

## SINTESIS NATRIUM SILIKAT DARI ABU HASIL GASIFIKASI SEKAM PADI

Ani Purwanti<sup>1\*</sup>, Mukasi Wahyu Kurniawati<sup>2</sup>, Niza Faradilla<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas AKPRIND Indonesia,

e-mail: <sup>1</sup>ani4wanti@akprind.ac.id, <sup>2</sup>mukasi@akprind.ac.id, <sup>3</sup>nzfaradilla@gmail.com

### ABSTRACT

Soil degradation in Indonesia due to excessive use of chemical fertilizers leads to a decline in soil quality, increased toxicity, and environmental damage, which negatively impacts crop productivity. This study aims to synthesize sodium silicate from gasified rice husk ash as an alternative organic fertilizer and to determine the optimal operational conditions for the synthesis process. Organic fertilizers have the potential to improve soil structure and reduce compaction, while nano-fertilizer technology offers efficiency in nutrient release. The research was conducted in the Chemical Engineering Operations Laboratory at Universitas AKPRIND Indonesia, with varying soaking times in a 2 M NaOH solution of 45, 60, 75, and 90 minutes. The results indicate that the optimal soaking time for sodium silicate synthesis is 45 minutes, yielding 0.6 grams of sodium silicate with a yield of 12%. The increase in NaOH concentration is associated with the solubility of sodium silicate, but the results show the presence of unreacted excess NaOH. This study underscores the importance of optimizing soaking time and NaOH concentration to enhance the efficiency of sodium silicate production from rice husk ash and contributes to the development of more environmentally friendly and sustainable organic fertilizers within the context of modern agriculture. Furthermore, this research has the potential to open opportunities for farmers to reduce their dependence on chemical fertilizers, thereby supporting environmental sustainability. The implementation of sodium silicate as an organic fertilizer can improve soil health and crop quality. Additionally, the findings are expected to contribute to sustainable agricultural policies in Indonesia. Finally, the utilization of rice husk ash as a source of sodium silicate will enhance the added value of agricultural waste and support more efficient natural resource management.

**Keywords:** rice husk ash, gasification, silica synthesis.

### INTISARI

Kerusakan tanah di Indonesia akibat penggunaan pupuk kimia secara berlebihan menyebabkan penurunan kualitas tanah, peningkatan toksisitas, dan kerusakan lingkungan, yang berdampak negatif terhadap produktivitas tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis natrium silikat dari abu sekam padi hasil gasifikasi sebagai alternatif pupuk organik serta untuk menentukan kondisi operasi optimal dalam proses sintesis tersebut. Pupuk organik berpotensi memperbaiki struktur tanah dan mengurangi pemadatan, sementara teknologi pupuk nano menawarkan efisiensi dalam pelepasan nutrisi. Penelitian dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia, Universitas AKPRIND Indonesia, dengan variasi waktu perendaman dalam larutan NaOH 2 M selama 45, 60, 75, dan 90 menit. Hasil menunjukkan bahwa waktu perendaman optimal untuk sintesis natrium silikat adalah 45 menit, menghasilkan 0,6 gram natrium silikat dengan yield 12%. Peningkatan konsentrasi NaOH berhubungan dengan kelarutan natrium silikat, tetapi hasilnya menunjukkan adanya kelebihan NaOH yang tidak bereaksi. Penelitian ini menegaskan pentingnya optimasi waktu perendaman dan konsentrasi NaOH dalam meningkatkan efisiensi produksi natrium silikat dari abu sekam padi, serta kontribusi terhadap pengembangan pupuk organik yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam konteks pertanian modern. Penelitian ini juga berpotensi membuka peluang bagi petani untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, sehingga mendukung keberlanjutan lingkungan. Implementasi natrium silikat sebagai pupuk organik dapat meningkatkan kesehatan tanah dan kualitas tanaman. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap kebijakan pertanian berkelanjutan di Indonesia. Akhirnya, pemanfaatan abu sekam padi sebagai sumber natrium silikat akan meningkatkan nilai tambah limbah pertanian dan mendukung pengelolaan sumber daya alam yang lebih efisien.

**Kata kunci:** abu sekam padi, gasifikasi, sintesis silika.

## 1. PENDAHULUAN

Tanah di Indonesia mengalami kerusakan yang signifikan akibat penggunaan intensif pupuk kimia. Penerapan pupuk kimia yang berlebihan menyebabkan berbagai masalah, termasuk penurunan kualitas tanah, peningkatan kadar racun, dan kerusakan lingkungan. Penggunaan pupuk kimia yang tidak terkendali mengurangi kandungan nutrisi alami tanah, yang berdampak buruk pada pertumbuhan tanaman. Peningkatan toksisitas tanah juga mempengaruhi mikroorganisme penting yang berperan dalam dekomposisi dan penyerapan nutrisi tanaman, sehingga produktivitas tanah menurun, tanaman menjadi lebih rentan terhadap penyakit, dan hasil panen berkurang. Selain itu, pencemaran tanah juga menurunkan kualitas air tanah dan meningkatkan risiko terhadap kesehatan manusia.

Kerusakan lingkungan akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan juga merusak ekosistem, mengurangi keanekaragaman hayati, dan mencemari sumber air. Namun, Indonesia memiliki potensi besar dalam sumber pupuk organik yang berasal dari limbah peternakan, pertanian, perikanan, dan industri lainnya. Pupuk organik mampu melepaskan nutrisi secara perlahan, serta membantu memperbaiki struktur tanah dan mengurangi pemadatan tanah. Teknologi pupuk nano juga dapat menjadi solusi, dengan kemampuannya melepaskan nutrisi secara terkontrol dan efisien, yang bisa membantu menekan biaya pupuk impor yang tinggi.

Indonesia, sebagai salah satu produsen padi terbesar dunia, menghasilkan banyak limbah sekam padi. Sekam padi dapat dimanfaatkan dalam berbagai cara, seperti untuk pakan ternak, bahan bakar, dan pupuk. Dengan teknologi yang tepat, sekam padi bahkan dapat diubah menjadi sumber energi biomassa melalui proses gasifikasi (Pranoto, dkk. 2022; Susastriawan, dkk., 2022). Gasifikasi sekam padi berpotensi menghasilkan energi terbarukan yang besar, dengan kapasitas energi biomassa Indonesia diperkirakan mencapai 35,6 GW, di mana sekam padi berkontribusi sebesar 3,84 GW (Maarif & Harahap, 2017).

Natrium silikat, yang memiliki banyak kegunaan di industri seperti detergen, tekstil, keramik, semen, pembuatan komposit nanosilika-kitosan sebagai pupuk untuk tanaman padi (Lasindrang, 2018), serta sintesis komposit fiber-silika (Muhammad, dkk., 2020) dapat diproduksi dari abu sekam padi. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis natrium silikat dari abu sekam padi melalui proses peleburan dengan NaOH, dan menentukan kondisi operasi yang optimal untuk menghasilkan natrium silikat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi produksi natrium silikat dari sekam padi.

Abu sekam padi, yang dihasilkan melalui proses pembakaran seperti gasifikasi, mengandung fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg), serta merupakan sumber silika (Si) yang tinggi. Kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dalam abu sekam padi berkisar antara 87% hingga 97% (Rahmatullah, dkk., 2022), menjadikannya bahan baku yang potensial untuk produksi natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), yang banyak digunakan dalam industri seperti detergen, tekstil, keramik, dan pengecoran.

Gasifikasi adalah proses yang digunakan untuk mengubah bahan bakar padat, seperti sekam padi, menjadi bahan bakar gas (syngas). Pembakaran syngas lebih mudah dikendalikan dalam hal laju dan suhu, serta menghasilkan emisi yang lebih bersih dibandingkan pembakaran bahan bakar padat. Sekam padi memiliki ukuran yang relatif seragam dengan kadar air rendah sehingga lebih unggul dibandingkan dengan biomassa yang lain sebagai umpan gasifikasi (Dewi & Ardhitama, 2020).

Natrium silikat, atau water glass, merupakan senyawa yang terdiri dari ion natrium ( $\text{Na}^+$ ) dan ion silikat ( $\text{SiO}_3^{2-}$ ), dengan variasi struktur anion silikat bergantung pada perbandingan molar  $\text{Na}^+$  dan  $\text{SiO}_2$ . Senyawa ini membentuk padatan yang larut dalam air, menjadikannya sangat berguna dalam berbagai aplikasi industri.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan eksperimen yang menggunakan abu sekam padi hasil gasifikasi untuk sintesis natrium silikat. Proses penelitian dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia, Universitas AKPRIND Indonesia, dengan memanfaatkan sejumlah peralatan seperti *furnace*, *magnetic stirrer*, dan berbagai alat gelas lainnya. Variasi waktu perebusan abu sekam padi dalam larutan NaOH yang digunakan adalah 45 menit, 60 menit, 75 menit, dan 90 menit.

Prosedur penelitian ini yaitu mulai dari pemanasan abu sekam padi dengan HCl 2 M pada suhu 120°C, kemudian dilakukan pencucian hingga mencapai pH netral, diikuti dengan proses kalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam. Selanjutnya, abu sekam hasil kalsinasi dicampur dengan larutan NaOH 2 M dan dipanaskan pada suhu 90°C dengan waktu pemanasan yang berbeda. Filtrat yang dihasilkan diatur tingkat keasamannya (pH) dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan endapan yang terbentuk dicuci, disaring, serta dikalsinasi kembali pada suhu 500°C selama 3 jam.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Abu sekam padi hasil gasifikasi yang memiliki karakteristik fisik berwarna kehitaman ditimbang sebanyak 100 gram. Abu sekam padi ini kemudian direndam selama 30 menit dalam larutan HCl 2 M sebanyak 500 mL pada suhu 120°C di dalam labu leher tiga yang dilengkapi kondensor, dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 150 rpm. Penggunaan HCl dalam proses ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor dari sampel dengan cara mengikat senyawa-senyawa pengotor tersebut (Ramadhani, dkk., 2021). Setelah perendaman, abu

sekam padi dicuci dengan air panas hingga mencapai kondisi netral. Setelah proses pencucian, abu sekam padi dikalsinasi di dalam *furnace* pada suhu 500°C selama 4 jam. Tujuan dari kalsinasi ini adalah untuk menghilangkan zat-zat yang tidak diinginkan, termasuk bahan volatil dan air, serta membentuk senyawa oksida yang diharapkan (Rahmi, 2024). Pembakaran sekam padi di dalam *furnace* bertujuan untuk mengonversi komponen organik menjadi gas karbondioksida dan air, sehingga silika yang tersisa berasal dari komponen anorganik yang ada (Mujiyanti *et al.*, 2021).

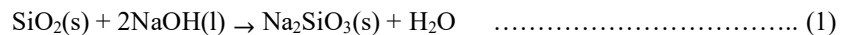
Setelah proses kalsinasi, abu sekam padi yang dihasilkan memiliki berat 27 gram dengan warna abu-abu. Langkah selanjutnya adalah menghitung rendemen abu sekam padi. Rendemen merupakan rasio antara jumlah produk yang dihasilkan dengan jumlah awal bahan, dinyatakan dalam persen (Mujiyanti *et al.*, 2021) menggunakan rumus kadar abu sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{Abu Sekam}}{\text{Sekam}} \times 100\%$$

Persentase berat abu sekam padi dengan menggunakan suhu kalsinasi 500°C adalah sebanyak 27% dari berat semula. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmi (2024), yakni penggunaan suhu kalsinasi 600°C didapatkan persentase berat abu sekam padi sebanyak 26,02% dari berat semula. Hal ini menunjukkan bahwa suhu kalsinasi mempengaruhi berat abu sekam padi yang dihasilkan. Penggunaan suhu yang tinggi pada proses kalsinasi bertujuan untuk mengurangi kandungan senyawa organik di dalamnya sehingga silika yang dihasilkan dapat lebih murni. Hanya saja penggunaan suhu tinggi harus disesuaikan dengan bahan yang akan diproses di dalam *furnace*, seperti pada kalsinasi pasir kuarsa. Proses kalsinasi pada pasir kuarsa hanya membutuhkan waktu selama 2 jam dengan suhu 105°C yang disebabkan karena jumlah pengotor yang terdapat di dalamnya jauh lebih sedikit (Ramadhani dkk., 2021).

Abu sekam padi yang diperoleh dari proses kalsinasi seberat 27 gram kemudian ditimbang sebanyak 5 gram untuk setiap sampel, lalu dilarutkan dalam 10 mL NaOH 2 M di dalam gelas beaker. Larutan ini diaduk menggunakan batang pengaduk hingga tercampur secara homogen. Setelah mencapai homogenitas, larutan dipindahkan ke labu leher tiga yang dilengkapi dengan kondensor dan diaduk menggunakan magnetic stirrer pada suhu 90°C dan kecepatan 150 rpm selama variasi waktu percobaan (45, 60, 75, dan 90 menit). Selanjutnya, larutan disaring dengan corong Büchner dan dicuci menggunakan air panas. Proses pencucian dilakukan di atas magnetic stirrer untuk menjaga pengadukan yang konsisten, sambil menambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> secara terkontrol untuk mempercepat penetralan. Setelah larutan mencapai pH netral, disaring kembali dengan corong Büchner dan dimasukkan ke dalam kurs keramik. Sampel kemudian mengalami kalsinasi ulang dalam *furnace* pada suhu 500°C selama 3 jam. Pemilihan suhu peleburan ini didasarkan pada titik leleh NaOH, yaitu 318°C, yang memungkinkan disosiasi sempurna NaOH menjadi ion Na<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> (Ayuni, dkk., 2024).

Selain NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan KOH juga dapat digunakan dalam sintesis silika dari abu sekam padi, namun keduanya memerlukan suhu yang lebih tinggi akibat titik leleh yang lebih tinggi: Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pada 851°C dan KOH pada 406°C. Penelitian oleh Utary *et al.* (2023) menunjukkan bahwa suhu peleburan paling optimal adalah 700°C dengan waktu peleburan selama 5 jam, yang menghasilkan *yield* produk sebesar 84%. Pada suhu ini, karbon hampir sepenuhnya teroksidasi, meningkatkan kandungan silika dalam abu. Hal ini menegaskan bahwa suhu dan durasi peleburan merupakan faktor penting dalam menentukan kondisi optimal untuk produksi natrium silikat. Natrium silikat yang dihasilkan dari proses kalsinasi memiliki bentuk bubuk berwarna putih keabu-abuan (Trivana, dkk., 2015) dengan reaksi kimia sebagai berikut:



Natrium silikat dalam bentuk murni tidak memiliki warna atau berwarna putih. Namun, jika natrium silikat tampak berwarna putih keabu-abuan, putih kehijauan, atau putih kebiruan, ini menunjukkan adanya kontaminan di dalamnya (Ramadhani, dkk., 2021). Hal ini menandakan bahwa natrium silikat yang diperoleh belum sepenuhnya murni. Dalam penelitian optimasi yang dilakukan, ditemukan adanya pengaruh dari waktu perendaman abu sekam padi dalam NaOH 2 M, yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Persentase Hasil Natrium Silikat terhadap Lama Waktu Perendaman Abu Sekam Padi dalam NaOH

| Variabel                  | Lama Waktu Perendaman (Menit) |               |               |               |
|---------------------------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                           | 45                            | 60            | 75            | 90            |
| Bentuk Natrium Silikat    | Bubuk                         | Bubuk         | Bubuk         | Bubuk         |
| Warna                     | Putih keabuan                 | Putih keabuan | Putih keabuan | Putih keabuan |
| Massa Natrium Silikat (g) | 0,6                           | 0,4           | 0,4           | 0,3           |
| % Hasil                   | 12%                           | 8%            | 8%            | 6%            |

Hasil sintesis natrium silikat menunjukkan bahwa peningkatan waktu perendaman dalam NaOH 2 M berhubungan dengan penurunan persentase natrium silikat yang dihasilkan. Fenomena ini terjadi karena perendaman yang terlalu lama dapat mengurangi efisiensi hasil (Putra dkk., 2022). Waktu perendaman yang paling efektif untuk memperoleh natrium silikat maksimal adalah 45 menit, dengan hasil mencapai 0,6 gram. Selain durasi perendaman, konsentrasi NaOH yang digunakan juga berpengaruh terhadap kondisi optimal dalam sintesis natrium silikat. Penelitian oleh Ramadhani, dkk. (2021) dengan tujuan untuk mengetahui sintesis natrium silikat yang efektif dan mengetahui kondisi optimum natrium silikat dari kelarutannya dalam air, berdasarkan analisis XRF, ditemukan bahwa metode sintesis natrium silikat lebih efektif pada suhu tinggi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan variasi konsentrasi NaOH, kondisi optimum hasil natrium silikat diperoleh dengan menambahkan NaOH dengan konsentrasi 4M (Tabel 2).

**Tabel 2.** Persen Hasil Natrium Silikat Berdasarkan Konsentrasi NaOH dalam Penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani, dkk. (2021)

| Variabel                  | Konsentrasi NaOH (M) |               |                 |                 |                 |
|---------------------------|----------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                           | 2                    | 3             | 4               | 5               | 6               |
| Bentuk Natrium Silikat    | Butiran kasar        | Bubuk         | Bubuk           | Bubuk           | Bubuk           |
| Warna                     | Putih keabuan        | Putih keabuan | Putih kehijauan | Putih kehijauan | Putih kehijauan |
| Massa Natrium Silikat (g) | 7.1856               | 8.7869        | 9.9580          | 11.7798         | 13.5268         |
| % Hasil                   | 70.11%               | 85.74%        | 97.17%          | 114.95%         | 131.99%         |

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH yang ditambahkan berbanding lurus dengan persentase hasil natrium silikat yang dihasilkan. Temuan ini bertentangan dengan persamaan reaksi dan perhitungan teoritis yang menyatakan bahwa 5 gram silika yang dicampur dengan NaOH seharusnya menghasilkan 10,248 gram natrium silikat. Kelebihan persentase hasil ini mengindikasikan adanya NaOH yang tidak bereaksi dengan silika, yang juga berdampak pada kualitas kelarutan natrium silikat dalam air. Dengan meningkatnya konsentrasi NaOH, tingkat kelarutan natrium silikat dalam air juga meningkat, karena konsentrasi natrium hidroksida yang lebih tinggi dapat melarutkan lebih banyak silika. Namun, pada titik jenuh tertentu, kelarutan akan stabil dan tidak meningkat lagi (Ramadhani, dkk., 2021).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kondisi operasi optimum untuk sintesis natrium silikat dari abu sekam padi hasil gasifikasi adalah dengan lama waktu perendaman dalam NaOH selama 45 menit. Durasi perendaman dalam larutan NaOH berpengaruh signifikan terhadap massa natrium silikat yang dihasilkan. Dalam hal ini, waktu yang terlalu pendek dapat mengakibatkan reaksi yang tidak lengkap, sementara waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan penurunan hasil yang optimal. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan mempertahankan waktu perendaman pada 45 menit, proses sintesis dapat mencapai hasil yang maksimal, yang juga berimplikasi pada efisiensi penggunaan bahan baku dan pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan. Selain itu, hasil ini memberikan wawasan penting untuk pengembangan metode sintesis natrium silikat yang lebih efisien dan ramah lingkungan, serta membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut mengenai variabel lain yang dapat memengaruhi hasil sintesis tersebut.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada pihak Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas AKPRIND Indonesia atas bantuan pendanaannya untuk pelaksanaan penelitian ini dan juga kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ayuni, H.R., Adrianto, D., & Krismayadi (2024). Pemanfaatan limbah sekam padi (*Oriza sativa* L.) sebagai pengisi pada tablet yang dibuat dengan granulasi kering. *Indonesian Journal of Health Science*, 4(5), 441-452.
- Dewi, R.P. & Ardhitama, M.B. (2020, Oktober). Kajian potensi sekam padi sebagai energi elternatif pendukung ketahanan energi di wilayah Magelang. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan* (1540-1546). Fakultas Teknik, Universitas Tidar.
- Lasindrang, M. (2018). Komposit nanosilika-kitosan “Pupuk lepas-lambat Si untuk tanaman padi”. Yogyakarta: Zahir Publishing.
- Maarif, S. & Harahap, S. (2017). Optimasi gasifikasi sekam padi tipe *fixed bed downdraft* dengan bervariasikan

- hisapan blower supaya menghasilkan kandungan tar sesuai standar. *Jurnal Teknik Mesin (JT)*, 06, 231-243.
- Muhammad, A.A., Venisia, D.A., & Dewati, R. (2020). Sintesis komposit fiber-silika dari abu sekam padi dan pulp dengan metanol. *Jurnal Teknik Kimia*. 10(1). 34-38.
- Mujiyanti, D.R., Ariyani, D., & Lisa, M. (2021). Silica Content Analysis of Siam Unis Husk from South Kalimantan. *Indonesian Journal of Chemical Research (Indo. J. Chem. Res.)*, 9(2), 81-87.
- Putra, E.A.P., Makmur, A., Rahmayanti, & Malau, A. (2022). Pengaruh waktu dan konsentrasi NaOH pada ekstraksi silika (SiO<sub>2</sub>) dari limbah *fly ash* batubara. *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, 1(2), 56-59.
- Pranoto, B., Pandin, M., Fithri, S.R., & Nasution, S. (2013). Peta potensi limbah biomassa pertanian dan kehutanan sebagai basis data pengembangan energi terbarukan. *Jurnal Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, 12(2), 123-130.
- Rahmatullah, Bahri, S., Ginting, Z., Suryati, & Nurlaila, R. (2022). Pengaruh Suhu dan Waktu Pembakaran terhadap Kadar Silika dari Abu Sekam Padi. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh* (995-1002). Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Rahmi. (2024). Sintesis silika alam dari kalsinasi sekam padi. *Jurnal Pendidikan dan Sains*, 4(1), 63-70.
- Ramadhani, I., Oktavia, B., Putra, A., & Sanjaya, H. (2021). Penentuan kondisi optimum pembentukan natrium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) menggunakan material dasar silikat alam dan natrium hidroksida (NaOH). *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 10(2), 22-26.
- Susastriawan, A.A.P., Purwanti, A., & Rahayu, S.S. (2022). Konversi Limbah Sekam Padi menjadi *Compressed Producer Gas*. *Serambi Engineering*, 7(4), 3707-3708.
- Trivana, L., Sugiarti, S., & Rohaeti, E. (2015). Sintesis dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dari Sekam Padi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 7(2). 66-75.
- Utary, C.M., Nurlaila, R., Ibrahim, I., Sylvia, N., & Meriatna. (2023). Pengaruh waktu dan suhu pembakaran abu sekam padi pada proses ekstraksi silika dengan pelarut NaOH. *Chemical Engineering Journal Storage* Vol.3, No.4. Hal 469-480.