Vol 7 No 2 Tahun 2025 E-ISSN: 2715-9469

IDENTIFIKASI DAN KARAKTERISASI MINERAL PASIR SILIKA SEBAGAI POTENSIAL MATERIAL MAJU DI SUNGAI PADANG GARUGUR SUMATRA UTARA

Emi Rahwani Siregar[1], Nirmala Sari[1], Rahmawati[1], Teuku Andi Fadlly[1*]
[1]Program Studi Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Samudra
*Email : andifadlly@unsam.ac.id
(Received: October 2025/ Revised: Oktober 2025 / Accepted: Oktober 2025)

ABSTRAK

Pasir silika merupakan salah satu material yang memiliki potensi besar sebagai bahan baku dalam berbagai industri, seperti kaca, keramik, dan filter air. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan mineral dan mengkarakterisasi struktur kristal pasir silika yang berasal dari Sungai Padang Garugur, Sumatra Utara, sebagai material maju. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kombinasi separasi magnetik dan pelindian asam. Proses analisis dilakukan melalui metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui komposisi kimia, dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk menentukan pola difraksi dan ukuran kristalnya. Hasil analisis XRF menunjukkan bahwa kandungan utama dalam pasir tersebut adalah SiO_2, yaitu 33,66%. Sementara itu, karakterisasi XRD menunjukkan puncak difraksi utama pada sudut 2θ sebesar 26,68° mengindikasikan keberadaan fasa kuarsa sebagai komponen dominan. Ukuran kristal rata-rata diperoleh sebesar 25,69 nm dengan menggunakan persamaan Debye-Scherrer. Hal ini menunjukkan bahwa pasir silika dari daerah tersebut memiliki potensi sebagai material maju.
Kata Kunci: *SiO_2, kuarsa, difraksi, kristal.*

1. PENDAHULUAN

Pasir silika sering kita temukan di pantai atau di sungai dan mudah diakses karena banyaknya garis pantai serta aliran sungai di indonesia (1). Meskipun potensi besar ini, pemanfaatan pasir tersebut masih sangat terbatas terutama untuk pasir silika dengan kadar rendah(2). Pasir sungai terdiri dari berbagai kandungan kimia seperti SiO_2, Al_2O_3,, CaO, Fe_2O, TiO_2, MgO, dan K_2O. Secara fisik pasir ini memiliki warna yang beragam, termasuk putih bening, abu-abu, kuning, merah atau coklat. Pasir silika terbentuk dari hasil pelapukan batuan kemudian tercuci sehingga terbawa oleh air ataupun angin dan diendapkan di alam bebas seperti tepi sungai, danau ataupun laut (3). Bentuk umum dari pasir ini biasanya memiliki bentuk kristal hexagonal dengan kekerasan 7 pada skala mohs, berat jenis 2,65 dan dengan kapasitas panas khusus sebesar 0,185 (4). Pasir silika sudah banyak digunakan di berbagai industri, salah satunya pembuatan paving blok untuk menguji ketahahanan penyerapan air (5), tidak hanya itu saat pembuatan kaca pasir silika juga digunakan pada substansi agregat halus dalam pencampuran beton (6). Selain itu pasir silika sebagai adsorben digunakan dalam penurunan kadar logam Pb^{2+} dengan cara adsorpsi (7), serta penggunaannya sebagai bahan refraktorif dinding *furnace* (8). Selain dalam industri pasir silika dapat dimanfaatkan bagi kehidupan sehari-hari seperti saringan filter air.

Pada penelitian sebelumnya, penggunaan pasir silika sebagai agregat halus dalam pembuatan bata ringan terbukti mampu meningkatkan nilai kuat tekanan(9). Pasir silika juga bisa di dapatkan dari gunung dengan cara ekstraksi silika dioksida dari abu vulkanik Gunung Sinabung dengan metode kopresipitasi (10). Penggunaan media filtrasi berbasis pasir silika efektif dalam mengurangi kandungan zat padat, menurunkan jumlah bakteri, menghilangkan warna, bau, serta kandungan logam seperti besi dan mangan dalam air (11).

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Harianti tentang kombinasi antara pasir silika dengan kapur tohor memiliki pengaruh signifikan terhadap berat volume dan kuat tekanan bata ringan. Hasilnya, bata ringan dengan kandungan pasir silika yang lebih tinggi cenderung memiliki kuat tekanan yang lebih besar (12). Penelitian oleh Asukmajaya mengenai bata ringan menunjukkan bahwa penggantian pasir ngantang dengan pasir silika sebgai agregat halus mengakibatkan penurunan berat volume dan peningkatan kuat tekanan, kecuali penggantian secara penuh sebesar 100% (13).

Hariyanto melakukan penelitian karakterisasi pasir Pantai Citra yang menunjukkan kandungan pasir silika sangat tinggi, yaitu 98,1%. Pasir silika tersebut memiliki fasa dominan kuarsa yang berpotensi besar sebagai sumber material untuk berbagai aplikasi material maju (14). Penelitian juga dilakukan di pasir tiga warna daerah Pantai Pantaru, Kabupaten Alor, Nusa Tenggara Timur, sebesar 45,28% (15).

Pada penelitian ini akan dikaji secara mendalam tentang pasir silika sebagai potensial material maju. Kebaruan penelitian ini terletak pada eksplorasi pasir silika dari Desa Padang Garugur, Sumatera Utara, belum pernah dilakukan secara mendalam sebelumnya, terutama dalam konteks peningkatan kemurnian dan analisis potensi sebagai material maju (advanced material). Di sinilah letak state of the art penelitian ini yaitu menggabungkan metode fisik (separasi magnetik) dan metode kimia (pelindian asam) secara terintegrasi untuk mendapatkan silika dengan kemurnian tinggi dari sumber alam lokal yang belum banyak dieksplorasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya basis data

mineral silika di Indonesia serta menunjukkan potensi pasir silika lokal sebagai material maju (advanced material) yang berperan penting dalam berbagai aplikasi industri seperti kaca, keramik, dan material semikonduktor.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode pemurnian pasir silika secara kimia dan fisika, dikenal sebagai metode purifikasi pasir silika secara fisiko-kimia (*Physicochemical Purification of Silica Sand*) atau kadang disebut juga metode kombinasi separasi magnetik dan pelindian asam (*Combined Magnetic Separation and Acid Leaching Method).* Metode ini banyak digunakan dalam penelitian material dan kimia untuk menghasilkan silika berkemurnian tinggi (high purity silica), terutama sebelum proses karakterisasi menggunakan XRF dan XRD dilakukan. yang melibatkan beberapa tahapan penting, yaitu pencucian, pengeringan, penyaringan, separasi magnetik, dan pelarutan kimia (leaching) menggunakan larutan asam.

Secara umum, metode ini bertujuan untuk meningkatkan kadar kemurnian silika (SiO_2) dengan cara menghilangkan pengotor logam dan mineral lain yang tidak diinginkan, seperti Fe, Al, dan senyawa organik.Pasir diperoleh dari sungai Padang Garugur Sumatera Utara. Pasir tersebut terlebih dahulu dicuci untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang ada menggunakan aquades. Proses pencucian ini menghilangkan pengotor yang tidak diinginkan seperti lempung atau abu organik. Proses ini diulang hingga air menjadi bening. Selanjutnya, dikeringkan pada suhu 100 °C selama 2 jam dengan menggunakan oven. Pasir silika yang sudah kering kemudian disaring dengan ukuran 100 mesh, selanjutnya identifikasi mineral pasir tersebut dilakukan menggunakan XRF.

Proses selanjutnya pemisahan mineral logam dari pasir menggunakan metode seperasi magnet. Hal ini dilakukan dengan menggunakan magnet permanen untuk mengurangi mineral logam yang terkandung pada pasir. Peningkatan kemurnian pasir silika dilakukan pencapuran cairan HCL 2M dengan pengadukan selama 30 menit. Perbandingan tersebut sebesar 1 gr : 30 ml (16). Setelah proses pengadukan dilakukan perendaman selama 12 jam, selanjutnya endapan dan cairan tersebut dinetralkan hingga pH7 menggunakan aquades. Endapan yang telah netral dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 100 °C selama 2 jam. Hasil ini berupa serbuk silika, selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD dan indentifikasi fasa material dengan perangkat lunak Match!. Ukuran kristal serbuk tersebut di lakukan secara kuantitatif menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* (17).

3. HASIL dan PEMBAHASAN

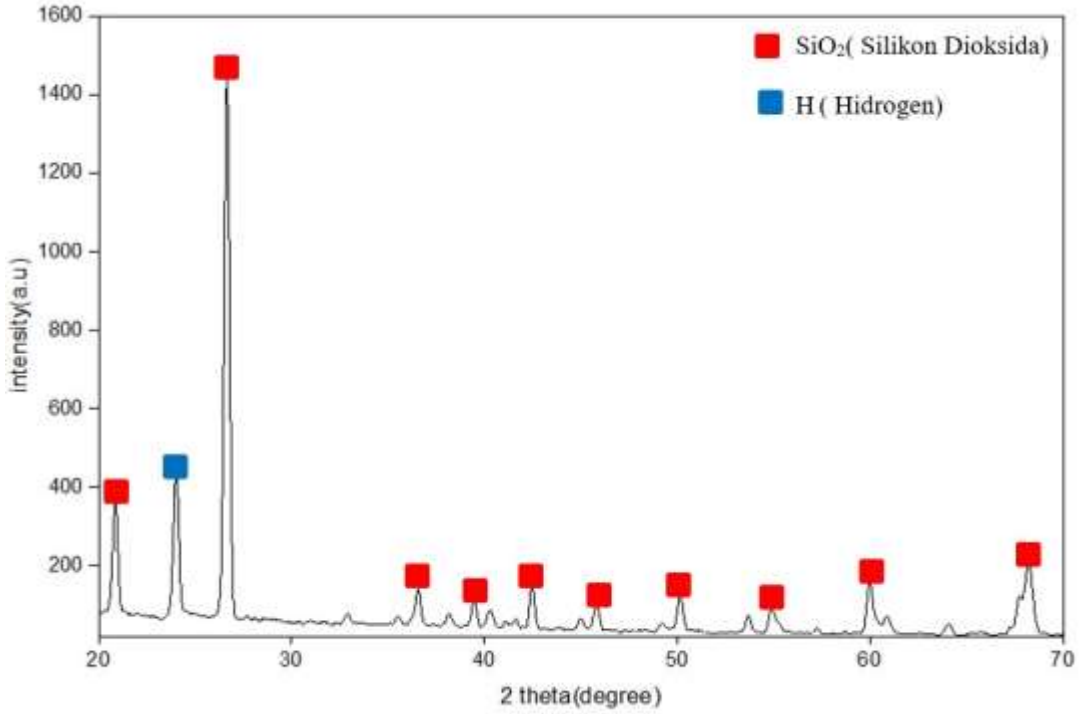
Analisis kandungan mineral pasir menggunakan uji XRF untuk mengetahui persentase yang ada di sekitas Sungai Padang Garugur. Hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis uji XRF

Material Oksida		
Unsur	**Senyawa Kimia**	**Nilai (%)**
Silikon Dioksida	SiO_2	33,66
Besi Oksida	Fe_2O_3	0,88
Kalsium Oksida	CaO	0,83
Natrium Oksida	Na_2O	0,54
Fosfor Pentoksida	P_2O_5	0,52
Aluminium Oksida	Al_2O_3	0,49
Kalium Oksida	K_2O	0,28
Sulfur Trioksida	SO_3	0,13

Berdasarkan Tabel 1 hasil uji XRF menunjukkan komposisi kimia utama dari pasir Sungai Padang Garugur didominasi oleh senyawa SiO_2 dengan persentase sebesar 33,66%. Selain itu, terdapat beberapa oksidasi lain namun dalam jumlah lebih kecil yakni kurang dari 1%. Komposisi dominan SiO_2 ini menunjukkan bahwa pasir Sungai Padang Garugur memiliki kandungan silika yang rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Bakruddin sebessar 62%. Penelitian Bakruddin dilakukan di Kecamatan Samadua, Kabupaten Aceh Selatan. Perbedaan kandungan silika tersebut kemungkinan besar disebabkan oleh perbedaan sumber material geologis, proses pelapukan batuan, dan kondisi lingkungan masing-masing daerah (18). Perbedaan yang ditemukan terletak pada proses pencucian, pemurnian, dan pengayakan mungkin dilakukan dengan tingkat ketelitian atau ukuran mesh yang berbeda dari penelitian Bakruddin di Samadua. Selain itu, konsentrasi larutan asam, waktu pelindian, serta kondisi pengeringan juga dapat memengaruhi kadar silika yang terukur.

Karakterisasi XRD menunjukkan pola difraksi sudut 2θ dengan intensitas kristalin. Hasil pola difraksi pasir tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola difraksi hasil uji XRD pasir Sungai Padang Garugur.

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan pola difraksi yang dihasilkan menggunakan software Match dengan panjang gelombang 1.540 Å. Puncak-puncak difraksi terdeteksi dengan pola-pola yang bersesuaian dengan COD (*Crystallography Open Database*) 96-152-6861. Beberapa puncak utama yang terdeteksi berada pada sudut 2θ diantaranya 20,89°, 26,68°, 39,52°, dan 42,52°. Nilai pola difraksi secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan sudut (2θ) hasil pola difraksi dengan referensi.

Sudut (2θ)	Intensitas	Sudut (2θ) Referensi*
20,89°	212,0	20,81°
26,68°	1000,0	26,59°
36,64°	66,7	36,51°
39,52°	50,6	39,42°
42,52°	81,3	40,33°

*Sumber : Silvia & Zainuri, 2020 (16)

Tabel 2 menunjukkan perbandingan antara hasil uji XRD dengan referensi. Puncak pada sudut 2θ, yaitu 26,68° dengan intensitas tertinggi menujukkan kemiripan dengan referensi, yaitu 26,59° yang umumnya berhubungan dengan mineral SiO_2 fasa α kuarsa. Puncak-puncak lain seperti sudut 2θ yaitu 20,89°, 36,64°, dan 39,52° juga menunjukkan kesesuaian dengan nilai referensi, masing-masing adalah 20,81°, 36,51°, 36,42° yang mendukung keberadaan kuarsa sebagai komponen utama (16).

Kuarsa yang memiliki struktur kristal trigonal dikenal memiliki sifat stabil dan banyak digunakan berbagai aplikasi material maju seperti silikon untuk semikonduktor (19). Masih terlihat adanya pengotor yang tercermin dari puncak difraktogram yaitu Hidrogen (H) pada sudut 2θ, yaitu 24,06° dengan intensitas 274,8. Pengotor ini dari

kurangnya temperatur dan waktu pada saat pengeringan setelah dilakukan sintesis pada pasir. Penentuan ukuran kristal hasil dari sintesis dihitung menggunakan rumus debye-scherrer (17). Secara lengkap hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan ukuran kristal

Posisi puncak 2θ	**Nilai FWHM**	**Ukuran Kristal (nm)**
20,89	0,28	29,13
26,68	0,28	28,82
36,64	0,28	28,12
39,52	0,28	27,88
40,46	0,28	27,79
42,52	0,28	27,61
45,81	0,28	27,29
46,02	0,28	27,27
50,2	0,28	26,82
54,94	0,28	26,28
55,35	0,28	26,23
57,34	0,28	25,99
60,04	0,28	25,65
64,07	0,28	25,11
67,93	0,28	24,57
68,27	0,28	24,52
Nilai Rata Rata Ukuran Kristal		**26,82**

Tabel 3 menunjukkan ukuran kristal secara kuantitatif dari nilai FWHM yang didapatkan dari intensitas puncak kristal pada pola difraksi. Perhitungan tersebut dapat diketahui ukuran kristal pada puncak-puncak tertinggi setelah dianalisis menggunakan aplikasi Match. Ukuran kristal pada intensitas kristal tertinggi pada sudut 2θ, yaitu 20,89° memiliki ukuran kristal sebasar 29,13 nm. Selanjutnya, pada intensitas kristal terendah memiliki ukuran kristal sebesar 24,52. Berdasarkan ukuran-ukuran tersebut, maka nilai rata-rata keristal sebesar 26,82 nm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa persentase mineral pasir Sungai Padang Garugur memiliki kandungan utama SiO_2 sebesar 33,68% serta mineral lainnya dengan persentase kurang dari 1%. Hasil karakterisasi XRD pada pasir tersebut menunjukkan fasa kuarsa. Selain itu, rata-rata ukuran kristal sebesar 26,82 nm. Dengan kandungan utama SiO_2 sebesar 33,68%, fasa kuarsa, dan ukuran kristal 26,82 nm, pasir Sungai Padang Garugur memiliki potensi sebagai material maju setelah melalui proses pemurnian lanjutan seperti pelindian asam bertingkat, separasi magnetik berulang, dan metode sol-gel untuk meningkatkan kemurnian silikanya hingga mencapai tingkat tinggi.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Sukirman E, Sarwanto Y, Insani A, Th Rina M, Purwanto A. Magnetic Structure of Magnetite Phase of Iron Sand Retrieved from Banten, Indonesia. J Phys Conf Ser. 2018;1091(1).
2. Pintowantoro S, Rochiem R, Susanti D, Setiyorini Y, Abdul F, Nurdiansah H. Pembuatan Alat Produksi Bata Ringan dari Pasir Silika di Desa Tegalwangi Kecamatan Umbulsari, Kabupaten Jember, Jawa Timur. JPP IPTEK (Jurnal Pengabdi dan Penerapan IPTEK). 2021;5(1):1–10.
3. Mauliddiyah NL. AnalisisPeningkatan Kualitas Pasir Kuarsa Untuk Memenuhi Kebutuhan Industri Kaca

Lembaran di Laboratorium Pengolahan Bahan Galian Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. 2021. 6 hal.
4. Ananda Muhamad Tri Utama. Penerapan Filter Air Berbasis Zeolit dan Pasir Silika Dengan Penambahan Karbon Aktif Biji Salak Untuk Meningkatkan Kualitas Air Sumur Gali. 2022;9:356–63.
5. Jovari IF. Penelitian ini menggunakan pasir silika dari hasil penambangan bukit kapur limbah bahan Kilangan Kota Padang sebagai pengganti sebagian pasir untuk pembuatan paving block ,. 2024;2(1):85–91.
6. Lubis J bonanta, Precast B, Laboratorium DS, Bona J, Lubis A, Studi P, dkk. Hilirisasi Pemanfaatan Pasir Silika Untuk Memenuhi Kebutuhan Agregat Halus Pada Campuran Beton Precast Dalam Skala Laboratorium Oleh. 2022;
7. Nuha SL. Efektivitas Penyisihan Ion Logam Pb 2+ Menggunakan Pasir Silika Sebagai Adsorben. 2021;
8. Rosadi MM, Basuki, Hadi FS. Rancang Bangun Crucible Furnace Dengan Refraktori Berbahan Dasar Silika. Lppm Unhasy Tebuireng Jombang. 2021;1–6.
9. Sujatmiko B, Zuraidah S, Abiarto Nugroho W, Rizsa Putra Atmajaya E. Penggunaan Pasir Silika sebagai Substitusi Agregat Halus Untuk Meningkatkan Performance Bata Ringan. J Rekayasa Tenik Sipil Univ Madura. 2018;3(2):5–12.
10. Hasanah M, Sembiring T, Sebayang K, Humaidi S, Rahmadsyah, Saktisahdan TJ, dkk. Extraction Of Silica Dioxide (SiO 2) From Mount Sinabung Volcanic Ash with Coprecipitation Method . IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2021;1156(1):012015.
11. Ummah MS. Penurunan Salintas Air Payau Menggunakan Filter Media Zeolit Teraktivasi dan Arang Aktif. Sustain. 2019;11(1):1–14.
12. Haryanti NH, Wardhana H. Pengaruh Komposisi Campuran Pasir Silika dan Kapur Tohor Pada Bata Ringan Berbahan Limbah Abu Terbang Batubara. J Fis Indones. 2019;21(3):11.
13. Beno J, Silen A., Yanti M. Pengaruh Substitusi Pasir Ngantang Dengan Pasir Silika Tuban Terhadap Kuat Tekan Bata Ringan Dengan Menggunakan Proses Cellular Lightweight Concrete (CLC). Braz Dent J. 2022;33(1):1–12.
14. Hariyanto B, M. Panggabean, Lady, Hakim L. Karakterisasi Pasir Pantai Citra Kabupaten Sukamara Menggunakan XRF dan XRD. J Jejaring Mat dan Sains. 2021;3(1):11–4.
15. Karbeka M, Manimoy H, Abolasinga BA. Identifikasi Mineral Pasir Tiga Warna Pantai Puntaru Kabupaten Alor-NTT. Fuller J Chem. 2021;6(1):34.
16. Silvia L, Zainuri M. Analisis Silika (SiO2) Hasil Kopresipitasi Berbasis Bahan Alam menggunakan Uji XRF dan XRD. J Fis dan Apl. 2020;16(1):12.
17. Yudanto SD, Hakim LAR, Rasyadi MEH, Imaduddin A, Pramono AW. Sintesis dan Karakterisasi MgB2 dengan Penambahan Nano-SiC melalui Metode Reaksi Padat. Indones J Appl Phys. 2022;12(1):108.
18. Bakruddin B, Rachmatillah F, Amri A, Jalil Z. Identifikasi Kandungan Unsur pada Pasir Kuarsa Menggunakan Metode X-Ray Flourescence di Kecamatan Samadua, Aceh Selatan. J Jejaring Mat dan Sains. 2020;2(2):32–5.
19. Setiawati S, Aprillia R. Screening Awal Potensi Bahan Galian Industri di Kalimantan Barat sebagai Bahan Pembuatan Panel Surya. J Teknol Lingkung Lahan Basah. 2024;12(1):090.