

**PEMBUATAN NANO SERBUK SILIKA DARI LIMBAH SEKAM PADI
MENGGUNAKAN HEM DENGAN OPTIMASI WAKTU MILLING**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika**



**Oleh
DINI YULIA PUTRI
08021381520028**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDRALAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMBUATAN NANO SERBUK SILIKA DARI LIMBAH SEKAM PADI MENGGUNAKAN HEM DENGAN OPTIMASI WAKTU *MILLING* *

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains
Bidang Studi Fisika

Oleh :

DINI YULIA PUTRI
08021381520028

Indralaya, Januari 2020

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Fitri Suryani, S.Si., M.Si.
NIP. 197010191995122001

Pembimbing II



Akmal Johan, S.Si., M.Si.
NIP. 197312211999031003

Mengetahui,



**PEMBUATAN NANO SERBUK SILIKA DARI LIMBAH SEKAM PADI
MENGGUNAKAN HEM DENGAN OPTIMASI WAKTU MILLING**

Dini Yulia Putri

08021381520028

Abstrak

Telah berhasil dibuat nanosilika berbasis limbah sekam padi menggunakan larutan Kalium Hidroksida (KOH) 10% dan Asam Klorida (HCl) 1 N pada suhu 800°C dengan variasi waktu pengadukan 90 menit dan 120 menit. Silika kemudian di uji karakterisasi menggunakan FTIR dan terbukti adanya pembentukan SiO_2 , dimana pola serapan yang muncul umumnya gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si). Namun pada silika dengan variasi waktu pengadukan 120 menit menghasilkan massa silika yang lebih banyak yakni 4,87 gram dibandingkan silika dengan variasi waktu pengadukan 90 menit yakni 3,56 gram, sehingga silika dengan variasi waktu pengadukan 120 menit yang digunakan sebagai sampel untuk uji karakterisasi XRD dan SEM sebelum dimilling menggunakan HEM, dan sesudah dimilling dengan variasi waktu *milling* 2 jam, 4 jam dan 6 jam. Silika yang telah dimilling kemudian dikarakterisasi kembali menggunakan XRD dan diketahui jika semua sampel silika sebelum dan sesudah *milling* telah berukuran nano dengan ukuran masing-masing 61,2 nm, 58,7 nm, 56,1 nm dan 55,2 nm. Silika dengan variasi waktu *milling* 6 jam, menghasilkan ukuran kristal yang paling kecil yakni 55,2 nm, untuk kemudian di uji karakterisasi SEM dimana hasil analisis SEM menunjukkan setelah *milling* 6 jam, struktur morfologi serbuk silika yang dihasilkan lebih halus dibandingkan dengan serbuk silika sebelum dimilling, namun kedua sampel masih terlihat tidak homogen (belum seragam). Silika sebelum dimilling juga dilakukan uji SEM-EDS untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung dimana terdeteksi beberapa unsur diantaranya Oksigen dengan persentase atom 47,91%, Silikon 14,19%, Karbon 13,01%, Klorin 15,71%, Potassium 9,47%, Indium 1,70%, Sodium 1,63% dan Aluminium 0,34%. Sehingga diperoleh kemurnian silika sebesar 42,57%

Kata Kunci : Sekam Padi, Nanosilika, KOH, HCl, *milling*, HEM, FTIR, XRD, SEM-EDS.

MAKING NANOSILICA POWDER FROM RICE HUSK WASTE USING HEM WITH MILLING TIME OPTIMIZATION

Dini Yulia Putri

08021381520028

Abstrack

Nanosilica-based rice husk waste was successfully made using a 10% solution of Potassium Hydroxide (KOH) and Hydrochloric Acid (HCl) 1 N at a temperature 800 °C with a variation of stirring time 90 minutes and 120 minutes. Silica was then tested for characterization using FTIR and proved the formation of SiO₂, where the absorption patterns that appear are generally silanol (Si-OH) and siloxan (Si-O-Si) groups. But on silica with 120 minutes stirring time variation produces more silica mass which is 4.87 grams compared to silica with 90 minutes stirring time variation that is 3.56 grams, so that silica with 120 minutes stirring time variation used as a sample for XRD characterization test and SEM before milling using HEM, and after milling with milling time variations of 2 hours, 4 hours and 6 hours. The milled silica was then characterized using XRD and it was known that all silica samples before and after milling were nano sized with sizes of 61.2 nm, 58.7 nm, 56.1 nm and 55.2 nm respectively. Silica with a variation of 6 hours milling time, produced the smallest crystal size of 55.2 nm, then the SEM characterization test where SEM analysis results showed after milling 6 hours, the morphological structure of silica powder produced was finer compared to silica powder before dimilling , but both samples still look inhomogeneous (not uniform). Silica was also tested before SEM-EDS to determine the composition of the elements contained where detected several elements including Oxygen with atomic percentage 47.91%, Silicon 14.19%, Carbon 13.01%, Chlorine 15.71%, Potassium 9.47%, Indium 1.70%, Sodium 1.63% and Aluminum 0.34%. So that the obtained silica purity of 42.57%

Keywords : Rice Husk, Nanosilica, KOH, HCl, Milling, HEM, FTIR, XRD, SEM-EDS.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penelitian tugas akhir yang berjudul "**Pembuatan Nano Serbuk Silika dari Limbah Sekam Padi Menggunakan HEM dengan Optimasi Waktu Milling**" dapat diselesaikan di Laboratorium Fisika Sains Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Laboratorium Dasar Bersama Universitas Sriwijaya, Indralaya.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan motivasi, bantuan, serta bimbingan ataupun arahan dari berbagai pihak terutama kepada Ibu Dr. Fitri Suryani Arsyad, S.Si., M.Si. dan Akmal Johan, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing, yang telah membimbing dengan sepenuh hati dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc., selaku dekan FMIPA Universitas Sriwijaya, Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T. selaku ketua jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya. Kepada dosen penguji Bapak Drs. Octavianus, S.C, M.T. Ibu Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si. dan Ibu Dra. Yulinar Adnan, M.T. yang telah memberikan masukan yang sangat bermanfaat bagi penulis serta Seluruh staf dosen pengajar di jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis belajar di bangku kuliah. Selain itu, penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Ibu Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si. selaku kepala Laboratorium Fisika Sains Material Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya sekaligus dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan banyak motivasi, ilmu, serta izin penggunaan Laboratorium selama penulis mengerjakan tugas akhir, serta Ibu Dr. Muhamni, M.Si. selaku kepala Laboratorium Dasar Bersama (LDB) Universitas Sriwijaya dan Dra. Ibu Lusi Suwartini, selaku Kasubbag TU Laboratorium Dasar Bersama (LDB) Universitas Sriwijaya. Kepada kedua orang tua yang telah memberi semangat dan doa yang tiada henti-hentinya serta teman-teman yang dengan tulus mendoakan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan yang disebabkan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan baik saran ataupun kritik yang sifatnya

membangun dalam penyempurnaan skripsi ini sehingga dapat memberi manfaat bagi semua pihak dan menambah pengetahuan kita semua.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Indralaya, Januari 2020

Penulis,

Dini Yulia Putri

08021381520028

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Silika	5
2.1.1. Sifat Fisika dan Sifat Kimia	5
2.1.2. Aplikasi Bahan Silika di Industri.....	6
2.1.3. Sumber-Sumber Silika	6
2.2 Pembuatan Silika dari Limbah Sekam Padi	7
2.2.1. Sekam Padi	7
2.2.2. Keunggulan Silika yang Berbahan Baku Limbah Pertanian Padi	9
2.3. Pembuatan Serbuk Silika Menggunakan <i>High Energy Milling</i> (HEM).....	9
2.3.1. <i>High Energy Milling</i> (HEM).....	10
2.4. Karakterisasi Silika	11
2.4.1. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	11
2.4.2. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	14
2.4.3. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dan <i>Energy Dispersive X-Ray Spectrometry</i> (EDS).....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	20

3.2. Prosedur Penelitian	20
3.2.1. Proses Preparasi Sekam Padi.....	20
3.2.2. Proses Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi	20
3.2.3. Karakterisasi Sifat Struktur Silika Menggunakan FTIR, XRD dan SEM- EDS.....	20
3.2.4. Pembuatan Nano Serbuk Silika dengan HEM.....	21
3.2.5. Proses Karakterisasi Silika Setelah Dihaluskan dengan HEM	21
3.3. Diagram Alir Penelitian	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1. Pembuatan Serbuk Silika dari Limbah Sekam Padi	23
4.2. Pengujian Gugus Fungsi Serbuk Silika Menggunakan <i>Fourier Transform Infrared</i>	25
4.3. Pengujian Sifat Struktur Serbuk Silika Menggunakan <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> dan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) <i>Energy Dispersive X-Ray Spectrometry</i> (EDS) Sebelum Milling	27
4.4. Pembuatan NanoSerbuk Silika Abu Sekam Padi Menggunakan <i>High Energy Milling</i> (HEM) dan Uji Sifat Strukturnya Menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) dan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) Setelah <i>Milling</i>	30
BAB V PENUTUP	35
5.1. Kesimpulan.....	35
5.2. Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kandungan Silika yang Terdapat pada Sekam Padi	8
Gambar 2.2. Skema Alat Spektroskopi FTIR Sederhana.....	12
Gambar 2.3. Spektra FTIR Silika Gel dari Abu Sekam Padi.....	13
Gambar 2.4. Difraksi Sinar-X pada Jarak Antar Atom D dan Sinar Datang θ	15
Gambar 2.5. Pola difraksi sinar-X Silika setelah kalsinasi 850°C dengan variasi <i>milling time</i> a) 2 jam, b) 4 jam, c) 6 jam.....	16
Gambar 2.6. Mikrosilika Sampel Keramik Silika pada Suhu Kalsinasi (a) 800°C (b) 900°C (c) 1000°C	18
Gambar 4.1. Proses Pembuatan Silika (a) Sekam Padi, (b) Arang Sekam Padi, (c) Abu Sekam Padi, (d) Endapan Silika, (e) Serbuk Silika	23
Gambar 4.2. Spektra FTIR Silika dari Abu Sekam Padi dengan (a) Variasi Waktu Pengadukan 90 Menit (b) Variasi Waktu Pengadukan 120 Menit.....	25
Gambar 4.3. (a) Pola Sinar Difraksi Sinar-X Silika Abu Sekam Padi sebelum <i>Milling</i> (b) Hasil XRD Serbuk Silika Abu Sekam Padi Sebelum <i>Milling</i>	28
Gambar 4.4. Sampel (a) Silika Sebelum Milling (b) Silika Setelah Milling 2 Jam (c) Silika Setelah Milling 4 Jam (d) Silika Setelah Milling 6 Jam.....	30
Gambar 4.5. Grafik Pola Difraksi Hasil XRD pada Silika dari Limbah Sekam Padi Sebelum dan Sesudah <i>Milling</i>	31
Gambar 4.6. Citra SEM Silika Sebelum <i>dimilling</i> dengan Perbesaran 10.000X (b) Citra SEM Silika Sesudah <i>dimilling</i> dengan Perbesaran 10.000X	33

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kandungan Padi Dalam Satu Kali Penggilingan.....	7
Tabel 2.2 Komposisi Kandungan Sekam Padi	7
Tabel 2.3. Komponen Kimia yang Terdapat Pada Abu Sekam Padi	8
Tabel 2.4 Interpretasi Spektra FTIR Silika Gel dari Abu Sekam Padi	14
Tabel 2.5 Komposisi Unsur Hasil EDS Silika	19
Tabel 3.2. Jadwal Kegiatan	23
Tabel 4.1. Perbandingan Variasi Waktu Pengadukan 90 Menit dan 120 Menit Terhadap Massa Silika.....	24
Tabel 4.2. Nilai Transmitansi dan Interpretasi Spektra FTIR Silika dari Abu Sekam Padi.....	26
Tabel 4.3. Komposisi Unsur Hasil SEM-EDS pada Silika	29
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Ukuran Kristal dengan Waktu <i>Milling</i> 0 Jam, 2 Jam, 4 Jam, dan 6 Jam.....	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Silika (SiO_2) merupakan salah satu material yang memiliki banyak manfaat di dalam kehidupan sehari-hari diantaranya adalah sebagai bahan baku pembuatan keramik, beton, ban, kosmetik, serta digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk. Silika dengan ukuran mikron banyak diaplikasikan dalam material konstruksi, yaitu sebagai bahan campuran pada beton karena bersifat keras dan padat. Rongga yang kosong di antara partikel semen akan diisi oleh mikrosilika sehingga berfungsi sebagai bahan penguat beton (*concrete reinforced material*) dan meningkatkan daya tahannya (*durability*) (Wianto dkk, 2010). Silika juga merupakan suatu material yang memiliki daya serap yang tinggi, sehingga banyak digunakan sebagai salah satu bahan dalam pembuatan kosmetik. Kosmetik yang menggunakan silika akan lebih tahan lama apabila diaplikasikan di kulit karena kemampuannya yang sangat baik dalam menyerap keringat dan minyak (Handayani dkk., 2015). Pada bahan pembuatan pupuk, unsur silika menjadi salah satu unsur hara yang diperlukan oleh tanaman yang bersifat akumulator Si diantaranya padi, tebu, jagung dan lain sebagainya untuk pertumbuhan, fotosintesis, meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan dan cuaca ekstrim serta pelindung alami terhadap hama (Azhari dan Aziz, 2016).

Di alam ini, silika pada umumnya ditemukan dalam bentuk pasir yang berasal dari jenis batuan seperti batuan beku, sedimen ataupun metamorf. Batuan-batuan tersebut didapatkan dengan melalui proses penambangan sehingga berpotensi merusak lingkungan. Selain diperoleh dari hasil tambang, silika juga dapat diperoleh melalui proses pengolahan limbah organik seperti sekam padi, jerami, abu ampas tebu dan abu tongkol jagung. Abu sekam padi memiliki kandungan silika sebesar 86,90-97,30% (Trivana dkk, 2015), sedangkan abu ampas tebu memiliki kandungan silika sebesar 64% (Hanafi dan Nandang, 2010) dan abu tongkol padi memiliki kandungan silika lebih dari 60% (Wardhani, 2017). Melihat besarnya jumlah kandungan silika yang terdapat pada abu sekam padi serta mudahnya menemukan limbah sekam padi sebagai bahan utama pembuatan silika, pemanfaatan limbah sekam padi akan memberikan dampak positif bagi lingkungan yang tercemar akibat limbah penggilingan padi yang tak terpakai.

Sekam padi adalah limbah hasil penggilingan padi. Pada proses penggilingan padi akan dihasilkan 72% beras, 5-8% dedak, dan 20-22% sekam. Sekam padi dari hasil sisa penggilingan biasanya dibuang begitu saja atau dibakar tanpa diolah menjadi sesuatu yang berguna, padahal sekam padi berpotensi sebagai bahan baku pembuatan silika. Abu sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan silika karena sekam padi yang telah menjadi abu mengandung silika (SiO_2) sebesar 86,90-97,30% dan sejumlah kecil alkali dan logam pengotor. Banyaknya kandungan silika yang terdapat pada sekam padi sangat berpotensi apabila dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam pembuatan silika.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tahun 2015, Sumatera Selatan saat ini memiliki luas lahan pertanian 774.250 Ha dan hasil panen padi sebanyak 4.247.922 ton setiap kali panen. Dari hasil panen sebanyak itu, diperkirakan padi hasil panen yang telah digiling dapat menghasilkan sekam padi kira-kira sebanyak 85.000 ton tiap kali panen. Dengan melihat potensi sebesar itu, Sumatera Selatan sebagai lumbung padi memiliki kemampuan sebagai daerah penghasil sekam padi yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan silika. Pada penelitian ini, limbah sekam padi diperoleh dari tempat penggilingan padi di Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan

Perkembangan teknologi aplikasi silika pada industri, saat ini telah banyak mendominasi karena memiliki sifat yang lebih unggul terutama penggunaan silika dalam ukuran kecil sampai skala nano partikel. Dalam aplikasinya, nanosilika dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen untuk struktur bangunan. Dengan ukuran yang berskala nanometer, partikel silika dapat menyisip diantara partikel-partikel material penyusun yang lain. Partikel silika ini dengan pencampuran yang tepat dalam pembuatan beton, selanjutnya akan menyisip ke ruang kosong yang tercipta di antara partikel-partikel yang berukuran lebih besar (mikrometer) dan mengurangi porositas. Produk beton dengan porositas yang minimum sangat sesuai untuk struktur bangunan yang terendam dilahan berair atau rawa sehingga bangunan akan lebih kuat karena kedap terhadap air (Hayati dkk, 2017).

Dalam penelitian ini akan dibuat nanosilika dari limbah sekam padi menggunakan metode ekstraksi. Serbuk silika yang telah dibuat kemudian *dimilling* menggunakan *High Energy Milling* (HEM) dengan optimasi waktu *milling* selama 2 jam, 4 jam dan 6 jam. Serbuk silika yang telah *dimilling* kemudian dikaraterisasi

menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui pengaruh waktu *milling* terhadap sifat struktur dan morfologinya serta dikarakterisasi juga dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive X-Ray Spectrometry* (EDS) untuk mengidentifikasi komposisi unsur yang terkandung dalam sampel untuk menentukan persentase kandungan silika yang dihasilkan.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana memperoleh serbuk silika yang berkualitas baik dari limbah sekam padi.
2. Bagaimana menganalisis sifat struktur serbuk silika dari limbah sekam padi menggunakan XRD.
3. Bagaimana Menganalisis pengaruh waktu *milling* terhadap sifat struktur dan morfologinya serta mengetahui informasi tentang komposisi unsur yang terkandung menggunakan SEM-EDS.
4. Bagaimana mereduksi ukuran partikel silika menggunakan HEM.

1.3. Batasan Masalah

1. Silika yang terkandung dalam abu sekam padi diekstraksi menggunakan larutan KOH dengan konsentrasi 10% dan diendapkan menggunakan HCl 1 N.
2. Sebelum dimilling dengan *High Energy Milling* (HEM) Serbuk silika di karakterisasi menggunakan FTIR, XRD dan SEM-EDS.
3. Silika dimilling dengan *HEM* selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam.
4. Serbuk silika yang telah dimilling menggunakan HEM dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM.

1.4. Tujuan

1. Membuat serbuk silika yang berkualitas baik dari limbah sekam padi menggunakan HEM dengan optimasi waktu *milling*.
2. Mengetahui informasi tentang ukuran kristal silika sebelum dan sesudah proses *milling* menggunakan karakterisasi XRD.
3. Menganalisis pengaruh waktu *milling* terhadap sifat struktur dan morfologinya serta mengetahui informasi tentang komposisi unsur yang terkandung menggunakan SEM-EDS.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memaksimalkan potensi pengembangan silika dari limbah sekam untuk berbagai aplikasi dalam bidang industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, G.F., Hanafie, M.R., dan Mardina, P., 2013. *Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi dengan Pelarut KOH*. Jurnal Konversi, 1(2) : 29.
- Alfarisah, S., Rifai, D.A., dan Toruan, P.L., 2018. *Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO)*. Jurnal risalah Fisika, 2(2) : 54.
- Anam, C., Sirojidun, dan Firdausi, K.S., 2007 *Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin dan Spritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR*. Jurnal Berkala Fisika, 1(10) : 79-80.
- Azhari, dan Aziz, M., 2016. *Sintesis dan Karakterisasi Material Berpori Berbasis Mineral Silika Pulau Betung*. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, 3(12) : 162.
- Coniwanti, P., Srikanth, R., dan Apriliyanni, 2008. *Pengaruh Proses Pengeringan, Normalitas HCl, dan Temperatur Pembakaran pada Pembuatan Silika dari Sekam Padi*. Jurnal Teknik Kimia, 1(15) : 6-7.
- Fahmi, H., dan Nurfalah, A.L., 2016. *Analisa Daya Serap Silika Gel Berbahan Dasar Abu Sekam Padi*. Jurnal IPTEKS Serapan, 3(10) : 177.
- Handayani, P.A., Nurjanah, E., dan Rengga, W.D.P., 2014. *Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel*. Jurnal Bahan Alam Terbarukan, 2(3) : 22.
- Hartomo, A.J., 1986. *Penyidikan Spektrometrik Senyawa Organik*. Jakarta : Erlangga.
- Hardyanti, I.S., Nurani, I., Hardjono, D.S., Apriliani, E., dan Wibowo, E.A.P., 2017. *Pemanfaatan Silika (SiO_2) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik*. Jurnal Sains Terapan, 2(3) 39.
- Hayati, D., Pardoyo, dan Azmiyawati, C., 2017. *Pengaruh Variasi Jenis Asam terhadap Karakter Nanosilika yang Disintesis dari Abu Sekam Padi*. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi, 20(1) : 1-2.
- Karyasa, W., 2014. *Pembuatan Ultra Fine Amorphous Silica (UFAS) dari Jerami dan Sekam Padi*. Jurnal Sains dan Teknologi, 1(3) : 264.
- Lestari, F.B., dan Zainuri, M., 2013. *Pengaruh Variasi Milling Time Pasir Silika Terhadap Sifat Ketahanan Korosi Komposit PANi/ SiO_2 pada Plat Baja*. Jurnal Sains dan Seni Pomits, 1(1) : 2.
- Masruroh, Manggara, A.B., Papilaka, T., dan Triandi, R., 2013. *Penentuan Ukuran Kristal (Crystallite Size) Lapisan Tipis PZT dengan Metode XRD Melalui*

- Pendekatan Persamaan Debye Scherrer.* Journal of Education Innovation, 2(1):27.
- Patel, K.G., Shettigar, R.R., dan Misra, N.M., 2017. *Recent Advance in Silica Production Technologies from Agricultural Waste Stream-Review*. Journal of Advanced Agricultural Technologies, 3(4) : 274-279
- Rahman, F., 2006. *Pengaruh Kehalusan Serbuk Silika Terhadap Kekuatan Tekan Mortar*. Jurnal Info Teknik, 2(7) : 57.
- Retnosari, A., 2013. *Ekstraksi dan Penentuan Kadar Silika (SiO_2) Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara*. Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Jember.
- Rosalina, R., Asmi, D., dan Ginting, E., 2016. *Preparasi dan Karakterisasi Silika (SiO_2) Sekam Padi dengan Suhu Kalsinasi 800°C-1000°C*. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, 1(4) : 104.
- Rozi, T.Y., dan Astuti, 2016. *Pengaruh Temperatur Kalsinasi pada Sintesis Nanopartikel Silika Pantai Purus Kota Padang*. Jurnal Fisika Unand. 4(5) : 353.
- Sarimai, Ratnawulan, Ramli, dan Ahmad, F., 2016. *Pengaruh Waktu Milling Terhadap dan Ukuran Butir Forsterite (Mg_2SiO_4) Mineral Serpentin dari Kabupaten Solok Selatan*. Jurnal Pillars of Physic, 1 (8) : 66-67.
- Setyaningsih, N.E., Muttaqin, R., dan Mar'ah, I., 2017. *Optimalisasi Waktu Pelapisan Emas-Palladium pada Bahan Komposit Alam untuk Karakterisasi Morfologi dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX)*. Jurnal Physics Communication, 1(2) : 37.
- Soleh, M., 2014. *Ekstraksi Silika dari Sekam Padi dengan Metode Pelarutan dan Pengendapan Silika Serta Analisis EDX dan FTIR*. Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut pertanian Bogor.
- Sulastri, S., dan Kristianingrum, S., 2010. *Berbagai Macam Senyawa Silika : Sintesis, Karakterisasi dan Pemanfaatan*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Suryanarayana, C., 2001. *Mechanical Alloying and Milling*. New York : Taylor and Francis Group.

- Trianasari, 2017. *Analisis dan Karakterisasi Kandungan Silika (SiO_2) Sebagai Hasil Ekstraksi Batu Apung (Pumice)*. Skripsi, Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Trivana, L., Sugiarti, S., dan Rohaeti, E., 2015. *Sintesis dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dari Sekam Padi*. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, 2 (7) : 67.
- Udeajah, V.N., dan Onah, D.U., 2019. *Comparative Studies on Transmittance, Absorbance and Structural Properties of Ironcopper Sulphide(Cus-Fe) and Iron Lead Sulphide(Pbs-Fe) Thin Films by Chemical Method (Silar)*. International Journal of Physical Sciences Research, 2(3): 19-33.
- Whardani, G.A.P.K., 2017. *Karakterisasi Silika pada Tongkol Jagung dengan Spektroskopi Infra Merah dan Difraksi Sinar*. Jurnal Kimia Riset, 1 (2) : 38.
- Wianto, T., Sari, N., Darminto dan Pratapa, S., 2010. *Sintesis dan Karakterisasi Nanosilika sebagai Upaya Pemanfaatan Potensi Sumberdaya Banjarbaru*. Jurnal Fisika Flux, 1(7) : 54-55.
- Zahara, Y., Ratnawulan, Ramli, dan Fauzi, A., 2016. *Pengaruh Waktu Milling Terhadap Ukuran Butir Quartz dari Nagari Saruaso Kabupaten Tanah Datar*. Jurnal Pillar of Physics, 1(8): 114.