



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 3 Nomor 5 Tahun 2023 Page 901-912

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

## Pembuatan Nanosilikon dari Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Katalis untuk Proses Hidrogenasi Air

Riki Wahyudi<sup>1✉</sup>, Robert Junaidi<sup>2</sup>, Erwana Dewi<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknologi Kimia Industri

Politeknik Negeri Sriwijaya, Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang

Email: [rikiwahyudi29072022@gmail.com](mailto:rikiwahyudi29072022@gmail.com)<sup>1✉</sup>

### Abstrak

Hidrogen memberikan kontribusi penting dalam menyediakan energi untuk masa depan. Hidrogen adalah pasokan bahan baku yang melimpah, memiliki tingkat energi  $H_2$  286 kJ / mol, dan juga bermanfaat bagi lingkungan. Dengan komposisi  $SiO_2$  60%, abu cangkang sawit diketahui mengandung sejumlah besar silika. Penciptaan nanosilikon adalah salah satu kegunaan potensialnya. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanosilikon, memurnikannya menggunakan berbagai konsentrasi zat pereduksi, kemudian menggunakan nanosilikon murni untuk menghasilkan hidrogen menggunakan berbagai konsentrasi NaOH. Variasi dalam rasio silika-aluminium pada 1: 0,25, 1: 0,5, 1: 0,8, dan 1: 1 diperlukan untuk isolasi nanosilikon. Konsentrasi NaOH dalam proses produksi hidrogen juga disesuaikan menjadi 2 M, 2,5 M, 3 M, dan 3,5 M. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode presipitasi untuk ekstraksi silika, metode metalotermal untuk isolasi nanosilikon, pemurnian HCl nanosilikon, dan hidrogenasi NaOH. Aluminium dan silika direduksi dalam tungku selama tiga jam pada suhu 850°C untuk menghasilkan nanosilikon. Dengan intensitas 5517 cps dan hasil 93%, rasio silika terhadap aluminium 1: 1 menghasilkan hasil terbaik dalam sintesis nanosilikon. Dengan bantuan nanosilikon yang diperoleh, hidrogen dapat diproduksi dengan kandungan gas hidrogen 421 ppm pada rasio nanoSi: NaOH 3,5 M. Mengingat sifat hidrogen yang menguntungkan secara ekologis dan potensi untuk menggunakan bahan yang tersedia seperti abu cangkang sawit untuk pembuatan nanosilikon, penelitian ini dapat memiliki konsekuensi untuk penyediaan energi di masa depan.

Kata Kunci : *Nanosilikon, Silika, Abu Cangkang Kelapa Sawit, Hidrogen, Metode Metalotermal*

## Abstract

Hydrogen contributes a significant role in providing energy for the future. Hydrogen is an abundant supply of raw materials, has a 286 kJ/mol H<sub>2</sub> energy level, and is also environmentally beneficial. With a 60% SiO<sub>2</sub> composition, palm kernel shell ash is known to contain a significant amount of silica. The creation of nanosilikon is one of its potential uses. The present research aims to synthesize nanosilikon, purify it using various concentrations of reducing agent, then use the purified nanosilikon to generate hydrogen using various NaOH concentrations. Variations in the silica-to-aluminum ratio at 1:0.25, 1:0.5, 1:0.8, and 1:1 are required for the isolation of nanosilikon. The NaOH concentration in the hydrogen production process is also adjusted to 2 M, 2.5 M, 3 M, and 3.5 M. The methodology employed in this study includes the precipitation method for silica extraction, a metalothermal method for nanosilikon isolation, HCl purification of nanosilikon, and NaOH hydrogenation. Aluminum and silica are reduced in a furnace for three hours at a temperature of 850°C to produce nanosilikon. With an intensity of 5517 cps and a yield of 93%, a 1:1 silica to aluminum ratio produces the best results in the synthesis of nanosilikon. With the help of the obtained nanosilikon, hydrogen may be produced with a 421 ppm hydrogen gas content at a nanoSi:NaOH ratio of 3.5 M. Given the ecologically favorable properties of hydrogen and the potential to use readily available materials like palm kernel shell ash for the creation of nanosilikon, this research could have ramifications for the provision of energy in the future.

Keyword : *Nanosilikon; Silica; Palm Shell Ash; Hydrogen; Methalothermal Method*

## PENDAHULUAN

Komponen utama dari sumber energi masa depan adalah hidrogen (H<sub>2</sub>). Hidrogen memiliki tingkat energi 286 kJ/mol H<sub>2</sub> (Shwetharani, R., Nagaraju, D.H., Geetha Balakrishna, R. & Suvina, V., 2019), merupakan sumber bahan baku yang melimpah, dan juga bermanfaat bagi lingkungan. Negara-negara masih mengandalkan bahan bakar fosil, yang memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Misalnya, di banyak negara, emisi dari pembakaran bahan bakar fosil adalah penyebab utama polusi udara. Unsur paling sederhana dan paling umum di Bumi adalah hidrogen. Itu bisa dibuat menggunakan teknik termasuk biomassa, air, dan bahan bakar fosil. Selain berguna sebagai bahan bakar untuk kendaraan dan operasi hidrogenasi, hidrogen juga dapat terbentuk ketika karbon dioksida direaksikan dengan menghasilkan metana dan metanol.

Produksi hidrogen dibagi menjadi 2 metode, yaitu elektrolisis dan non-elektrolisis. Menggunakan arus listrik yang mengalir melalui air, elektrolisis mengubah air (H<sub>2</sub>O) menjadi gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) (Achmad, H 1992). Penelitian (Wahyono Yoyon, Heri Sutanto & Eko Hidayanto 2017) menunjukkan bahwa karena proses elektrolisis untuk melarutkan senyawa air berlangsung lambat, katalis diperlukan untuk mempercepat reaksi dan meningkatkan jumlah gas hidrogen yang dihasilkan. Di sisi lain, non-elektrolisis

menggunakan katalis sesuai dengan cara reaksinya.

Menggunakan wadah minuman aluminium sampah dari Pocari Sweat, dengan berat 2 gram, dan menyesuaikan konsentrasi katalis dari 2-6 N dengan volume larutan 100 mL, Sri Wahyuni dkk melakukan percobaan pembuatan hidrogen. Akibatnya, mampu menghasilkan 1,0818 liter hidrogen menggunakan konsentrasi katalis 6 N. Mereka sampai pada kesimpulan bahwa lebih banyak hidrogen diciptakan pada konsentrasi katalis NaOH yang lebih tinggi. Tetapi juga mencatat bahwa kurang hemat biaya untuk menggunakan banyak katalis. Penelitian ini menyoroti proses memproduksi hidrogen dari aluminium dapat sampah dan menekankan pentingnya memilih konsentrasi katalis yang tepat. Sementara generasi hidrogen yang ditingkatkan dapat dihasilkan dari konsentrasi katalis yang lebih tinggi, ini harus diimbangi dengan faktor ekonomi untuk memastikan efisiensi proses. Penelitian ini mengklarifikasi strategi prospektif untuk memproduksi hidrogen dari bahan yang dapat didaur ulang, yang dapat mengarah pada tindakan masa depan yang lebih ramah lingkungan (Wahyuni, Sri, Lukman Hakim, & Fikri Hasfita 2016).

Karena permukaan partikel logam ditutupi dengan oksigen, analisis Suwarno dkk tentang kemampuan penyimpanan hidrogen bubuk magnesium dengan ukuran partikel 0,3 mm dan 60 m menghasilkan temuan yang buruk. Logam magnesium perlu diaktifkan dengan mencucinya dengan larutan  $\text{NH}_4\text{F}$  0,15M selama satu jam untuk memungkinkan prosedur hidrasi yang sukses. Amonia dan asam fluorida digabungkan untuk menciptakan larutan  $\text{NH}_4\text{F}$ , yang memiliki konsentrasi  $\text{NH}_4\text{F}$  0,15M. Perangkat hidridasi yang dirancang penulis, yang dapat berfungsi pada suhu tinggi dan tekanan vakum serendah  $1 \times 10^{-7}$  mbar, digunakan untuk menyimpan hidrogen. Menurut kapasitas penyimpanan potensial sekitar 7,6% dari berat logam magnesium, teknik hidrasi magnesium aktif diantisipasi untuk memungkinkan penyerapan hidrogen. Penelitian ini menunjukkan upaya untuk meningkatkan kapasitas untuk menyimpan hidrogen menggunakan magnesium aktif dan menekankan pentingnya membangun dan menyempurnakan peralatan penyulingan hidrogen. Tujuannya adalah untuk menghasilkan penyimpanan hidrogen yang efektif, yang penting untuk penciptaan sumber energi yang berkelanjutan dan bersih. Para peneliti dapat memajukan teknologi berbasis hidrogen dengan lebih memahami karakteristik dan perilaku bahan penyimpanan hidrogen seperti magnesium aktif (H. Suwarno 2013).

Dalam penelitian uji coba produksi hidrogen, Nurmahdani dkk menggunakan silikon dari fly ash untuk membuat silikon, memurnikan silikon dengan jumlah zat pereduksi yang bervariasi, dan kemudian menggunakan silikon untuk menghasilkan hidrogen dengan konsentrasi NaOH yang bervariasi. Pada penelitian ini, campuran silika:magnesium dengan perbandingan 1:0,5, 1:0,8, dan 1:1 digunakan untuk mengisolasi silikon. Selain itu, produksi

hidrogen dengan konsentrasi 2 M, 2,5 M, dan 3 M menggunakan variasi NaOH yang berbeda. Teknik yang digunakan termasuk metode presipitasi untuk ekstraksi silika, metode metalotermal untuk mengisolasi silikon, penggunaan HCl untuk memurnikan silikon, dan penggunaan NaOH untuk menghasilkan hidrogen. Dengan mereduksi silika dengan magnesium dan kemudian memanaskannya hingga suhu 650 ° C selama tiga jam, silikon diproduksi. Rasio 1: 1 dengan intensitas 1905 cps dan hasil 92% adalah hasil terbaik untuk sintesis silikon. Hidrogen yang dihasilkan dari Si 1:1 ini kemudian digunakan untuk menghasilkan gas dengan konsentrasi 2,647 ppm. Gas yang dipulihkan masih dianggap berkualitas rendah, karena penggunaan alat dan prosedur dasar (Nurmahdani Eti, Robert Junaidi & Indah Purnamasari 2022).

Kandungan silika dalam tandan buah kosong dari sektor kelapa sawit dilaporkan tinggi dibandingkan dengan limbah padat lainnya dari industri kelapa sawit. Bahan-bahan yang termasuk dalam tandan buah kosong pohon sawit yang digunakan untuk membuat minyak sawit adalah sebagai berikut: Si 58,02%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8,7%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2,6%, CaO 12,65%, MgO 4,23%, Na<sub>2</sub>O 0,41%, K<sub>2</sub>O 0,72%, dan H<sub>2</sub>O 1,97% (Karimullah Rizki, Rina Elvia & Hermansyah Amir 2022). Dibandingkan dengan limbah padat industri kelapa sawit lainnya, tandan buah kosong mengandung kandungan silika tertinggi. Tandan buah yang telah dikosongkan setelah pembakaran lebih lanjut mengungkapkan bahwa tingkat SiO<sub>2</sub> telah mencapai sekitar 60% (Mussabek, Gauhar, Sergei A. Alekseev, Anton I, dkk 2020).

Untuk mendapatkan silika dengan kemurnian tinggi, prosedur pencucian asam yang menggunakan 10% HCl dilakukan setelah abu tandan buah kosong dari minyak sawit diekstraksi (Retnosari, Agustin 2013), yang melakukan optimasi ekstraksi silika dengan metode presipitasi, mengklaim bahwa konsentrasi 3M NaOH adalah pengaturan ideal untuk menghasilkan sejumlah besar silika. Silika yang dihasilkan digunakan dalam pembuatan silikon serta penyerap, pupuk, dan kegunaan lainnya. Memanfaatkan teknik reduksi seperti metalotermal, silikon dapat diproduksi dengan mengisolasi silika.

Metode metalotermal adalah hubungan tegak lurus antara log input dan log output. Logaritma khas yang digunakan sebagai reduktor adalah Mg dan Al. Penggunaan magnesium sebagai reduktor (Nazilah, Ainun, Novita Andarini, dan Tanti Haryati 2015) menghasilkan silikon dengan presentase 5,6% pada saat reaksi, tetapi logam magnesium terus bersentuhan dengan oksigen bebas-area, mencegah reduplikasi SiO<sub>2</sub> berlangsung secara murni, menurut (Sugiarto Nanang. 2015) Penelitian menggunakan aluminium sebagai reduktor. Kadar silikon Hasil Metalotermis yang diperoleh menunjukkan bahwa silikon yang diperoleh dari Hasil reaksi Metalotermis cukup besar, yaitu 7,23% Penelitian ini akan dilakukan untuk menghilangkan silikon menggunakan metode berbasis logam yang

menghasilkan aluminium. Suhu dan waktu ideal untuk pembuatan silika menggunakan metode metalotermal sederhana masing-masing adalah 850°C dan 3 jam (Subakti, Anisah., B. Malino, Mariana., Nurhasanah. 2013). Ini adalah hasil dari peleburan aluminium pada 850 °C. Metode metalotermal digunakan karena murah dan agak kuat (Subhan, Ahmad., Oemry, Achiar., Ginting, Masno., dkk 2002).

Silikon berguna dalam banyak aspek kehidupan sehari-hari. Menurut studi oleh (Swihart, M. T. 2003), silikon skala nano dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen dari bahan baku seperti air dan larutan alkali seperti NaOH dan KOH. Partikel silikon ini bereaksi dengan air untuk menghasilkan asam silikat dan hidrogen, yang keduanya memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan bakar dan sumber energi. Bahan yang menjanjikan untuk pemisahan air fotoelektrokimia dan fotokatalitik untuk membuat hidrogen adalah struktur nanosilikon. Dibandingkan dengan magnesium hidrida komposit (MgH<sub>2</sub>, Mg-oksida, Mg<sub>2</sub>Si, Mg-grafit), logam natrium, dan elektroda yang terbuat dari susunan silikon nano dan berbagai katalis dan struktur silikon berpori, hidrogen diproduksi menggunakan metode sederhana dan terjangkau (Mussabek, Gauhar, Sergei A. Alekseev, Anton I, dkk 2020).

Penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang sintesis nanosilikon dari abu cangkang sawit dengan perubahan substansial dalam konsentrasi NaOH untuk meningkatkan hasil gas hidrogen berdasarkan fakta dan latar belakang masalah.

## METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang. Tiga bulan diperkirakan akan berlalu selama fase studi. Kajian pustaka dilakukan dengan mengumpulkan data dari jurnal online dan akademik.

Sebuah tungku, oven, wadah porselen, pengaduk magnetik, stopwatch, keseimbangan digital, corong kaca, spatula, pengaduk kaca, kertas saring, gelas kimia, silinder pengukur, hotplate, labu Erlenmeyer, pipet pengukur, filter membran aluminium foil, dan mortar adalah beberapa peralatan yang digunakan. Abu cangkang sawit, NaOH, HCl, aluminium, dan air suling adalah komponen yang digunakan dalam penelitian ini.

Awalnya, abu cangkang sawit direndam dalam air panas selama 2 jam untuk mengekstrak bahan organik yang larut dalam air agar tidak mengganggu proses ekstraksi silika. Setelah 2 jam, abu cangkang sawit disaring, dikeringkan, dan kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 120°C selama 6 jam.

150 mL 3 M NaOH digunakan untuk merendam 25 gram abu cangkang sawit. Sampel dipanaskan selama tiga jam pada suhu antara 65 dan 70°C sambil diaduk pada 150 rpm.

Filtrat, yang mengandung silika larut, kemudian dikumpulkan setelah sampel telah disaring. Untuk mengendapkan silika, HCl pekat diterapkan pada filtrat. Untuk mengendapkan silika, HCl pekat diterapkan pada filtrat. Sampai tidak ada lagi presipitasi silika, HCl secara bertahap ditambahkan. PH sekitar 7 digunakan untuk penambahan HCl. Untuk menghilangkan asam ekstra, endapan yang dihasilkan dipisahkan dan dibilas dengan air suling panas. Untuk menghilangkan kelembaban, silika yang diperoleh melalui proses ini dikeringkan dalam oven selama sekitar 4 jam pada suhu 100-110°C.

Sampel silika murni diperoleh dan dimasukkan ke dalam wadah porselen untuk proses metalotermal pembuatan nanosilikon. Bubuk magnesium ditambahkan ke dalam campuran untuk pengurangan rasio 1: 0, 25 (silika ke Al). Memanfaatkan pengaduk, campuran silika dan magnesium dihomogenisasi. Setelah itu, campuran dipanaskan selama tiga jam pada suhu 850°C. Prosedur reduksi diulang menggunakan beberapa rasio silika terhadap aluminium (silika ke Al) dalam zat pereduksi: 1:0,5, 1:0,8, dan 1:1.

Langkah-langkah berikut diambil untuk memurnikan sampel nanosilikon setelah proses reduksi: Gelas kimia diisi dengan 150 mL HCl 2 M setelah sampel dari prosedur reduksi ditambahkan ke dalamnya. Campuran tersebut kemudian dimasak selama tiga jam pada suhu 80°C sambil diaduk. Bahan tersebut kemudian didinginkan dan disaring melalui kertas saring membran. Padatan dan filtrat dipisahkan selama proses filtrasi. Padatan dikeringkan dan ditimbang setelah dibilas dengan air suling sampai menjadi netral. Setelah prosedur reduksi, sampel nanosilikon diperiksa menggunakan X-Ray Diffraction (XRD).

Beratnya 2 gram nanosilikon menghasilkan sampel yang digunakan dalam aplikasi untuk produksi hidrogen. Memasang reaktor dengan nanosilikon 25 mL larutan NaOH ditambahkan ke reaktor menghubungkan wadah pengumpulan gas ke reaktor untuk mengumpulkan gas hidrogen yang dihasilkan. Kemudian, suhu dinaikkan menjadi sekitar 60°C dan reaksi antara nanosilikon dan larutan NaOH dilakukan dalam reaktor berpengaduk pada 100 rpm selama sekitar 10 menit. Alat ukur detektor multigas digunakan untuk mengevaluasi gas hidrogen yang telah dikumpulkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

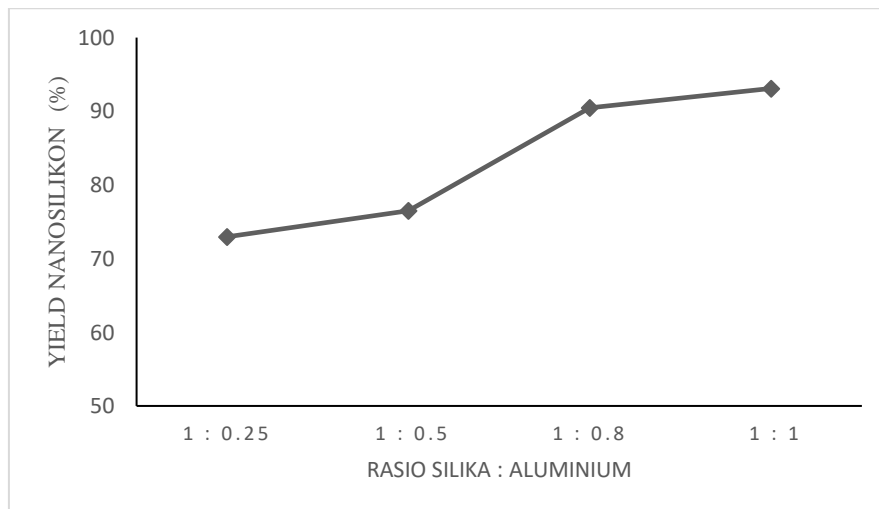
### a. Pengaruh Rasio Silika:Aluminium terhadap nanosilikon yang di hasilkan

Tabel 1 menunjukkan hasil pembuatan nanosilicon berdasarkan pengaruh rasio silika dan aluminium yang diterapkan.

Tabel 1 Hasil Analisis Produk Nanosilikon (nSi)

Kode Sampel	SiO <sub>2</sub> :Al		Suhu (°C)	Waktu (jam)	Nano Si (gr)	%Yield	Hasil Pemeriksaan
	Rasio	Berat (gr)					<i>Intensity nSi</i> (cps)
nSi1	1:0,25	12,5	850°C	3	9,12	72,96	325
nSi2	1:0,5	15			11,47	76,46	624
nSi3	1:0,8	18			16,29	90,5	2353
nSi4	1:1	20			18,62	93,1	5517

Pengaruh rasio silika:aluminium terhadap yield nanosilikon dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.

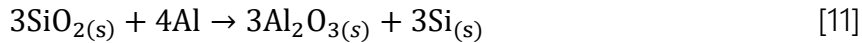


Sumber 1 : Pengaruh rasio silika:aluminium terhadap yield nanosilikon

Sumber 1 menunjukkan bahwa modifikasi dalam rasio Silika: Aluminium meningkatkan hasil Nanosilicon dalam empat sampel. Nanosilicon yang dihasilkan tumbuh dalam ukuran dengan meningkatnya konsumsi aluminium. Hasil maksimum pada rasio 1: 1 adalah 93%. Dalam metode metalotermal, aluminium berfungsi sebagai zat pereduksi untuk membuat nanosilicon, dan produk reaksi lainnya selain silikon dapat dengan mudah dihilangkan menggunakan prosedur pencucian HCl (Nazilah, Ainun, Novita Andarini, dan Tanti Haryati 2015). Penelitian serupa dilakukan oleh (Sugiarto Nanang. 2015) dengan rendemen 20,7161% dan densitas 2,195 g/cm<sup>3</sup> yang dihasilkan oleh teknik isolasi metalotermal nanosilicon pada suhu 850°C.

Produk reduksi yang dihasilkan adalah padatan berwarna abu-abu dan putih. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

(aluminium oksida) adalah padatan putih yang dihasilkan, dan silikon polikristalin adalah padatan abu-abu. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> akan larut dalam air selama prosedur pencucian air dan HCl, sedangkan aluminium yang tersisa akan larut dalam HCl. Seperti yang ditunjukkan dalam reaksi berikut, aluminium mereduksi silika menjadi silikon:



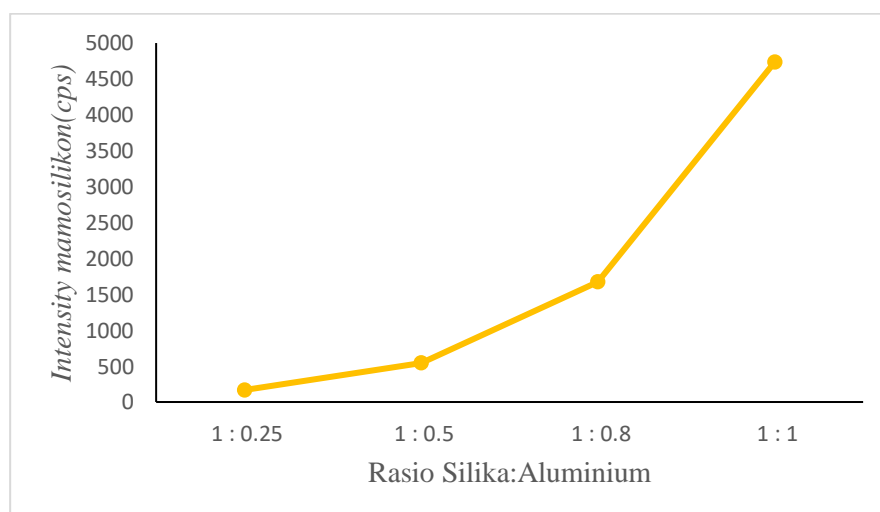
b. Pengaruh Rasio Silika:Aluminium terhadap Intensity yang dihasilkan

Tujuan dari analisis XRD (X-Ray Diffraction) adalah untuk menjamin kaliber sampel nanosilicon yang dihasilkan. Tabel 2 menampilkan hasil penyelidikan XRD nanosilicon.

Tabel 2 Hasil Analisis Produk Nanosilikon (nSi)

Kode Sampel	SiO <sub>2</sub> :Al		Suhu (°C)	Waktu (jam)	Nano Si (gr)	%Yield	Hasil Pemeriksaan
	Rasio	Berat (gr)					<i>Intensity nSi</i> (cps)
nSi1	1:0,25	12,5	850°C	3	9,12	72,96	325
nSi2	1:0,5	15			11,47	76,46	624
nSi3	1:0,8	18			16,29	90,5	2353
nSi4	1:1	20			18,62	93,1	5517

Grafik pengaruh rasio silika:aluminium terhadap Intensity nanosilikon dalam 4 sampel dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Sumber 2 Pengaruh rasio silika:aluminium terhadap intensity nanosilikon

Sampel keempat memiliki intensitas maksimum dengan rasio 1:1, mencapai 4735 cps. Menurut Wida Afosma (2017), studi XRD dengan intensitas tinggi menunjukkan bahwa atom-atom kristal tersusun lebih baik. Kualitas kristal terbaik Nanosilicon dapat ditunjukkan dari data yang akan berada dalam sampel 1: 1. Hal ini konsisten dengan hasil yang direalisasikan, yaitu 93,1% untuk sampel 1:1.

Kandungan Si secara eksklusif hadir dalam rasio 1:0,8, dengan variasi 1:0,8, 1:1,5, 1:2, dan 1:2,5, menurut penelitian yang telah dilakukan (Nazilah, Ainun, Novita Andarini, dan Tanti Haryati 2015). Dengan demikian, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, ketika kandungan Si dicatat dalam setiap varian, hasil penyelidikan ini menunjukkan peningkatan. Berbagai teknik pemanasan yang digunakan dapat dikreditkan dengan perbaikan ini. Sampel dalam penyelidikan ini dipanaskan dalam tungku tertutup, yang memungkinkan logam aluminium untuk sepenuhnya mengurangi dengan SiO<sub>2</sub> tanpa terlebih dahulu bereaksi dengan oksigen atmosfer.

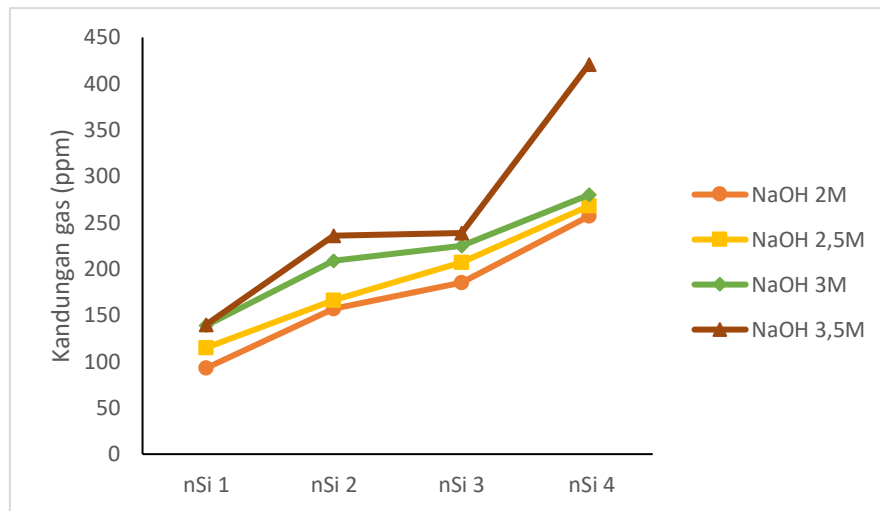
c. Pengaruh Nanosilikon (nSi) terhadap Produksi Gas Hidrogen

Percobaan produksi gas hidrogen dilakukan pada sampel nanosilicon, dan kandungan gas hidrogen dinilai menggunakan Multigas Detector Analyzer. Tabel 3 menampilkan hasil pemeriksaan gas hidrogen.

Tabel 3. Data analisis gas hidrogen pada proses dehidrogenasi air

<u>Kode sampel</u>	<u>Perlakuan Sampel</u>		<u>Hasil Pemeriksaan</u>
	<u>Nanosilikon (gr)</u>	<u>NaOH (M)</u>	<u>H<sub>2</sub> (ppm)</u>
nSi1	2	2	93
nSi1	2	2,5	115
nSi1	2	3	139
nSi1	2	3,5	140
nSi2	2	2	157
nSi2	2	2,5	166
nSi2	2	3	209
nSi2	2	3,5	236
nSi3	2	2	185
nSi3	2	2,5	207
nSi3	2	3	225
nSi3	2	3,5	239
nSi4	2	2	257
nSi4	2	2,5	268
nSi4	2	3	280
nSi4	2	3,5	421

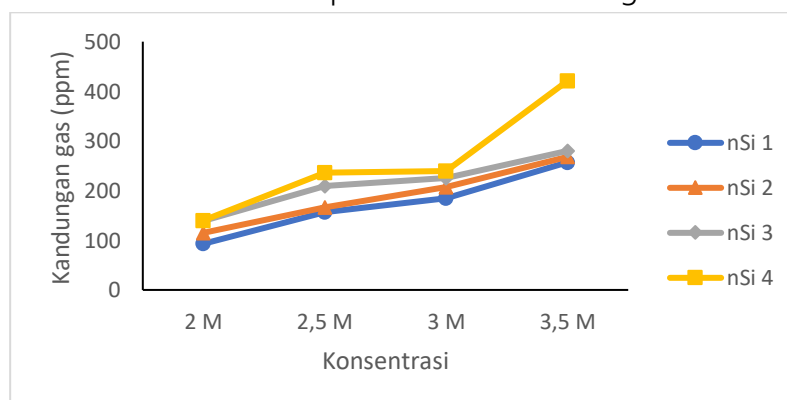
Grafik pengaruh nanosilikon (nSi) yang digunakan terhadap produksi gas hidrogen dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini.



Sumber 3. Hubungan antara Nanosilikon terhadap Kandungan Gas H<sub>2</sub>

Sumber 3 menunjukkan bahwa jumlah gas hidrogen yang dihasilkan meningkat dengan jumlah nanosilicon yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh ikatan Si-H yang dibentuk oleh nanopartikel silikon dan molekul air selama reaksi oksidasi, yang meningkat dengan peningkatan komposisi nanopartikel silikon ditambahkan (Mussabek, Gauhar, Sergei A. Alekseev, Anton I, dkk 2020). Konsentrasi H<sub>2</sub> maksimum yang ditemukan selama studi gas menggunakan Gas Detector Analyzer adalah 421 ppm. Percobaan serupa dilakukan dalam penelitian oleh (Akiyama Tomohiro, Hayasaka Masaki & Uesugi Hiroshi 2009) menggunakan reaktor dengan pemanas dan 33,4 gram silikon dengan kandungan 96% pada suhu reaktor. Tekanan tidak terdeteksi karena prosedur langsung dan jumlah minimal nanosilicon yang digunakan, dan hanya Multigas Detector Analyzer yang dapat digunakan untuk menganalisis gas.

#### d. Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Produksi Gas Hidrogen



Sumber 4. Hubungan antara Konsentrasi NaOH dan Kandungan Gas H<sub>2</sub>

Produksi gas hidrogen dan konsentrasi NaOH berhubungan langsung, seperti yang ditunjukkan pada Sumber 4. Dalam kisaran konsentrasi NaOH 2-3,5 M, jumlah gas hidrogen yang dihasilkan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Konsentrasi NaOH yang lebih tinggi digunakan untuk mempromosikan produksi gas hidrogen. NaOH berfungsi sebagai basa kuat dan oksidator unggul dibandingkan dengan KOH selama generasi hidrogen. Ini karena ion Na<sup>+</sup> yang lebih kecil melewati lapisan oksida lebih mudah daripada ion K<sup>+</sup> yang lebih besar, yang memungkinkan akses spesies OH-aktif yang lebih mudah ke antarmuka Si (Mussabek, Gauhar, Sergei A. Alekseev, Anton I, dkk 2020).

Percobaan yang sama dilakukan oleh para peneliti dalam penelitian oleh (Mussabek, Gauhar, Sergei A. Alekseev, Anton I, dkk 2020) dengan konsentrasi NaOH 0,15 M, 0,25 M, 0,51 M, dan 1,02 M. 6,2% gas hidrogen diproduksi pada konsentrasi NaOH 1,02 M, yang merupakan yang tertinggi. Dalam penelitian ini, pemanas juga digunakan dalam proses produksi gas hidrogen, selain nanosilicon dan konsentrasi NaOH. Dalam penyelidikan oleh (Akiyama Tomohiro, Hayasaka Masaki & Uesugi Hiroshi 2009), pemanas dengan kisaran suhu 75 ° C hingga 100 ° C dibangun ke dalam perangkat. Gas diciptakan ketika pemanas dihidupkan. Dalam studi khusus ini, suhu 60 ° C diterapkan selama 10 menit. Oleh karena itu, dapat disimpulkan dari temuan penelitian bahwa Nanosilicon dan NaOH dapat membuat gas hidrogen dengan menggunakan pemanas.

## SIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan yang diambil dari temuan penelitian yaitu dalam reaktor, rasio 1: 1 aluminium terhadap silika sangat ideal untuk memproduksi nanosilicon. Konsentrasi NaOH yang ideal untuk memproduksi gas hidrogen adalah 3,5 M dengan rasio nanosilicon 1: 1, menghasilkan konsentrasi gas 421 ppm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Shwetharani, R., Nagaraju, D.H., Geetha Balakrishna, R., Suvina, V., 2019. Hydrogenase Enzyme like Nanocatalysts FeS<sub>2</sub> and FeSe<sub>2</sub> for Molecular Hydrogen Evolution Reaction. Mater. Lett. 248, 3942. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.03.131>
- Achmad, H. 1992. Elektro Kimia dan Kinetika Kimia. Citra Aditya Bakti: Bandung.
- Wahyono Yoyon, Heri Sutanto, Eko Hidayanto. 2017. "Produksi gas hydrogen menggunakan metode elektrolisis dari elektrolit air dan air laut dengan penambahan katalis NaOH". Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

- Wahyuni, Sri, Lukman Hakim, and Fikri Hasfita. "PEMANFAATAN LIMBAH KALENG MINUMAN ALUMINIUM SEBAGAI PENGHASIL GAS HIDROGEN MENGGUNAKAN KATALIS NATRIUM HIDROKSIDA," 2016, 13
- H. SUWARNO, "Magnesium Hidrid untuk Penyimpan Hidrogen", Seminar Jaringan Kimia Indonesia, Hotel Mercure, Yogyakarta, 24 Juli, 2013.
- Nurmahdani Eti, Robert Junaidi, Indah Purnamasari.2022. "SILIKON HASIL REDUKSI SILIKA DARI FLY ASH BATUBARA UNTUK PEMBUATAN HIDROGEN". Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Karimullah Rizki, Rina Elvia, Hermansyah Amir. 2022. "PENENTUAN PARAMATER ADSORPSI SILIKA SINTETIK DARI CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KANDUNGAN AMMONIUM PADA LIMBAH CAIR TAHU." Jurusan FKIP. Universitas Bengkulu
- Mussabek, Gauhar, Sergei A. Alekseev, Anton I. Manilov, Sergii Tutashkonko, Tetyana Nychyporuk, Yerkin Shabdan, Gulshat Amirkhanova, Sergei V. Litvinenko, Valeriy A. Skryshevsky, dan Vladimir Lysenko. "Kinetics of Hydrogen Generation from Oxidation of Hydrogenated Silicon Nanocrystals in Aqueous Solutions." *Nanomaterials* 10, no. 7 (July 20, 2020): 1413.
- Retnosari, Agustin. 2013. "diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains," n.d., 72.
- Nazilah, Ainun, Novita Andarini, dan Tanti Haryati. "Isolasi Silikon (Si) Dari Abu Terbang (Fly Ash) Batu Bara Dengan Metode Metalotermal," n.d., 3.
- Sugiarto Nanang. 2015. "ISOLASI (Si) DARI FLY ASH BATUBARA DENGAN METODE METALOTERMIS MENGGUNAKAN REDUKTOR ALUMINIUM." Jurusan KIMIA FMIPA. Universitas Jember
- Subakti, Anisah., B.Malino, Mariana., Nurhasanah. 2013. Optimasi Kandungan Silikon dalam Produk Reaksi Metalotermis Silika dari Abu Sekam Padi dan Aluminium Berdasarkan Lama Waktu Reaksi. ISSN : 2337-8204. *Jurnal Prisma Fisika*, Vol.1, No. 2, Hal. 1-3. Universitas Tanjungpura Pontianak.
- Subhan, Ahmad., Oemry, Achiar .,Ginting, Masno., Bayuwati, Dwi dan Dedih. 2002, Pembuatan Wafer Kristal Tunggal Silikon Berkualitas untuk Sel Surya, PDII-LIPI.
- Swihart, M. T. (2003). Vapor-phase synthesis of nanoparticles. *Current Opinion in COLLOID and INTERFACE SCIENCE*, 8, 127–133.
- Akiyama Tomohiro, Hayasaka Masaki, Uesugi Hiroshi. 2009. Hydrogen Production Method dan Apparatus dan Engine Employing Hydrogen Production Apparatus. United States Patent No: US 7,493,765 B2.