology of the activated carbon changed from bulk with grain size is 155,74 μm before being milled into powder, then average size of grain is 6,664 μm after 30 minutes of milling. Agglomerating occurs at 90 minutes of milling time with an average grain size about 7805 μm .

Key Word : *Rubber Seed Shell, Activated Carbon, High Energy Milling Methode (HEM), Various of Milling Time.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Tugas akhir dilaksanakan di Laboratorium Material, Jurusan Fisika FMIPA UNSRI sejak Januari 2018 sampai dengan Juli 2018. Pembahasan atau materi pokok tugas akhir ini lebih ditekankan pada bidang fisika material, dengan judul tugas akhir yaitu “Pengaruh Variasi Waktu *Milling* Terhadap Sifat Struktur dan Morfologi Karbon Aktif Berbasis Limbah Tempurung Biji Karet Menggunakan Metode *High Energy Milling* (HEM)”.

Selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, berbagai hambatan penulis lalui selama proses tugas akhir maupun penulisan skripsi tetapi berkat doa dan pertolongan Allah SWT skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis sangat berterima kasih atas motivasi, saran, bimbingan dan waktunya dari Ibu Dr. Fitri Suryani Arsyad, M.Si. selaku pembimbing I dan Bapak Akmal Johan, S.Si., M.Si. selaku pembimbing II. Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Keluarga tercinta, terutama ayah dan ibu yang selalu memberikan dukungan, baik materi maupun moril, doa, serta nasihat selama menjalankan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Idha Royani, M.Si., Ibu Dra. Jorena Bangun, M.Si., dan Bapak Drs. Octavianus Cakra Satya, M.T. selaku penguji dalam menempuh ujian sarjana yang memberikan saran dan kritik yang membangun.
3. Seluruh staf dosen pengajar di jurusan Fisika FMIPA UNSRI atas kesabarannya dalam memberikan ilmu pengetahuan selama penulis belajar di bangku kuliah.
4. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc., selaku Dekan FMIPA UNSRI.
5. Bapak Drs. Octavianus Cakra Satya, M.T. selaku ketua Jurusan Fisika dan Bapak Khairul Saleh, S.Si. M.Si. selaku ketua jurusan periode 2013-2018.
6. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T. selaku ketua Jurusan Fisika periode 2018-2023 dan Bapak Khairul Saleh, S.Si. M.Si. selaku ketua jurusan periode 2018-2023.
7. Ibu Dra. Jorena Bangun, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik.
8. Ibu Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si. selaku Kepala Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika FMIPA UNSRI yang telah memberikan motivasi, *sharing* ilmu dan izin penggunaan Lab selama penulis mengerjakan tugas akhir.
9. Teman satu tim dan seperjuangan, Aulia yang selalu sabar dan banyak membantu selama penelitian.

10. Abdur dan Novaldan serta penghuni bengkel yang selalu dapat diandalkan.
11. Babe (Pak Nabair), Kak David, Mbak Fitri dan Yuk Yun selaku Staff dan Karyawan di Jurusan Fisika FMIPAUNSRI.
12. Sahabat tercinta kos 99 (genk indehoy asoy: pesek, gendut, atun, acik, mei, mbak suut, yuk sutia, yuk susi, yuk saqis, yuk samel dan amel kecik) yang telah memberikan dukungan, hiburan dan motivasi kepada penulis serta menjadi keluarga selama penulis merantau kuliah di inderalaya.
13. Aulia, Wenny, Sindi, Dinda, Luthfia, Fatiyah, dan Taniya yang selalu menemani dan mewarnai kehidupan kampusku selama lebih kurang 4 tahun ini.
14. Teman-teman Fisika angkatan 2014 dan teman-teman KBI fisika teori material (FTM) 2014 khususnya unik yang sudah banyak membantu dan meluangkan waktunya untuk membantu penulis.
15. Almamater dan Seluruh pihak terkait yang telah banyak membantu penulis dalam skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dalam penulisan skripsi ini. Masukan dan kritikan yang membangun sangat penulis harapkan untuk memperbaiki tulisan laporan kerja praktek ini. Semoga skripsi yang telah disusun ini dapat bermanfaat dan menambahkan pengetahuan kita semua. Akhir kata penulis menyampaikan permohonan maaf apabila ada tingkah laku dan perkataan penulis, baik sengaja maupun tidak sengaja yang mungkin tidak berkenan di hati pembaca.

Inderalaya, Juli 2018

Penulis

Aprilianda

08021181419027

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Karbon Aktif Berbasis Limbah Tempurung Biji Karet	4
2.1.1 Karbon Aktif	4
2.1.2 Karbon Aktif Limbah Tempurung Biji Karet	5
2.2 Pembuatan Nanoserbuk Karbon Aktif Menggunakan dengan Metode <i>High Energy Milling</i> (HEM)	7
2.2.1 <i>High Energy Milling</i>	8
2.2.2 Mekanisme Kerja Mesin <i>High Energy Milling</i>	10
2.2.3 Pengaruh Waktu dan Kecepatan pada Proses <i>Milling</i>	11
2.2.4 Pengaruh Perbandingan Bobot Bola dengan Serbuk terhadap Sifat Struktur dan Morfologi	11
2.5 Karakterisasi Sifat Struktur dan Morfologi Nanoserbuk Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Biji Karet	11

2.5.1 Karakterisasi dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	12
2.5.1.1 Sifat Struktur dari Hasil Pola Difraksi XRD untuk Karbon Aktif.....	14
2.5.1.2 Derajat Kekristalan dari Hasil Pola Difraksi XRD untuk Karbon Aktif	16
2.5.2 Karakterisasi dengan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	22
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.3.1 Bahan	23
3.3.2 Alat Penelitian	23
3.3.3 Alat Karakterisasi	23
3.4 Tahapan Penelitian	23
3.4.1 Preparasi Alat dan Bahan	23
3.4.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif.....	24
3.4.3 Tahap Karakterisasi	24
3.5 Variabel, Parameter dan Data.....	24
3.5.1 Variabel	24
3.5.2 Parameter	24
3.5.3 Data.....	24
3.6 Diagram Alir Penelitian	24
3.7 Karakterisasi Sampel	25
3.7.1 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	25
3.7.2 SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Analisis Sifat Struktur Karbon Aktif Tempurung Biji Karet Menggunakan XRD	26
4.2 Analisis Morfologi Karbon Aktif Berdasarkan Variasi Waktu Milling.....	29
BAB V PENUTUP.....	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN A GAMBAR BAHAN DAN ALAT PENELITIAN.....	39

LAMPIRAN B HASIL KARAKTERISASI XRD	42
LAMPIRAN C HASIL KARAKTERISASI SEM	47
LAMPIRAN D PERHITUNGAN DERAJAT KEKRISTALAN.....	50

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
2.1	Klasifikasi Karbon Aktif Berdasarkan Bentuknya	5
2.2	Komposisi Kimia yang terkandung dalam Tempurung Biji Karet	7
3.1	Jadwal Kegiatan Penelitian Tugas Akhir	23
3.2	Sifat Struktur untuk Karbon Aktif Berdasarkan Variasi Waktu <i>Milling</i>	27
4.1	Sifat Struktur untuk Karbon Aktif Tempurung Biji Karet Berdasarkan Variasi Waktu <i>Milling</i>	28
4.2	Hasil Karakterisasi XRD dan SEM untuk Karbon Aktif Tempurung Biji Karet Berdasarkan Variasi Waktu <i>Milling</i>	33

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
2.1	Bagian-bagian Biji Karet	6
2.2	Biji Karet	6
2.3	SPEX Mill	8
2.4	Pola Bola Giling Selama Proses <i>Milling</i> Berlangsung	9
2.5	Shaker Mill-Miller 1 st	9
2.6	Tumbukan Antar Bola-Serbuk-Bola pada Proses Milling	10
2.7	Skema Kerja XRD	12
2.8	Difraksi Sinar-X oleh Atom-atom pada Bidang	13
2.9	Contoh Hasil Pola XRD	14
2.10	Perbedaan Struktur Grafit dan Karbon Aktif	14
2.11	Pola Difraksi Grafit Berdasarkan JCPDS 20-0258	15
2.12	Hasil Pola Difraksi Karbon dari Tempurung Biji Kemiri	15
2.13	Pendekatan Segitiga pada Perhitungan Luas Kristal	17
2.14	Luas Kurva Amorf	17
2.15	Pola XRD Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak	18
2.16	Pola XRD Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak	18
2.17	Prinsip Kerja SEM	19
2.18	Contoh Hasil SEM untuk Partikel	20
2.19	Arang Ampas Tahu (a) Karbon Aktif Ampas Tahu Teraktivasi NaCl 10 % (b)	21
3.1	Diagram Alir Penelitian	25
4.1	Pola XRD Karbon Aktif Tempurung Biji Karet Berdasarkan Variasi Waktu <i>Milling</i> Karbon Aktif Tempurung Biji Karet	27
4.2	Foto SEM untuk Karbon Aktif Tanpa <i>Milling</i>	30
4.3	Foto SEM untuk Karbon Aktif <i>Milling</i> 30 Menit	31
4.4	Foto SEM untuk Karbon Aktif <i>Milling</i> 90 Menit	31

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Arti	Halaman
n	Jumlah lapisan atom (orde $n=1$)	13
λ	Panjang gelombang	13
d	Jarak antar atom	13
θ	Sudut difraksi sinar-X	13,16, 51, 52
X	Derajat kristalinitas	16, 51, 52
B	Lebar setengah puncak maksimum	16, 51, 52

DAFTAR LAMPIRAN

Nama	Judul	Halaman
A	Gambar Bahan dan Alat Penelitian	38
B	Hasil Karakterisasi XRD	41
C	Hasil Karakterisasi SEM	46
D	Perhitungan Derajat Kekristalan	49

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil karet terbesar di dunia. Salah satu provinsi penghasil karet di Indonesia adalah Sumatera Selatan dengan luas total lahan karet yaitu 791.187 Ha (Kementrian Pertanian, 2017). Dengan luas lahan karet yang sebesar itu, perkembangan industri karet di Sumatera Selatan sangat potensial untuk dikembangkan. Tanaman karet merupakan tanaman perkebunan yang luas. Selain menghasilkan lateks, perkebunan karet juga menghasilkan biji karet. Sebagian besar perkebunan karet hanya akan mengambil getah karet dan batangnya, sedangkan biji karet dianggap kurang bernilai ekonomis karena biasanya hanya digunakan sebagai benih pohon karet dan akan menjadi limbah atau hasil sampingan yang belum dimanfaatkan. Sebanyak ± 1500 Kg/Ha/tahun biji karet belum dimanfaatkan dengan baik oleh pemilik perkebunan, baik itu perkebunan rakyat maupun perkebunan milik swasta (Suparno dkk., 2010).

Pengolahan yang tepat akan membuat limbah biji karet termanfaatkan dengan baik, contohnya minyak biji karet dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel (Rusmaningtyas dan Rohmah, 2017). Kemudian tempurungnya dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif (Ramayana dkk., 2017). Karbon aktif adalah arang dari bahan organik biasanya bagian yang bertekstur keras seperti kayu (contoh: serabut kelapa, sekam padi, kulit singkong dsb) yang telah diperbesar porinya melalui perendaman larutan kimia yang dibuat dengan metode pembakaran pada suhu tinggi. Sebelum diolah menjadi karbon aktif, produk setengah jadi adalah arang. Tempurung biji karet merupakan bahan organik yang terdiri dari beberapa komponen seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin yang baik untuk pembuatan karbon (Ramayana dkk., 2017). Karbon aktif umumnya banyak digunakan sebagai zat penyerap (adsorben) zat-zat pengotor yang terkandung di dalam air dan sebagai norit (obat diare) dalam dunia medis (Vinsiah dan Suharman, 2014).

Pemanfaatan limbah ini akan diolah dengan menjadi nanoserbuk melalui metode *milling* dengan optimasi waktu *milling* 30 menit, 60 menit dan 90 menit untuk melihat karakteristik karbon aktif tempurung biji karet pada variasi waktu *milling*. Pada penelitian

ini akan digunakan *high energy milling* (HEM) sebagai alat sintesis pembuatan nanoserbuk karbon aktif tempurung biji karet yang memanfaatkan tumbukan antar bola-bola sehingga material terdesak dan pecah menjadi berukuran lebih kecil. Pada penelitian Ramayana dkk. (2017) dilakukan variasi waktu *milling* selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam dengan hasil karakterisasi XRD dan SEM menunjukkan semakin tinggi waktu *milling* terjadi penggumpalan partikel yang semakin banyak, nanoserbuk karbon aktif tempurung biji karet berukuran nanometer sulit dicapai. Penulis tertarik untuk melakukan variasi waktu *milling* selama 30 menit, 60 menit dan 90 menit, diharapkan dengan menurunkan waktu *milling* dapat menghasilkan nanoserbuk karbon aktif tempurung biji karet yang melebihi penelitian pendahulu dalam hal keteraturan struktur dan morfologinya yang lebih seragam (homogen). Karbon aktif tempurung biji karet yang telah melalui proses *milling* dikarakterisasi menggunakan analisis struktur XRD dan karakterisasi SEM untuk menganalisa morfologinya. Berdasarkan uraian tersebut maka penulis melakukan penelitian dengan judul penelitian “**Pengaruh Variasi Waktu Milling Terhadap Sifat Struktur dan Morfologi Karbon Aktif Berbasis Limbah Tempurung Biji Karet Menggunakan Metode *High Energy Milling* (HEM)**”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Pemanfaatan limbah tempurung biji karet yang belum optimum.
2. Minimnya pengolahan limbah tempurung biji karet sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan diatas maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengolah limbah tempurung biji karet menjadi nanoserbuk karbon aktif.
2. Membuat nanoserbuk karbon aktif dari tempurung biji karet menggunakan metode *high energy milling* (HEM).
3. Melakukan optimasi waktu *milling* dengan variasi waktu *milling* selama 30 menit, 60 menit dan 90 menit untuk mengetahui pengaruh waktu *milling* terhadap sifat struktur dan morfologi nanoserbuk karbon aktif tempurung biji karet.

1.4 Batasan Masalah

1. Sintesa menggunakan *high energy milling* (HEM) tipe *Shaker Mill- Miller 1st* dengan variasi waktu *milling* yakni 30 menit, 60 menit dan 90 menit.
2. Karakterisasi karbon aktif tempurung biji karet menggunakan *X-ray diffraction* (XRD) untuk mengetahui sifat struktur dan *scanning electron microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi karbon aktif.

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat berguna untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dalam mengolah limbah tempurung karet menjadi karbon aktif dan karbon aktif sebagai alternatif pengganti grafit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2008) *Pengantar Nanosains*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Abdullah, M. dan Khairurrijal (2009) "Review : Karakterisasi Nanomaterial," *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2(1), hal. 1–8.
- Balfas, A. *et al.* (2016) "Pengaruh Milling Terhadap Karakteristik Nanopartikel Biomassa Rotan," *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 4(1), hal. 83–84.
- Hanandya, R. B. (2016) *Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Sebagai Filter Air Melalui Proses Karbonisasi*. Insitut Pertanian Bogor.
- Hartini, H., Hidayat, Y. dan Mudjijono, M. (2015) "STUDY PORE CHARACTERIZATION OF γ -ALUMINA – ACTIVATED CARBON COMPOSITE MADE OF CASSAVA PEELS (*Manihot esculenta* Cranz)," *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 11(1), hal. 47–57. doi: 10.20961/alchemy.v11i1.106.
- Herdianita, N. R., Priadi, B. dan Subroto, O. H. L. (1999) "Pengukuran Kristalinitas Silika Berdasarkan Metode Difraktometer Sinar-X," *Proceeding Institut Teknologi Bandung*, 31(1).
- Jamaludin, K. (2010) *X-RD (X-Ray Diffractions)*, *Makalah Fisika Material*. Kendari : Universitas Haluoleo.
- Kementrian Pertanian (2017) *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Karet 2015-2017*. Diedit oleh D. D. Hendaryati et al. Jakarta: Kementrian Pertanian. Tersedia pada: <http://ditjenbun.pertanian.go.id/tinymcpuk/gambar/file/statistik/2017/Karet-2015-2017.pdf>.
- Khuluk, R. H. (2016) *Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa (*Cocous Nucifera L.*) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru*. Universitas Lampung.
- Kurniawan, D., Nikmatin, S. dan Maddu, A. (2012) "SINTESIS NANOPARTIKEL SERAT RAMI DENGAN METODE ULTRASONIKASI UNTUK APLIKASI FILLER BIONANOKOMPOSIT," 8(2), hal. 39–40.
- Nurdiansah, H. dan Susanti, D. (2013) "Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor," *Jurnal Teknik POMITS*, 2(1), hal. 13–14.
- Nurmawati, M. (2007) "Analisis Derajat Kristalinitas, Ukuran Kristal dan Bentuk Partikel Mineral Tulang Manusia Berdasarkan Variasi Umur dan Jenis Tulang."
- Ramayana, D. (2017) *Pembuatan Carbon Black Berbasis Nanoserbuk Tempurung Biji Karet Menggunakan High Energy Milling*. (Thesis), Palembang : Universitas Sriwijaya.
- Ramayana, D., Royani, I. dan Asyad, F. . (2017) "Pembuatan Carbon Black Berbasis Nanoserbuk Tempurung Biji Karet Menggunakan High Energy Milling," *Jurnal MIPA*, 40(1), hal. 29.
- Riski, A. P. (2017) *PENGARUH STRUKTUR AGGREGATE KARBON HITAM*

TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT KARET ALAM / KARBON HITAM.
Universitas Lampung.

Sandi, A. P. dan Astuti (2014) “PENGARUH WAKTU AKTIVASI MENGGUNAKAN H₃PO₄ TERHADAP STRUKTUR DAN UKURAN PORI KARBON BERBASIS ARANG TEMPURUNG KEMIRI (*Aleurites moluccana*) Anggun Pradilla Sandi , Astuti,” *Jurnal Fisika Unand*, 3(2), hal. 118.

Suparno, O., Sofyan, K. dan Aliem, M. I. (2010) “PENENTUAN KONDISI TERBAIK PENGEMPAAN DALAM PRODUKSI MINYAK BIJI KARET (*Hevea brasiliensis*) UNTUK PENYAMAKAN KULIT,” *Jurnal Teknik Industri*, 20(2), hal. 101–109.
Tersedia pada: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/viewFile/3621/2477>.

Suryanarayana, C. (2001) “Mechanical alloying and milling,” *Progress in Materials Science*, 46(1–2), hal. 32. doi: 10.1016/S0079-6425(99)00010-9.

Vinsiah, R. dan Suharman, A. (2014) “PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI CANGKANG KULIT BUAH KARET (*Hevea brasiliensis*),” 1(2), hal. 190–192.
Tersedia pada:

[http://download.portalgaruda.org/article.php?article=471784&val=9693&title=PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI CANGKANG KULIT BUAH KARET \(Hevea brasiliensis\)](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=471784&val=9693&title=PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI CANGKANG KULIT BUAH KARET (Hevea brasiliensis)).

Wachid, F. M. dan Darminto (2012) “Analisis Fasa Karbon pada Proses Pemanasan,” *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), hal. 4. Tersedia pada:

https://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwioy4e5mq3RAhXFO48KHZH7B68QFggZMAA&url=http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-31810-1109100002-paper.pdf&usg=AFQjCNFFob4OF_mw5Wj1RxRnPZIULDearQ&sig2=M00efMIcVxcTDCxDRmV-xg&bvm=.