Review Studi: Analisa Pemanfaatan Limbah Sekam Padi sebagai Bahan Material Maju

Ferdiansyah[1], Aulia Sherly Ayu Premesti[2], Achmad Rizal Fathichin[3], Bella Mey Gita Ariani[4], Abdul Hamid Fahmi[5],
Yustia Wulandari Mirzayanti[6*]
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1 2 3 4 5 6]
e-mail: ferdi354.fa@gmail.com [1], yustiawulandari_che@itats.ac.id [6]*

ABSTRACT

Indonesia is an agricultural country, where the population works as farmers with the main product being rice. Rice produced through paddy is the staple food of Indonesian society. In 2019, national rice production reached 31.31 million tons, increased in 2020 to 31.36 million tons and in 2021 to 31.33 million tons. There are several components of rice husk starting from the hard layer surrounding the grain karyopsis, called palea and lemme, which are joined together and also composed of 34-44% cellulose, 13-39% U, 23-30% lignin, and 8-15% air. Based on these contents, rice husk ash obtained through the process of burning rice husks is known to contain a relatively high silica content of up to 86.90-97.30%, and small amounts of alkaline impurities. Silica is a chemical compound with the molecular formula SiO2 which is usually obtained from silica, vegetable and synthetic minerals. The use of silica in the world industry is usually used as a material for making ceramics, making synthesis from kaolin as a catalyst, as a mixture for making cement, concrete and electronics. Silica is also present in rice husks based on research that rice husks contain 99% silica compounds. Characteristics of rice Rice husk is a waste product of rice milling which is separated from rice grains, where rice husk has a hard layer, namely cariopsis which consists of two forms of leaves, namely crown husks and petal husks. The high silica content in rice husk is used for various things, one of which is as filler rubber. By using Fluidized Bed Combustor technology, rice husk as a green inhibitor on carbon steel in NaCl media. Rice husk ash has a relatively large silica content, so that the silica content in rice husk ash can be used to control corrosion of steel.

Keywords: *Waste, rice husk, utilization*

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara agraris, dimana penduduknya bekerja sebagai petani dengan produk utamanya adalah padi. Beras yang dihasilkan melalui padi merupakan makanan pokok masyarakat Indonesia. Pada tahun 2019, produksi beras nasional mencapai 31,31 juta ton, meningkat di tahun 2020 menjadi 31,36 juta ton dan di tahun 2021 sebesar 31,33 juta ton. Terdapat beberapa komponen sekam padi dimulai dari lapisan keras yang mengelilingi kariopsis gabah, yang disebut palea dan lemme, yang bergabung bersama dan juga tersusun atas 34-44% selulosa, 13-39% U, 23-30% lignin, dan 8- 15% air. Berdasarkan kandungan tersebut, abu sekam padi yang diperoleh melalui proses pembakaran sekam padi diketahui mengandung kadar silika yang relatif tinggi hingga 86,90-97.30 %, dan sejumlah kecil pengotor alkali. Silika merupakan suatu senyawa kimia yang memiliki rumus molekul SiO_2 yang biasanya diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis. Pemanfaatan silika dalam dunia industry biasanya dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan keramik, pembuatan sintesis dari kaolin sebagai katalis, sebagai campuran pembuatan semen, beton dan elektronik. Silika juga terdapat pada sekam padi berdasarkan penelitan bahwa sekam padi mengandung senyawa silika sebesar 99%. Karakteristik padi sekam padi merupakan limbah hasil penggilingan padi yang terpisah dari butir beras, dimana sekam padi memiliki lapisan keras yaitu kariopsis yang terdiri dari dua bentuk daun yaitu sekam mahkota dan sekam kelopak. Kadar silika dalam sekam padi yang tinggi, dimanfaatkan untuk berbagai hal salah satunya adalah sebagai Filler karet. Dengan menggunakan teknologi *Fluidized Bed Combustor*, sekam padi sebagai *green inhibitor* pada baja karbon dalam media NaCl. Abu sekam padi memiliki kadar silika yang cukup besar,sehingga kandungan silika yang ada didalam abu sekam padi dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan suatu korosi pada baja.

Kata kunci: Limbah, sekam padi, pemanfaatan.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, dimana penduduknya bekerja sebagai petani dengan produk utamanya adalah padi. Beras yang dihasilkan melalui padi merupakan makanan pokok masyarakat Indonesia. Produksi beras nasional pada tahun 2019 mencapai 31,31 juta ton, meningkat di tahun 2020 menjadi 31,36 juta ton dan di tahun 2021 sebesar 31,33 juta ton [1], [2]. Dengan meningkatnya produksi beras, meningkat juga produk sampingan yang dihasilkan. Sekam padi merupakan salah satu produk sampingan yang

ISSN 2775-5630

dihasilkan padi pada saat proses penggilingan sebanyak 20-30% [3]. Menurut data yang diperoleh Pramono (2022), sekam padi yang dihasilkan Indonesia dapat mencapai sekitar 15 juta ton per tahun [4]. Tentu saja dengan jumlah yang sebesar itu, maka pengolahan limbah sekam padi harus benar-benar dipikirkan secara matang supaya tidak membuat dampak yang berbahaya baik bagi manusia maupun lingkungan.

Sekam padi adalah kulit yang membungkus butiran beras, dimana kulit padi akan terpisah dan menjadi limbah atau Sekam yang tidak dimanfaatkan secara maksimal dapat menyebabkan permasalahan baru yaitu menumpuknya limbah padat sekam dan lambatnya proses penguraian. Terdapat beberapa komponen sekam padi yang tersusun atas lapisan keras yang mengelilingi kariopsis gabah, yaitu lemma dan palea, yang bergabung bersama dan juga tersusun dari 34-44% selulosa, 23-30% lignin, 13-39% U, dan 8- 15% air. Berdasarkan kandungan tersebut, abu sekam padi dihasilkan melalui proses pembakaran sekam padi diketahui yang mengandung kadar silika yang relatif tinggi sampai dengan 86,90-97,30 %, dan sejumlah kecil pengotor alkali dan logam [5]. Dari kandungan tersebut bisa dimanfaatkan untuk berbagai hal yang bermanfaat daripada hanya dibuang sebagai limbah saja. Sehingga bisa meningkatkan nilai tambah dari sekam padi. Berdasarkan kandunganya sekam padi dapat dikembangkan menjadi beberapa manfaat, seperti menjadi *adsorber*, pengisi (*filler*) bahan jadi karet, dan sebagai *green inhibitor*, oleh karena itu pada jurnal kali ini akan dibahas lebih lanjut analisa manfaat limbah dari sekam padi sebagai bahan material maju.

TINJAUAN PUSTAKA

Sekam padi merupakan limbah organik dan merupakan produk samping dari proses penggilingan padi yang berupa penumpukan kulit gabah dengan jumlah yang cukup banyak. Limbah sekam padi dibiarkan begitu saja dan mengalami proses penghancuran secara alami. Sehingga menjadi limbah yang tidak dimanfaatkan. Sekam padi terdiri dari 10% air, 40% selulosa, 30% lignin dan 20% abu. [6]. Sekam padi pada umumnya digunakan sebagai bahan bakar di industri pembuatan bata, media tumbuh tanaman, bahan dekorasi atau diletakkan di kandang hewan. Abu sekam padi memiliki kandungan silika yang cukup tinggi yakni sekitar 87-97%. Jika abu sekam padi dibakar pada suhu yang terkontrol, dihasilkan sisa pembakaran yang mempunyai sifat *pozzolan* yang tinggi dikarenakan mengandung silika. Semua komponen pada pembakaran sekam padi diubah menjadi karbondioksida (CO_2), dan air (H_2O) serta abu yang merupakan komponen organik [7]. Saat ini, sekam padi masih belum maksimal dalam penggunaannya. Pada pemanfaatannya, sekam padi dibakar atau dikembalikan di tanah sebesar 36-62% dan hanya 7-16% yang digunakan oleh industri. Salah satu pemanfaatan sekam padi dapat digunakan untuk serat penguat dalam material komposit yang berasal dari alam (*natural fiber*) [8].

Silika merupakan suatu senyawa kimia yang memiliki rumus molekul SiO_2 yang biasanya diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis. Berbagai macam kegunaan silika dalam kehidupan sehari-hari maupun didunia industri. Pemanfaatan silika dalam dnia industry biasanya dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan keramik, pembuatan sintesis dari kaolin sebagai katalis, sebagai campuran pembuatan semen, beton dan elektronik. Silika juga terdapat pada sekam padi berdasarkan penelitan bahwa sekam padi mengandung senyawa silika sebesar 99%, pada proses meperoleh silika pada sekam pai biasanya dilakukan dengan metode ekstrasi katalis menggunakan pelarut NaOH dan HCl [9].

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kualitatif dan kuantitatif berdasarkan kajian pustaka. Adapun infomasi kajian pustaka tentang analisa pemanfaatan limbah sekam padi yang digunakan berasal dari jurnal/artikel ilmiah/buku yang berkaitan dengan topik yang sama. Pembahasan kajian dimulai dari mengkaji asal limbah sekam padi berasal dan karakteristik limbahnya. Kemudian dilanjutkan dengan kajian tentang pengolahan dan pemanfaatan limbah sekam padi berdasarkan data-data yang sudah didapatkan pada kajian sebelumnya. Terakhir, data-data yang sudah diperoleh dari pengkajian literatur bersama akan ditarik menjadi satu kesimpulan analisa pemanfaatan limbah sekam padi sehingga diperoleh kesatuan data yang bersifat informatif.

ISSN 2775-5630

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Sekam Padi

Sekam padi merupakan limbah hasil penggilingan padi yang terpisah dari butir beras, dimana sekam padi memiliki lapisan keras yaitu kariopsis yang terdiri dari dua bentuk daun yaitu sekam mahkota dan sekam kelopak. Sekam padi dapat dijumpai di daerah pedesaan, sebagai hasil samping dari penggilingan padi yang memiliki banyak potensi. Sekam padi tidak mudah terbakar di luar ruangan kecuali udara ditiup kedalamnya. Sekam padi sangat tahan terhadap kelembapan dan pembusukan oleh jamur, yang membuat sekam padi sulit teurai secara alami. Jika sekam padi melalui proses pembakaran akan menghasilkan abu sekam padi. Massa jenis sekam padi cenderung rendah yaitu 70-110 kg/m³, pada saat begetar yaitu 145 kg/m³ atau 180 kg/m³ dalam bentuk briket atau pellet. Oleh karena itu, sekam padi membutuhkan volume yang besar untuk penyimpanan dan transportasi, sehingga transportasi jarak jauh menjadi tidak ekonomis. Kadar abu yang diperoleh saat sekam padi dibakar adalah 17-26%, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar lainnya (kayu 0,2-2%, batu bara 12,2%). Nilai kalori yang dimiliki sekam padi termasuk tinggi dengan rata-rata dari 3410 kkal/kg dan dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi terbarukan [10].

Pada penelitian Isma Masrofah tahun 2017, melakukan perbandingan komposisi sekam padi milik Bose dkk (2016), dengan Bakar dkk (2016), dan diketahui komposisi silika bekisar pada 90% [11]–[13], untuk selengkapnya bisa dilihat pada tabel 1 yang hasilnya berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Sholichuddin tahun 2021 yang ditunjukkan pada tabel 2. Komposisi silika yang dihasilkan melalui pembakaran sekam padi menjadi abu dianalisis menggunakan XRF, hanya berkisar 70%. Namun, kandungan silika tersebut tetap merupakan yang tertinggi diantara kandungan unsur lain yang terdapat dalam abu sekam padi [3].

Tabel 1. Komposisi Limbah Sekam Padi [12], [13]

Komposisi	**Presentase**	
	Bose dkk (2016)	**Bakar dkk (2016)**
SiO_2	86,9 – 96,3	99,083
K_2O	0,58 – 2,5	0,016
Na2O	0 – 1,75	-
MgO	0,12 – 1,96	0,035
P2O5	0,2 – 2,85	0,130
CaO	0,2 – 1,5	0,050
SO3	0,1 – 1,13	0,046
Cl	Tr – 0,42	-
Fe	Tr – 0,56	Fe2O3= 0,017
Al2O3	-	0,605

Tabel 2. Analisis Komposisi Abu Sekam Padi [3]

Kandungan Unsur	**Komposisi**
Si	71,09%
K	16,30%
Ca	6,65%
Ti	0,18%
Mu	1,01%
Fe	3,21%
Cu	0,12%
Zn	0,06%
Ba	0,10%
Eu	0,20%
Re	0,10%

Pengolahan Limbah Sekam Padi

Limbah sekam padi merupakan limbah yang cukup besar dihasilkan dalam industri pertanian, yang merupakan 20% bagian dari padi [14]. Pengolahan limbah dari sekam padi diperlukan agar dapat meminimalisasi pencemaran padi di lingkungan persawahan. Adapun cara untuk mengolah limbah sekam padi telah dilakukan dalam berbagai penelitian. Umumnya, sekam padi hasil panen dijadikan pupuk dengan cara dibakar, atau ada juga yang dijadikan pakan ternak, campuran pembuatan batu bata, dan abu gosok. Sekam padi juga banyak diolah dan dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif. Aldhera dkk, dalam penelitiannya, memanfaatkan limbah sekam padi menjadi arang sekam sebagai pendapatan petani yang bisa dijadikan peluang bisnis untuk meningkatkan pendapatan para petani [15].

Pengolahan sekam padi lebih lanjut yaitu dengan mengekstraksi silika didalamnya mengingat kandungan silika pada limbah sekam padi cukup tinggi sebesar 94-97%, 86,9-96,3%, 70% [3], [11]. Silika tersebut kemudian dimanfaatkan dalam berbagai proses kimia, diantaranya sebagai absorbern, campuran bata ringan [16] dan komponen katalisator. Dalam dunia industri, silika merupakan bahan baku utama, seperti barang pecah belah, pembuatan *chip*, ban industri, karet, semen, keramik, elektronik, cat, kosmetik, pasta gigi, film, manufaktur beton, dan lain-lain. Dengan kandungan silika yang tinggi, abu sekam padi juga dapat digunakan sebagai pengganti semen [17]. Silika yang didapat melalui ekstraksi sekam padi mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan silika mineral, dimana silika sekam padi memiliki butiran yang lebih halus, lebih reaktif, dapat dengan mudah diperoleh dengan biaya yang relatif murah, serta didukung dengan ketersediaan bahan baku yang melimpah dan terbarukan [18].

Pemanfaatan Limbah Sekam Padi

Konsep dari pemanfaatan limbah adalah menjadikannya barang yang berguna. Limbah yang mencemari lingkungan dan bahkan tidak mempunyai nilai ekonomis akan berubah sifatnya menjadi lebih bernilai bila diubah karakteristiknya. Tentunya hal tersebut merupakan alternatif yang menarik di kalangan masyarakat. Beberapa konsep yang dapat diterapkan pada limbah sekam padi antara lain:

a. Sebagai Adsorben pada Air Laut dan Zat Warna

Pada tahun 2019, safitri dkk melakukan suatu penelitian menggunakan abu sekam padi untuk mengetahui kemampuan adsorpsinya terhadap air laut. Sekam padi diperoleh dari salah satu tempat penggilingan padi yang berada di kota Tasikmalaya. Sekam padi dibersihkan terlebih dahulu dengan air bersih serta dimasukkan ke dalam oven pada temperatur10°C agar kering hingga 2 jam. Setelah sekam padi kering, sekam padi diabukan pada temperatur 600°C selama 4 jam dan didapatkan abu sekam padi berwarna putih dan memiliki berat konstan. Aktivasi sekam padi sebagai adsorben dilakukan dengan cara merendam abu sekam padi pada larutan H_3PO_4 4 N selama 24 jam. Selanjutnya dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C. Proses aktivasi merupakan proses yang penting pada pembuatan adsorben. Dengan adanya aktivasi, maka pori-pori adsorben menjadi luas sehingga mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi. Optimasi pada zat warna dilakukan menggunakan warna *titan yellow* hingga kondisi optimum adsorpsi. Diperoleh hasil bahwa abu sekam padi berpotensi sebagai adsorben zat warna dengan persen penurunan sekitar 19,79% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 832,5 μg/g [19].

b. Sebagai Bahan Pengisi (*Filler*) Barang Jadi Karet

Kadar silika yang terkandung pada sekam padi cukup tinggi, yakni berkisar 87-97% yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal salah satunya adalah sebagai Filler karet. Dengan menggunakan teknologi *Fluidized Bed Combustor*, yang memiliki kelebihan seperti bahan bakar relatif hemat, temperatur rendah, dan emisi rendah, sehingga mampu menghasilkan silika dalam bentuk amorf dengan kandungan karbon rendah dalam waktu yang relatif singkat karena intensitas pembakaran dan pencampurannya yang tinggi. Abu sekam padi keluaran FBC berwarna putih bersih, hasil dari pembakaran pada suhu 500-600°C, dengan pengotor karbon yang rendah sekitar tiga persen dengan kandungan kadar SiO 93,75%, K O 1,39%, P O 0,98%, 2 2 5 2 MgO 1,1%, CaO 0,83% dan lainnya 1,95%. Cara yang mudah untuk mengurangi pengotor karbon adalah dengan pengendalian suhu pada pembakaran sekam padi, kemudian ion-ion logam dihilangkan agar didapatkan silika dengan kemurnian tinggi. Pemurnian silika dilakukan karena ion logam dapat menurunkan kualitas silika amorf yang diperoleh terutama pada warna, sehingga dapat menyebabkan oksidasi pada karet. Terdapat tiga tahap untuk pemurnian silika, yaitu dengan pengkelatan, ekstraksi dan presipitasi silika. Penelitian yang

dilakukan Falaah dkk, berhasil menunjukkan bahwa Teknologi FBC mampu memproduksi silika amorf untuk digunakan sebagai bahan pengisi barang jadi karet dengan biaya yang rendah, hemat energi dengan waktu yang cepat [20].

c. Sebagai *Green Inhibitor* pada Baja Karbon dalam Media NaCl

Pada tahun 2022, Septiyani., dkk melakukan suatu penelitian dengan menggunakan abu sekam padi sebagai *green inhibitor* pada baja karbon dalam media NaCl. Abu sekam padi mempunyai kadar silika yang cukup besar yaitu sekitar 87-97%. Sehingga kandungan silika yang ada didalam abu sekam padi dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan suatu korosi pada baja dengan menambahkan green inhibitor dari ekstrak abu sekam padi. Metode pengambilan ekstrasi silika pada abu sekam padi yaitu abu yang telah ditimbang direndam dengan NaOH (Natrium Hidroksida) 5% selama 7 hari dengan tujuan untuk menghilangkan impurities yang ada di abu sekam padi. Setelah melalui proses perendaman, abu sekam padi di saring dan dipanaskan hingga mendapatkan ekstraksi Silika pekat. Kemudian dilakukan uji FTIR pada plat ST 41 untuk mengetahui laju korosi dalam media air laut buatan yaitu menggunakan laurtan NaCl 3% dengan variasi green inhibitor sebanyak 0%, 1%, 3%, 5% dan 7%. Fungsi penambahan green inhibitor akan menyebabkan penurunan laju korosi pada saat plat berada pada proses perendaman didalam larutan NaCl 3,5%. Kemudian dilakukan pengujian korosi potensiodynamic dan uji weight loss, ,pengujian pertama korosi potensiodynamic plat ST 41 direndam kedalam laruan NaCl 3% dengan variasi inhibitor selama 7 hari. sedangkan pengujian kedua weight loss plat ST 41 direndam dengan didalam larutan NaCl 3% dengan dibagi 2 sample yang pertama tanpa inhibitor dan yang kedua menggunakan inhibitor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi green inhibitor pada abu sekam padi berhasil menurunkan koros dan meningkatkan efisiensi inhibis pada plat ST 41, dengan efisiensi penurunan 78,446 %, sehingga pertumbuhan korosi yan ada pada plat ST 41 berkurang [21].

KESIMPULAN

Sekam padi merupakan limbah hasil penggilingan padi yang terpisah dari butir beras, dimana sekam padi memiliki lapisan keras yaitu kariopsis yang terdiri dari dua bentuk daun yaitu sekam mahkota dan sekam kelopak, yang bergabung bersama dan juga terdiri dari 34-44% selulosa, 23-30% lignin, 13-39% U, dan 8-15% air. Adapun dalam kajian pustaka yang sudah dilakukan, limbah sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben pada air laut dan zat warna, sebagai bahan pengisi (*filler*) barang jadi karet, dan sebagai *green inhibitor* pada baja karbon dalam media NaCl.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada rekan setim kami karena telah mau mengerjakan artikel ini dengan sungguh-sungguh dikala kesibukannya menghadapi sidang proposal. Semoga kita semua dapat lulus tepat waktu bersama-sama. Amiin.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementerian Pertanian, “Menggembirakan, Produksi Padi 2020 dan Potensi Januari-April 2021 Naik Dibandingkan Tahun Lalu.” https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=4716 (diakses Jan 12, 2023).

[2] Y. B. Isnaeni Nur Khasanah, Octavia Rizky Prasety, Ika Wirawati, Nialita Rahmadhani, Retno Poerwaningsih, Dicky Muhammad Ramdhani, “Harvest and Rice Production Area In Indonesia 2020,” *Badan Pusat Statistik*, 2021.

[3] M. Imam Sholichuddin, Q. Quraisyien Al-Quraisj, dan N. Dyah Siswati, “Pemanfaatan Silika Xerogel Dari Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Logam Berat Cu Utilization of Silica Aerogel from Rice Husk Ash as Adsorbent of Heavy Metal Cu,” *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XVII*, hlm. 66–73, Agu 2021, [Daring]. Available: http://snsb.upnjatim.ac.id/

[4] E. Pramono, “Limbah Jerami dan Sekam Padi Berpotensi Jadi Bahan Bakar Alternatif - Fakultas Pertanian dan Peternakan,” 2022.

https://fpp.umko.ac.id/2022/03/18/limbah-jerami-dan-sekam-padi-berpotensi-jadi-bahan-bakar-alternatif/ (diakses Jan 11, 2023).

[5] D. R. Mujiyanti, D. Ariyani, dan N. Paujiah, "Kajian Variasi Konsentrasi NaOH dalam Ekstraksi Silika dari Limbah Sekam Padi Banjar Jenis Pandak," *Sains dan Terapan Kimia*, vol. 15, no. 2, hlm. 143–153, Jul 2021, doi: 10.20527/jstk.v15i2.10373.

[6] R. H. Lumingkewas dan A. Husen, "Kadar Limbah Serat Sekam Padi Terhadap Mutu Beton," *TECHNOPEX*, hlm. 243–247, 2021.

[7] F. Faturahman, "Potensi Abu Sekam Padi (ASP) dan Kapur sebagai Material Pozzolan Pengganti Semen Keseluruhan terhadap Kuat Lentur Beton," Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2022.

[8] P. Serat *dkk.*, "Penggunaan Serat Jerami Padi dalam Pembuatan Material Komposit sebagai Alternatif Bahan Bumper Mobil," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 03, hlm. 1–6, Agu 2021, Diakses: Jan 11, 2023. [Daring]. Available: https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/42661

[9] N. P. Tarigan, S. Sembiring, dan L. Rumiyanti, "Karakteristik Struktur, Fungsionalitas dan Sifat Fisis Silika Aspal Dengan Perbandingan 65%: 35%," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 10, no. 2, hlm. 151–158, Jul 2022, doi: 10.23960/JTAF.

[10] A. Chandra, Y. I. P. A. Miryanti, L. B. Widjaja, dan A. Pramudita, "Isolasi dan Karakterisasi Silika dari Sekam Padi," Bandung, 2012.

[11] I. Masrofah, "Kajian Pemanfaatan Silika dari Sekam Padi dalam Pengolahan Limbah Tekstil," *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*, vol. 1, no. 0, hlm. 60–65, Des 2017, doi: 10.35194/JMTSI.V1I0.61.

[12] D. N. Bose, "Innovative process for preparation of multi-crystalline Silicon from rice-husk," *2016 IEEE International Conference on Emerging Technologies and Innovative Business Practices for the Transformation of Societies, EmergiTech 2016*, hlm. 61–63, Nov 2016, doi: 10.1109/EMERGITECH.2016.7737311.

[13] R. A. Bakar, R. Yahya, dan S. N. Gan, "Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk," *Procedia Chem*, vol. 19, hlm. 189–195, Jan 2016, doi: 10.1016/J.PROCHE.2016.03.092.

[14] I. R. Aldhera *dkk.*, "Pemanfaatan Limbah Padi menjadi Arang Sekam sebagai Pendapatan Petani di Desa Plembutan, Playen, Yogyakarta," *Jurnal Atma Inovasia (JAI)*, vol. 2, no. 2, hlm. 199–203, Mar 2022.

[15] F. Rahmiati, G. Amin, dan E. German, "Pelatihan Pemanfaatan Limbah Padi Menjadi Arang Sekam untuk Menambah Pendapatan Petani," *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 5, no. 2, hlm. 159–164, Jun 2019, doi: 10.29244/agrokreatif.5.2.159-164.

[16] D. Zabua dan K. Sinulingga, "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi sebagai Campuran terhadap Kekuatan Batu Bata," *Jurnal Einstein*, vol. 6, no. 2, hlm. 8–13, 2018.

[17] Y. Sandya, Prihantono, dan S. Musalamah, "Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Pengganti Semen pada Beton Geopolimer," *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, vol. 5, no. 2, hlm. 59–63, Des 2019.

[18] J. F. Fatriansyah, F. W. Situmorang, dan D. Dhaneswara, "Ekstraksi Silika dari Sekam Padi: Metode Refluks dengan NaOH dan Pengendapan Menggunakan Asam Kuat (HCl) dan Asam Lemah (CH3COOH)," *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau*, vol. 3, hlm. 123–127, Sep 2018.

[19] D. Ian Safitri, L. Tuslinah, D. Sri Zustika, P. Studi Farmasi, dan Stik. Bakti Tunas Husada Tasikmalaya, "Pemanfaatan Sekam Padi sebagai Adsorben Pada Air Laut dan Zat Warna," *Pharmacoscript*, vol. 2, no. 1, hlm. 45–54, Feb 2019.

[20] A. F. Falaah, A. Cifriadi, dan A. C. Kumoro, "Produksi Silika Amorf dari Sekam Padi untuk Filler Barang Jadi Karet Menggunakan Fluidized Bed Combustor," *Warta Perkaretan*, vol. 35, no. 1, Jun 2016, doi: 10.22302/ppk.wp.v35i1.93.

[21] L. Buatan, D. A. Eka Septiyani, dan D. Muliastri, "Pemanfaatan Ekstrak Abu Sekam Padi Sebagai Green Inhibitor Pada Baja Karbon Dalam Media NaCl," *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, vol. 14, no. 01, hlm. 32–38, Jun 2022, doi: 10.33504/MANUTECH.V14I01.205.