

Pemanfaatan Abu Tongkol Jagung dan Abu Tempurung Kelapa dalam Pembuatan Pupuk Kalium Silika dengan Metode Sol-Gel

Pangih Syambudi*, Anerasari Meidinariasty, Yulianto Wasiran

Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

*Koresponden email: pangih.syam@gmail.com

Diterima: 22 Agustus 2024

Disetujui: 27 Agustus 2024

Abstract

South Sumatra is a province with high agricultural productivity. One of the largest agricultural products is corn and coconut, which is quoted from the website of the Lampung Province Food Security, Food Crops and Horticulture Office in 2021, which states that South Sumatra Province is one of the 10 largest corn producing provinces in Indonesia. With this in mind, the researcher conducted a study using the silica content of corn cobs and coconut husk waste as raw material for the production of potassium silica fertilizer using the sol-gel method. The potassium silicate fertilizer was produced by reacting KOH with corncob ash and coconut husk ash, which were varied. This is because the independent variables used are the concentration of KOH (4M, 6M) and the composition ratio of corn cob ash and coconut shell ash (10:40, 20:30, 25:25, 30:20, 40:10). The final result gave the best sample with more coconut shell ash composition than corn cob ash and higher KOH concentration. The sample formed 12.7 grams of final product with potassium content of 8821 mg/L and water content of less than 1%. As for the silica content in 4:1 coconut shell ash, there is approximately 73.2% silica.

Keywords: *potassium, silica, sol-gel method, fertilizer, moisture*

Abstrak

Sumatera Selatan merupakan Provinsi dengan produktifitas hasil pertanian yang melimpah. Salah satu hasil pertanian terbesar adalah jagung dan kelapa yang mana dikutip dari laman website Dinas Ketahanan Pangan, Tanaman Pangan, dan Hortikultura Provinsi Lampung pada tahun 2021 menyatakan bahwa Provinsi Sumatera Selatan merupakan salah satu dari 10 provinsi penghasil jagung terbanyak di Indonesia. Berdasar pada latar belakang tersebut maka peneliti melakukan penelitian dengan memanfaatkan kandungan silika pada limbah tongkol jagung dan tempurung kelapa tersebut sebagai bahan baku pembuatan pupuk kalium silika menggunakan metode sol-gel. Pada pembuatan pupuk kalium silika ini, KOH direaksikan dengan abu tongkol jagung dan abu tempurung kelapa yang sudah divariasikan. Hal tersebut dikarenakan variable bebas yang digunakan adalah konsentrasi KOH (4M, 6M) dan perbandingan komposisi abu tongkol jagung serta abu tempurung kelapa (10:40, 20:30, 25:25, 30:20, 40:10). Hasil akhir didapatkan sampel terbaik dengan komposisi abu tempurung kelapa lebih banyak dibanding abu tongkol jagung serta konsentrasi KOH yang lebih tinggi. Dimana dalam sampel tersebut terbentuk 12,7 gram produk akhir dengan kandungan kalium 8821 mg/L dan kandungan air kurang dari 1%. Sedangkan untuk kadar silika dalam 4:1 abu tempurung kelapa terdapat kurang lebih 73,2% silika.

Kata kunci : *kalium, silika, metode sol-gel, pupuk, kadar air*

1. Pendahuluan

Sumatera Selatan merupakan Provinsi dengan produktifitas hasil pertanian yang melimpah dimana salah satunya adalah jagung, yang mana ditinjau dari data Badan Pusat Statistik (BPS) menyatakan bahwa luas panen jagung di Sumatera Selatan mencapai 49.715 hektar dengan produksi sebesar 319.803,02 ton pada tahun 2023. Tongkol jagung memiliki kandungan selulosa 40 - 45%, hemiselulosa 30 - 35% dan lignin 10-20% [10] sedangkan abu tongkol jagung mengandung silika lebih dari 60% dengan sejumlah kecil unsur-unsur logam [10].

Selain kaya akan hasil pertanian berupa jagung, Provinsi Sumatera Selatan juga memiliki Perkebunan kelapa yang luas, dikutip dari website ANTARA (Kantor Berita Indonesia) menyatakan bahwa Provinsi Sumatera Selatan memiliki kebun kelapa dengan luas 65.242 hektare dan produksi mencapai 57.570 ton kopra atau setara 230,28 juta butir kelapa per tahun. Dengan potensi ekspor 50 persen sabut dapat memberikan keuntungan devisa senilai Rp71,96 miliar. Akan tetapi untuk kondisi saat ini masih banyak limbah organik dari tongkol jagung maupun tempurung kelapa yang masih belum termaksimalkan dalam pemanfaatannya. Padahal terdapat satu hal yang sangat penting yaitu sifat keras pada tempurung kelapa disebabkan banyaknya kandungan silika (SiO₂) yang terdapat pada tempurung [17]. Berdasarkan penelitian terdahulu, silika memiliki

peranan dalam meningkatkan pH tanah dan menurunkan kandungan Al-dd dimana pada hasil uji tanah dengan dosis pupuk kalium silikat 2.50% mampu meningkatkan K-dd dan Si tersedia [16].

Dengan melihat latar belakang masalah serta data hasil penelitian terdahulu tersebut, peneliti berencana untuk memanfaatkan kandungan silika pada limbah tongkol jagung dan tempurung kelapa tersebut sebagai bahan baku pembuatan pupuk kalium silika dengan metode sol-gel. Hal tersebut dikarenakan kedua limbah tersebut memiliki kandungan silika yang cukup tinggi dibandingkan dengan tanaman lain dan masih belum termanfaatkan secara maksimal. Kemudian bisa menghasilkan produk pupuk yang lebih bagus dibanding penelitian yang ada sebelumnya.

2. Metode Penelitian

Preparasi fly ash Tempurung Kelapa dan Tongkol Jagung

Fly ash direndam dalam air panas selama 120 menit bertujuan untuk mengekstrak kandungan organik yang larut dalam air sehingga tidak menjadi pengotor dalam proses ekstraksi nantinya. Setelah 120 menit *fly ash* kemudian disaring, dikeringkan dengan oven pada suhu 120°C selama 7 jam.

Analisa Kadar Silika dengan Metode Gravimetri

Menimbang 5 gram sampel abu yang telah dipreparasi serta disesuaikan dengan perbandingan komposisi masanya lalu masukkan ke dalam gelas kimia. Lalu menambahkan akuades secukupnya lalu tambahkan HCl pekat sebanyak 20 ml dan HNO₃ pekat sebanyak 10 ml. Kemudian memanaskan dengan suhu 100°C dengan kecepatan pengadukan 250 rpm. Tunggu sampai volume menjadi setengah volume awal atau kering dan ditambahkan akuades secukupnya. Selanjutnya Mendinginkan sampel lalu saring menggunakan kertas saring *whatman*. Dilanjutkan dengan menyiapkan dan menimbang cawan porselin kosong. Lalu memasukkan sampel ke dalam cawan porselin lalu keringkan menggunakan oven sampai menjadi abu kembali kurang lebih 2 jam. Selanjutnya mendinginkan menggunakan desikator lalu timbang kembali sampel tersebut.

$$\text{Kadar Silika} = \frac{(\text{Berat sampel awal+cawan})-(\text{Berat sampel akhir+cawan})}{\text{Berat sampel awal}} \times 100\%$$

Ekstraksi Silika dengan Metode Presipitasi

Menimbang sampel sesuai dengan komposisi abu TK:TJ kemudian merendamnya dalam larutan 200 mL KOH 4 M, 6 M. Lalu panaskan sampel hingga mendidih dan aduk menggunakan *magnetic steerer* dengan kecepatan 150-200 rpm lalu dinginkan selama 90 menit. Kemudian sampel yang sudah dingin disaring dengan kertas saring, dan untuk filtrat yang mengandung silika terlarut dimasukan kedalam gelas kimia. Kemudian untuk mengendapkan silika dalam filtrat tersebut maka tambahkan larutan HCL pekat secara bertahap menggunakan pipet ukur hingga pembentukan endapan silika berhenti dengan rentang pada kondisi pH netral atau pH 7. Setelah itu saring endapan silika dari sisa filtrat cair dan dicuci dengan aquadest panas agar pH menjadi netral apabila terjadi kelebihan asam. Silika yang diperoleh selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 120 menit.

Analisa Kadar Air (SNI 06-3730-1995)

Menyiapkan cawan penguapan kemudian oven selama kurang lebih 1 jam atau sampai massanya konstan. Kemudian cawan penguapan yang telah di-oven dimasukkan ke dalam desikator untuk didinginkan selama 30 menit. Selanjutnya menimbang cawan penguapan tersebut dalam kondisi kosong, kemudian menambahkan padatan hasil ekstraksi dan ditimbang kembali. Lalu sampel tersebut dipanaskan dalam oven selama kurang lebih 2 jam lalu kemudian masukkan ke dalam desikator untuk didinginkan selama kurang lebih 30 menit. Kemudian menimbang kembali sampel beserta cawan penguapan tersebut.

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat arang awal} - ((\text{berat cawan+arang}) - \text{berat cawan kosong})}{\text{berat arang awal}} \times 100\%$$

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Penelitian pembuatan pupuk kalium silika menggunakan abu tongkol jagung dan abu tempurung kelapa ini telah dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya sehingga didapatkan data hasil penelitian sebagai berikut. Dimana dalam penelitian ini dilakukan sebanyak 4 jenis Analisa utama mulai dari Analisa kandungan silika yang terdapat dalam abu dengan menggunakan metode gravimetri, Analisa kandungan kalium dalam produk fasa cair dengan menggunakan spektrofotometri serapan atom, Analisa kandungan air dengan metode pengovenan sesuai standar SNI, kemudian Analisa massa produk akhir yang dihasilkan. Selain itu peneliti juga mengecek nilai pH dari produk yang dihasilkan.

Tabel 1. Analisa Kandungan Silika dengan Metode Gravimetri

Sampel	Variabel			Hasil Analisa	
	Massa TK:TJ (gram)	HCl (ml)	HNO ₃ (ml)	Mass Akhir Abu (gram)	Kandungan Silika (%)
1	4:1	10	5	3,66	73,2
2	3:2	10	5	3,64	72,8
3	2,5:2,5	10	5	3,62	72,4
4	2:3	10	5	3,59	71,8
5	1:4	10	5	3,58	71,6

Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

Tabel 2. Analisa Uji Kandungan Kalium

Sampel	Variabel			Hasil Analisa	
	Massa TK:TJ (gram)	KOH (M)	HNO ₃ (ml)	Volume Sampel (ml)	Kandungan Kalium (mg/L)
1	40:10	4	5	100	6412
2	30:20	4	5	100	6516
3	25:25	4	5	100	6319
4	20:30	4	5	100	6911
5	10:40	4	5	100	6610
6	40:10	6	5	100	8219
7	30:20	6	5	100	8280
8	25:25	6	5	100	8431
9	20:30	6	5	100	8628
10	10:40	6	5	100	8821

Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

Tabel 3. Analisa Produk Akhir Pupuk Kalium Silika

Sampel	Variabel			Hasil Analisa		
	Massa TK:TJ (gram)	KOH (Molaritas)	pH Awal	pH Akhir	Massa Akhir Pupuk (gram)	
1	40:10	4	8-9	7	7,73	
2	30:20	4	8-9	7	7,60	
3	25:25	4	8-9	7	5,23	
4	20:30	4	8-9	7	5,62	
5	10:40	4	8-9	7	4,94	
6	40:10	6	10-11	7	12,78	
7	30:20	6	10-11	7	12,72	
8	25:25	6	10-11	7	12,37	
9	20:30	6	10-11	7	10,12	
10	10:40	6	10-11	7	7,41	

Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

Tabel 4. Analisa Kadar Air

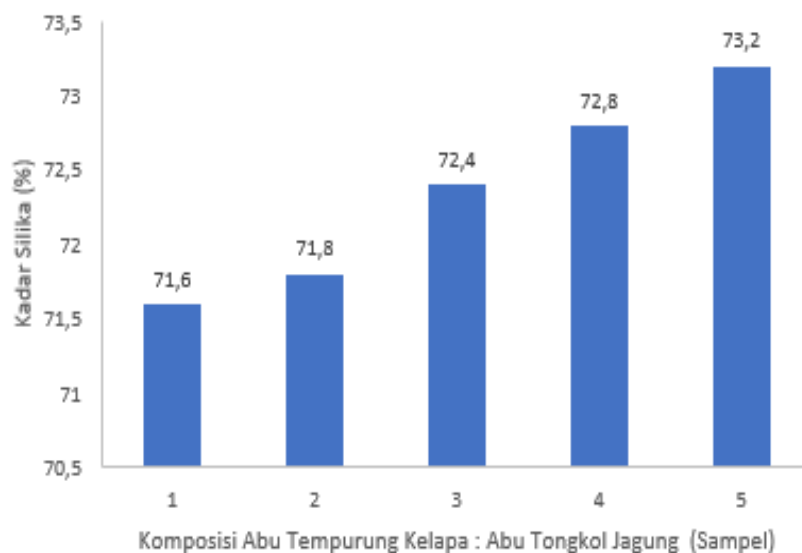
Sampel	Variabel		Hasil Analisa	
	Massa Awal (gram)	Suhu (°c)	Mass Akhir (gram)	Kadar Air (%)
1	7,78	100	7,73	0,64
2	7,65	100	7,60	0,65
3	5,25	100	5,23	0,38
4	5,65	100	5,62	0,53
5	4,96	100	4,94	0,40
6	12,87	100	12,78	0,69
7	12,83	100	12,72	0,85
8	12,45	100	12,37	0,64
9	10,18	100	10,12	0,58
10	7,45	100	7,41	0,53

Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

Pembahasan

Hasil kadar silika yang didapatkan merupakan hasil perbandingan komposisi campuran antara abu tempurung kelapa dan abu tongkol jagung dengan perbandingan sampel 1 (1:4 gram), sampel 2 (2:3 gram), sampel 3 (2,5:2,5 gram), sampel 4 (3:2 gram), dan sampel 5 (4:1 gram) yang kemudian data disajikan dalam grafik 3.1. Dilihat pada grafik dibawah bahwa kadar silika hasil Analisa memiliki nilai yang cukup konstan akan tetapi mengalami penurunan yang signifikan pada sampel 2 yaitu 71,8 persen. Dan juga kadar silika dalam abu tempurung kelapa lebih tinggi dibanding dengan abu tongkol jagung. Dimana dalam campuran 10 gram abu tempurung kelapa dan 40 gram abu tongkol jagung terhitung kadar silika sebesar 71,16 persen sedangkan pada campuran 40 gram tempurung kelapa dan 10 gram abu tongkol jagung terhitung kadar silika sebesar 73,2 persen.

Semakin tinggi kandungan silika yang ada maka semakin bagus untuk produk pupuk nantinya, hal tersebut dikarenakan kandungan silika ini memiliki manfaat yang baik bagi tumbuhan mulai dari mampu mempercepat laju fotosintesis pada tanaman, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama yang sering muncul pada tanaman, membuat pembuatan dinding sel pada tanaman, serta membantu membentuk batang yang kokoh pada tanaman tersebut. Selain itu kandungan silika juga mampu mencegah terjadinya stress abiotic pada tanaman.

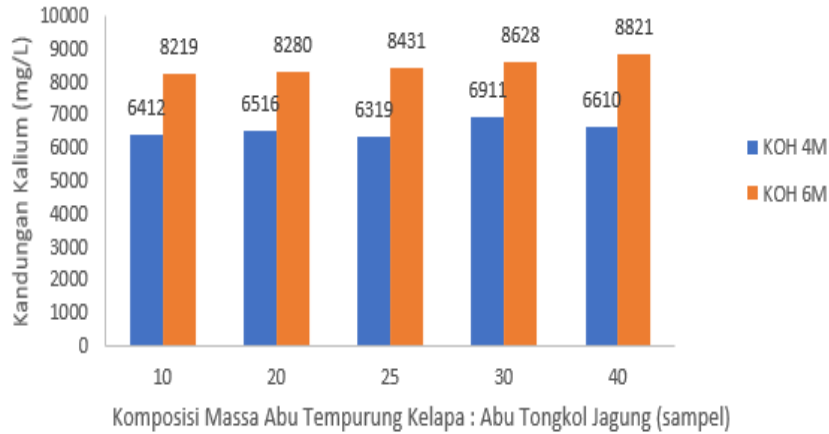


Gambar 1. Grafik Kadar Silika

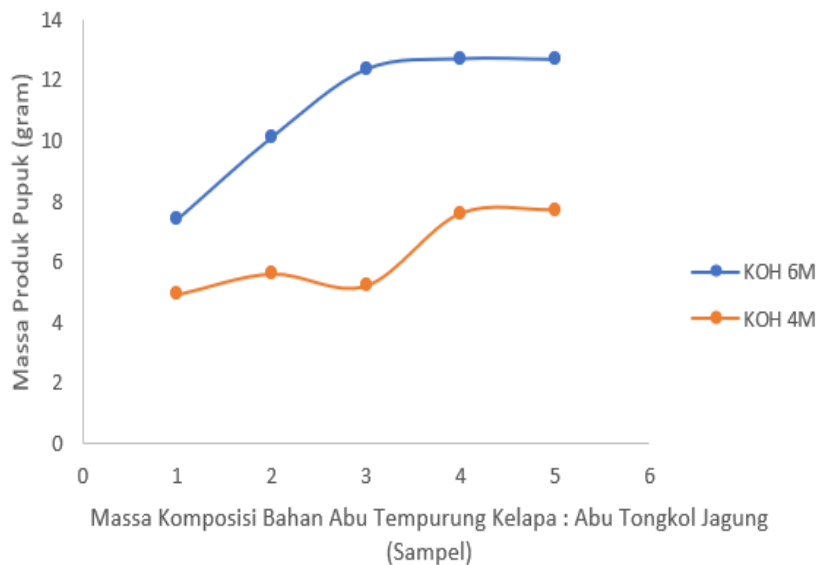
Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

Tahap selanjutnya barulah dilakukan ekstraksi dengan metode presipitasi untuk menghasilkan padatan pupuk kalium silika. Abu yang telah dipreparasi sebelumnya ditambahkan kalium hidroksida (KOH) dengan konsentrasi 4M dan 5M dengan total sampel keseluruhan ada 10 sampel. Campuran abu yang sudah dipreparasi ditimbang sesuai dengan perbandingan kebutuhan lalu tambahkan KOH dan panaskan menggunakan *hotplate* sampai mendidih dengan kecepatan pengadukan 250 rpm serta jangan lupa tutup gelas kimia dengan aluminium foil agar kalium Hidroksida (KOH) tidak menguap dan cepat bereaksi dengan silika yang ada didalam abu sehingga terbentuk ikatan K_2SiO_3 . Setelah mendidih, diamkan selama 90 menit dan dilanjutkan dengan penyaringan menggunakan kertas saring. Filtrat cair hasil saringan kemudian diuji pH dan analisa kadar kalium menggunakan alat spektrofotometri serapan atom. Akan tetapi sebelum diuji pada alat, filtrat perlu untuk didestruksi terlebih dahulu menggunakan metode SNI 6989-69:2009.

Kemudian untuk hasil analisa kalium menggunakan alat spektrofotometri serapan atom dapat dilihat pada **Gambar 2**. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwasanya ada perbedaan yang signifikan untuk analisa kandungan kalium ini antara KOH dengan konsentrasi 4M dan 6M dimana pada kondisi tersebut KOH dengan konsentrasi lebih tinggi memiliki kandungan kalium yang lebih tinggi. Selain itu dilihat pada grafik bahwa semakin banyak komposisi abu tempurung kelapa juga semakin banyak juga kandungan kalium yang terikat dengan nilai kandungan kalium tertinggi adalah 6911 mg/L untuk KOH 4M dan 8821 mg/L untuk KOH 6M. Jumlah kandungan kalium yang berbeda-beda kemungkinan besar diakibatkan adanya unsur kalium pada abu.



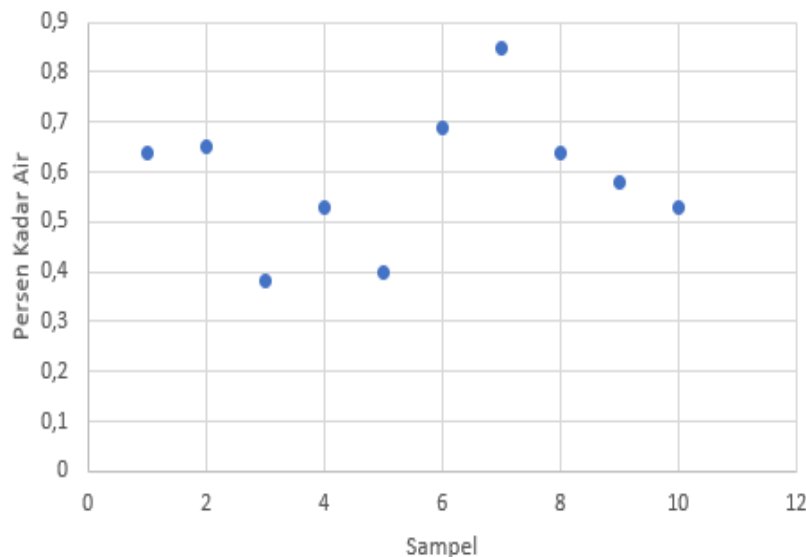
Gambar 2. Grafik Kadar Kalium pada Filtrat Pupuk Cair
 Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)



Gambar 3. Grafik Massa Produk Pupuk Kalium Silika yang dihasilkan
 Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

Tahap terakhir pembuatan pupuk ini adalah dengan penambahan HCl untuk menetralkan pH menjadi 7 sekaligus pembentukan padatan K_2SiO_3 atau pupuk kalium silika padat. Semakin tinggi konsentrasi KOH yang digunakan maka semakin banyak HCl yang digunakan pula. Padatan pupuk kalium silika terbentuk setelah penambahan HCl sebanyak lebih dari 35 ml. Padatan tersebut kemudian disaring dan dibilas dengan akuades untuk menetralkan pH lalu disaring menggunakan kertas saring. Pupuk kalium silika padat kemudian di-oven sampai kering dan hilang kadar air. Sembari proses tersebut berjalan, dilakukan juga uji kadar air dengan metode pengeringan atau peng-ovenan dimana cawan porselin yang digunakan di-oven terlebih dahulu selama 2 jam kemudian dimasukkan ke desikator lalu ditimbang, kemudian letakkan pupuk pada cawan dan ditimbang kembali, selanjutnya barulah dimasukkan ke dalam oven sampai kering. Dan hasil akhir produk pupuk kalium silika padat ini dihasilkan data seperti **Gambar 3**.

Berdasarkan data pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi kalium hidroksida (KOH) maka akan semakin banyak pula pupuk kalium silika yang terbentuk. Hal tersebut berbanding lurus dengan komposisi abu pada abu tempurung kelapa terhadap pembentukan pupuk kalium silika. Dimana Semakin banyak kandungan silika dan kalium yang digunakan maka semakin banyak pula pembentukan ikatan pupuk kalium silika (K_2SiO_3) yang dihasilkan.



Gambar 4. Grafik Persen Analisa Kadar Air
 Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

Sedangkan untuk hasil analisa kadar air didapatkan nilai dibawah 1% kadar air dengan nilai kadar air terendah adalah 0,38% pada sampel 3 dan tertinggi 0,85% pada sampel 7 dimana hal tersebut selaras dengan syarat pupuk padatan yang tertera pada SNI 2809 Tahun 2014 yang menyatakan bahwa kadar air maksimum pada pupuk kalium adalah 1%. Lalu hasil analisa persen kadar air pada sampel lainnya yaitu sampel 1 (0,64%), sampel 2 (0,65%), sampel 4 (0,53%), sampel 5 (0,4%), sampel 6 (0,69%), sampel 8 (0,64%), sampel 9 (0,58%), dan sampel 10 (0,53%).

4. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian pembuatan pupuk kalium silika yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa, pupuk kalium silika ini dibuat menggunakan bahan campuran abu tempurung kelapa dan abu tongkol jagung sebagai sumber utama silika, sedangkan untuk kandungan kalium diambil dari kalium hidroksida yang nantinya akan terbentuk ikatan K_2SiO_3 . Dan untuk hasil analisa kadar silika menggunakan uji gravimetri menunjukkan bahwa kadar silika terbesar terdapat pada abu tempurung kelapa dibanding abu tongkol jagung dimana dalam abu tempurung kelapa terdapat kadar silika sebanyak 73,2% sedangkan dalam abu tongkol jagung hanya terdapat kadar silika sebesar 71,6%. Kemudian untuk hasil analisa kadar kalium menggunakan spektrofotometri serapan atom menunjukkan bahwa kadar kalium pada KOH 6M lebih besar dibanding KOH 4M dimana kadar kalium terbesar pada KOH 6M sebesar 8821 mg/l sedangkan pada KOH 4M sebesar 6911 mg/l.

Serta hasil analisa kadar air menggunakan metode pengovenan SNI 06-3730-1995 didapatkan nilai kadar air pupuk kalium silika padat kurang dari 1% dan berdasarkan SNI 02-2809-2005 tentang pupuk kalium sulfat maka kadar air tersebut telah memenuhi syarat pupuk padat kalium. Dan hasil untuk massa akhir pupuk kalium silika padat yang dihasilkan dengan jumlah terbanyak dan terbaik adalah pada pupuk kalium silika dengan komposisi bahan campuran abu tempurung kelapa 40 gram dan abu tongkol jagung 10 gram dengan konsentrasi KOH 6M.

5. Ucapan Terima Kasih

Segala puji dan Syukur kepada Allah SWT karena atas limpahan berkah dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Demikian juga saya ucapkan terimakasih banyak atas bantuan tenaga pengajar, PLP serta seluruh pihak yang berjasa dalam penelitian ini hingga akhir terutama Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memfasilitasi saya dalam melaksanakan penelitian ini.

6. Akronim

TJ	Tongkol Jagung
TK	Tempurung Kelapa
KOH	Kalium Hidroksida
SNI	Standar Nasional Indonesia

DLHK Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan
POLSR I Politeknik Negeri Sriwijaya

7. Referensi

- [1] Adziimaa, A. F., Risanti, D.D., dan Mawarni. L.J, “Sintetis Natrium Silikat dari Lumpur Lapindo sebagai Inhibitor Korosi,” *Jurnal Teknik POMITS* Vol. 1 (1): 1-6, 2016.
- [2] Andreas A. dkk, “Sintesis Nanosilika dari Sekam Padi Menggunakan Metode Sol Gel dengan Pelarut Etanol,” In Skripsi. Universitas Negeri Makassar, 2022.
- [3] Apriyani, V., Girsang, T.A.S., Sirait, R.J. & Simatupang, L., “Combination of Sinabung Volcanic Ash and Humic Acid Against Characteristics of Humid Silica Fertilizer,” *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 2(7): 108-110, 2019.
- [4] Azmi,N, “Analisis Parameter-Parameter pada Air Limbah, Batu- Bara, dan Pasir Kuarsa,” In Skripsi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Makassar, 2016.
- [5] Evan dkk, “Pembuatan Nanosilika yang Disintesis dari Abu Sekam Padi pada Variasi pH Sol Gel,” In Skripsi. Universitas Diponegoro, 2022.
- [6] Ginting. R.D. Simamora.W.S. Ramadhan. A. & Simatupang. L, “Pengaruh Metode Perendaman dan Refluks Dalam Meningkatkan Kadar Silika Abu Vulkanik Gunung Sinabung,” Vol 12(2), 84-92, 2018.
- [7] Mautuka Z.A. dkk, “Pemanfaatan Biochar Tongkol Jagung Guna Perbaikan Sifat Kimia Tanah Lahan Kering,” *Jurnal Lingkungan* Vol 2 No 1,2022.
- [8] Miftah,H dkk, “Pembuatan Pupuk Kalium Sulfat dalam Meningkatkan Produktifitas Umbi” *Jurnal Pertanian* Vol 3 No 13, 2020.
- [9] Moenandar, S dkk, “Pupuk Kalium Silika Dengan Proses Kalsinasi Berbasis Batuan Trass,” In Skripsi. Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional Jawa Timur, 2019.
- [10] Mohanraj, K., Kannan, S., and Barathan, S., Sivakumar, G., “Preparation and Characterization of Nano SiO₂ from Corn Cob Ash by Precipitation Method,” *Optoelectronics and Advanced Materials*, 6, (3-4); 394-397, 2012.
- [11] Munasir, S. A., Triwikantoto, M. Zainuri, Darminto, “Synthesis of Silica Nanopowder from Slopeng Natural Sands via Alkalifussion Route,” *Energies Engineering. AIP Conf. Proc.* 1555, 28; doi: 10.1063/1.4820986, 2013.
- [12] Norsuraya. S. Fazlena, H. & Norhasyimi. R, “Sugarcane Bagasse As A Renewable Source Of Silica To Synthesize Santa Barbara Amorphous-15 (SBA-15),” *Procedia Engineering*. 148: 839-846, 2016.
- [13] Novianti, W., Purosongka, dkk, “Karakteristik Batuan Sedimen Berdasarkan Analisis Petrografi Pada Formasi Kalibeng Anggota Banyak,” *Bulletin of Scientific Contribution: Geologi* 13 (1), 2019.
- [14] Nuntiya, N. T. A. A, “Preparation of Nanosilica Powder from Rice Husk Ash by Precipitation Method,” *Chiang Mai J. Sci.*, 35 (1); 206-211 35 (1) (Nano Silica): 6, 2012.
- [15] Trianasari. 2017. Analisis Dan Karakterisasi Kandungan Silika (SiO₂) Sebagai Hasil Ekstraksi Batu Apung (Pumice). In Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- [16] Velmurugan, P., Shim, J., etc, “Extraction, Characterization, and Catalytic Potential of Amorphous Silica from Corn Cobs by Sol-Gel Method,” *J. Ind. Eng. Chem*, 29 (25); 298-303, 2015
- [17] Zurriatina, Sari, R., dan Nahar, “Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Baku Natrium Silikat,” *Journal of science and technology*, Vol.17 No.01, Juni 2019