



Analisis Potensi Pasir Kuarsa Sebagai Bahan Baku Semikonduktor Daerah Kecamatan Dusun Selatan dan Dusun Utara, Kabupaten Barito Selatan, Provinsi Kalimantan Tengah

Subhan Arif^{1*}, Faizal Razi², T. Muharrizal Fadhli³

¹Universitas AKPRIND Indonesia, Jl. Kalisahak No.28 Kompleks Balapan, Yogyakarta 55222

²PT. Uppu Barsel Malining, Penda Asam, Sanggu, Telang Andrau dan Sungai Telang, Kec. Dusun Selatan dan Dusun Utara, Kab. Barito Selatan, Prov. Kalimantan Tengah

³Universitas Gajah Mada, Bulaksumur, Depok, Sleman Regency, Special Region of Yogyakarta 55281

Abstrak.

Kebutuhan akan pasir silika berkualitas tinggi untuk berbagai aplikasi industri, terutama sebagai bahan baku semikonduktor membutuhkan eksplorasi komoditi ini perlu ditingkatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui geometri dan persebaran batupasir kuarsa serta kualitas pasir kuarsa di lokasi penelitian sebagai bahan baku semikonduktor. Metode yang digunakan adalah analisis geokimia X-ray fluorescence (XRF) untuk mengukur komposisi masing-masing sampel. Karakter pasir kuarsa berupa endapan dengan ukuran butir membundar tanggung, sortasi baik. Hasil analisis menunjukkan bahwa Sampel 1 dan Sampel 3 memiliki kandungan SiO₂ yang tinggi (di atas 99%), namun masih mengandung pengotor di atas batas yang ditetapkan untuk bahan semikonduktor. Sampel 2 memiliki kandungan SiO₂ terendah (92,17%) dan pengotor tertinggi. Analisis korelasi Pearson menunjukkan hubungan negatif yang kuat antara SiO₂ dengan pengotor, terutama Al₂O₃ dan TiO₂. Disimpulkan bahwa ketiga sampel pasir silika tidak memenuhi standar kemurnian untuk bahan baku semikonduktor tanpa proses pemurnian lebih lanjut.

Kata Kunci: pasir silika; X-ray fluorescence; semikonduktor

Abstract.

Increased exploration of high-quality silica sand is needed for various industrial applications, especially as a raw material for semiconductors. This study aims to determine the geometry and distribution of quartz sandstones and the quality of quartz sand in the research location as a semiconductor raw material. The method used is X-ray fluorescence (XRF) geochemical analysis to measure the composition of each sample. The quartz sand is characterized by deposits that have a rounded grain size and exhibit good sorting. The analysis indicated that Sample 1 and Sample 3 had high SiO₂ content (above 99%) but still contained impurities above the limit set for semiconductor materials. Sample 2 has the lowest SiO₂ content (92.17%) and the highest impurities. Pearson correlation analysis showed a strong negative relationship between SiO₂ and impurities, especially Al₂O₃ and TiO₂. It is concluded that the three silica sand samples do not meet the purity standards for semiconductor raw materials without further purification processes.

Keywords: Silica sand; X-ray fluorescence; Semiconductor

PENDAHULUAN

Lokasi penelitian secara geologi regional tersusun oleh sebagian besar dari Formasi Dahor yang berumur Miosen Akhir sampai Pliosen. Memiliki ketebalan formasi mencapai 300 m.

Formasi ini diendapkan tidak selaras di atas Formasi Warukin. Tersusun oleh batupasir kuarsa yang belum mengalami diagenesis secara sempurna menyebabkan sifatnya menjadi tidak

* Korespondensi: s.arif@akprind.ac.id

Diajukan : 14 April 2025

Diterima : 4 Juni 2025

Diterbitkan : 29 Agustus 2025

padat. Pasir kuarsa ini yang menjadi target dari penelitian kali ini.

Pasir kuarsa (SiO_2) adalah bagian dari bahan baku yang cukup penting di berbagai industri seperti bata ringan (Arif dkk., 2023) dan semikonduktor. Belakangan industri bahan baku teknologi juga sedang sangat membutuhkan pasir kuarsa dengan konsentrasi silika yang tinggi. Industri tersebut adalah industri bahan baku semi konduktor. Pasir kuarsa digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan silikon atau lebih lanjut dikenal dengan wafer silikon dengan tingkat kemurnian yang sangat tinggi. Wafer silikon ini menjadi komponen dasar yang dibutuhkan untuk menghasilkan perangkat elektronik seperti transistor, dioda dan sirkuit terpadu. Di alam, pasir kuarsa sering kali hadir bersamaan mineral-mineral pengotor. Hal ini sering kali menjadi hambatan dalam memenuhi standar kualitas pasir kuarsa yang dibutuhkan untuk aplikasi teknologi tinggi. Pengotor ini umumnya berasal dari oksida logam, mineral tanah liat, mineral berat, karbonat, serta inklusi cairan atau leleh yang terperangkap dalam matriks kuarsa (Zeng dkk., 2012; Zhang dkk., 2017; Handayani dkk., 2023).

Keberadaan oksida logam seperti Fe_2O_3 , TiO_2 , dan Al_2O_3 merupakan tantangan utama dalam pemurnian pasir kuarsa. Meskipun dalam jumlah kecil, material pengotor ini secara signifikan dapat menurunkan kualitas pasir silika. Misalnya kehadiran unsur yang mengandung Fe_2O_3 0,01-0,1% saja sudah cukup menyebabkan material tidak memenuhi standar (Handayani dkk. 2023; Zeng dkk. 2012; Zhang dkk. 2017). Mineral atau unsur ini dapat menyebabkan sifat konduktor pada silikon, yang bertentangan dengan kebutuhan isolasi listrik yang tinggi pada wafer silikon.

Contoh lainnya adalah kehadiran Al_2O_3 diketahui dapat memengaruhi struktur kristal pasir silika, hal ini menyebabkan cacat pada wafer silikon yang dihasilkan. Al_2O_3 sering kali berasal dari mineral feldspar yang terikut dalam deposit kuarsa. Selain meningkatkan konsumsi bahan kimia selama proses pemurnian, Al sebagai pengotor juga dapat mengganggu tahap pemurnian kimia lebih lanjut (Xia dkk., 2024; Zeng dkk., 2012; Zhang dkk. 2017).

Unsur TiO_2 sering kali hadir dalam bentuk ilmenit atau rutil dan dapat memengaruhi sifat optik maupun elektronik dari silikon yang diekstrak. Maka dari itu, keberadaan mineral dengan unsur TiO_2 perlu diperhatikan ketika

eksplorasi dan diminimalkan selama proses pemurnian (Xia dkk., 2024; Xie dkk. 2024).

Kehadiran mineral lempung seperti kaolinit dan monmorilonit sangat identik dengan lingkungan tropis. Mineral-mineral ini biasanya merekat kuat pada butiran kuarsa di bagian permukaan. Hal ini menyebabkan kelembaban tinggi yang berakibat pada kebutuhan air yang tinggi saat proses pencucian fisik. Selain menyebabkan warna pasir menjadi keruh, keberadaan mineral lempung juga menimbulkan interferensi mekanis dalam aplikasi semikonduktor (Darwis dkk. 2017; Handayani dkk. 2023; Zhang dkk. 2017). Kalsit (CaCO_3) sering ditemukan sebagai pengotor sekunder dalam deposit kuarsa, terutama di lingkungan tropis. Kalsit dapat bereaksi dengan bahan kimia pemurnian seperti asam, sehingga menghambat proses pemisahan fisik dan meningkatkan biaya operasional (Darwis dkk., 2017). Kendati demikian penelitian tentang metode pemurnian yang ramah lingkungan telah coba dilakukan, contohnya adalah metode pemurnian menggunakan asam non-fluorescence dikombinasikan dengan pemanggangan gelombang mikro (Li dkk., 2021, 2024).

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya telah menunjukkan bahwa tantangan terbesar dalam eksplorasi pasir kuarsa adalah melakukan identifikasi material pengotor untuk efektivitas pemurniannya. Metode uji kimia seperti X-ray fluorescence (XRF) merupakan metode yang populer digunakan untuk melakukan analisis distribusi karakter pengotor (Zhang dkk., 2017; Handayani dkk., 2023; Xia dkk., 2024). Di Indonesia, karakterisasi pasir kuarsa dari Langkat, Sumatra, dan Pasir Putih, Sulawesi, menunjukkan adanya dominasi pengotor Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , serta mineral tanah liat (Darwis dkk., 2017; Handayani dkk., 2023). Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami distribusi pengotor di deposit kuarsa lokal, khususnya di wilayah tropis seperti Kalimantan Tengah, untuk dapat meningkatkan nilai tambah material ini untuk aplikasi industri semikonduktor.

METODOLOGI

Penelitian ini dimulai dengan melakukan tinjauan pustaka pada lokasi dan tema penelitian. Setelah itu dilanjutkan dengan tahapan penelitian lapangan berupa pemetaan geologi permukaan untuk mengetahui persebaran dan geometri pasir

kuarsa yang menjadi target penelitian. Hasil pemetaan ini menjadi dasar lokasi pengambilan sampel untuk dilakukan uji keseragaman ukuran butir dan geokimia.

Sampel yang dianalisis sebanyak tiga sampel dari lokasi-lokasi yang dianggap representatif (Gambar 1) untuk dilakukan pengujian. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode sumur uji. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan representasi pasir kuarsa secara vertikal.

Analisis granulometri dilakukan untuk mengetahui karakter butiran terutama pemilahan ukuran butirnya berdasarkan klasifikasi Folk dan Ward (1957) menggunakan formula (1).

$$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6} \dots\dots\dots(1)$$

Setelah itu analisis berikutnya adalah geokimia. Sampel diuji dengan metode *X-ray fluorescence* (XRF). Analisis ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi unsur-unsur pengotor pada pasir kuarsa seperti Fe, Ti, dan Al, yang secara langsung akan memengaruhi kemurnian SiO₂. Metode ini dipilih karena akurasinya dalam memberikan data kuantitatif pada level unsur, sehingga memastikan hasil analisis sesuai dengan kondisi aktual dari setiap sampel. Data yang diperoleh mencerminkan kondisi aktual dari setiap sampel di masing-masing lokasi penelitian. Untuk analisis XRF menggunakan batas kuantifikasi atau *Limit of Quantification* (LOQ) pada 5,9; 5,11-5,16 serta 5,9; 5,10-5,17 sesuai basis AR (*As Received Basis*). Hasil analisis ini kemudian diolah secara statistik, berikutnya disusun kesimpulan dan rekomendasinya

HASIL

Kondisi Geologi

Lokasi penelitian meliputi area seluas 1.662 hektar. Pemetaan dilakukan dengan melakukan pengamatan lokasi singkapan pasir kuarsa di permukaan. Pengamatan ini dilakukan pada 20 titik pengamatan yang tersebar di lokasi penelitian.

Lokasi penelitian secara geologi regional didominasi oleh Formasi Dahor, yang terbentuk pada periode Miosen Akhir hingga Pliosen. Formasi ini memiliki ketebalan mencapai sekitar 300 m dan posisinya menindih secara tidak selaras Formasi Warukin yang lebih tua.

Secara litologi, Formasi Dahor sebagian besar terdiri dari batupasir kuarsa. Batupasir ini belum mengalami proses diagenesis yang sempurna, sehingga teksturnya relatif kurang padat. Pengelompokan pasir kuarsa pada area penelitian dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan warna batuan yang ditemukan di lapangan (Gambar 1), yang terdiri dari:

1. Pasir Kuarsa Berwarna Putih

Satuan batupasir ini terdiri dari endapan pasir dengan ukuran pasir halus- sedang, bentuk butir membundar tanggung, pemilahan baik. Komposisi mineral yang terlihat pada sampel di lapangan adalah mineral kuarsa (> 99 %), sisanya adalah mineral oksida pengotor.

2. Pasir Kuarsa Berwarna Putih Kecoklatan

Satuan ini terdiri dari endapan pasir dengan ukuran pasir halus-sedang, bentuk butir membundar tanggung, sortasi baik. Proporsi mineral kuarsa pada sampel ini adalah yang paling sedikit (< 95%). Selain mineral kuarsa terdapat juga mineral mafik seperti piroksen. Mineral pengotor berwarna coklat keabuan memberi pengaruh warna kecokelatan pada sampel ini.

3. Pasir Kuarsa Berwarna Coklat

Berupa lapisan yang terdapat pada stasiun pengamatan, lapisan ini terdiri dari endapan silika dengan ukuran pasir sedang-kasar, bentuk butir membundar tanggung, sortasi baik. Mineral kuarsa pada sampel ini sangat mendominasi sampai lebih dari 90%. Sisanya adalah mineral-mineral oksidasi berwarna coklat yang dapat diamati di lapangan secara langsung.

Kondisi geologi di lokasi penelitian tidak menunjukkan adanya struktur geologi berupa sesar dan lipatan yang tampak di permukaan. Hal ini dikarenakan litologi asli di lokasi penelitian tertutup oleh endapan pasir kuarsa yang menjadi objek penelitian.

Karakter Fisik Pasir Kuarsa

Sampel pasir kuarsa diambil menggunakan metode sumur uji. Sumur uji dibuat dengan lebar 3 x 3 m dengan kedalaman dua sampai empat m (Gambar 2). Pada kondisi tertentu, penggalian sumur uji terbatas pada kedalaman lapisan air tanah sehingga tidak dapat digali lebih dalam lagi. Terdapat tiga lokasi pengambilan sampel dengan

kode Sampel 1, Sampel 2, dan Sampel 3. Setiap sampel memiliki berat minimal 1 Kg.

Penilaian karakter fisik pasir kuarsa dilakukan untuk mengetahui ukuran butir dominan dari butirannya. Hal ini perlu untuk mengidentifikasi kebutuhan sesuai spesifikasi pengolahan nantinya. Karakter fisik pasir kuarsa dianalisis menggunakan metode pengayakan untuk memisahkan ukuran butirnya. Pengayakan ini menggunakan mesh dengan ukuran 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 dan butiran yang melewati ukuran 200 (Gambar 3).

Hasil pengayakan menunjukkan distribusi normal pada histogram hasil uji pengayakan pasir kuarsa. Tiga sampel yang dilakukan pengujian menunjukkan dominasi ukuran butir berada pada mesh 100 untuk sampel 1 dan 3 serta mesh 50 untuk sampel 2. Persentase ukuran lempung (passing mesh 200) rata-rata adalah 9,67 %. Sampel pasir silika ini memiliki sortasi yang baik berdasarkan klasifikasi Folk dan Ward (1957) dalam (Arif dkk., 2020), yang menunjukkan distribusi ukuran partikel cukup seragam (Tabel 1).

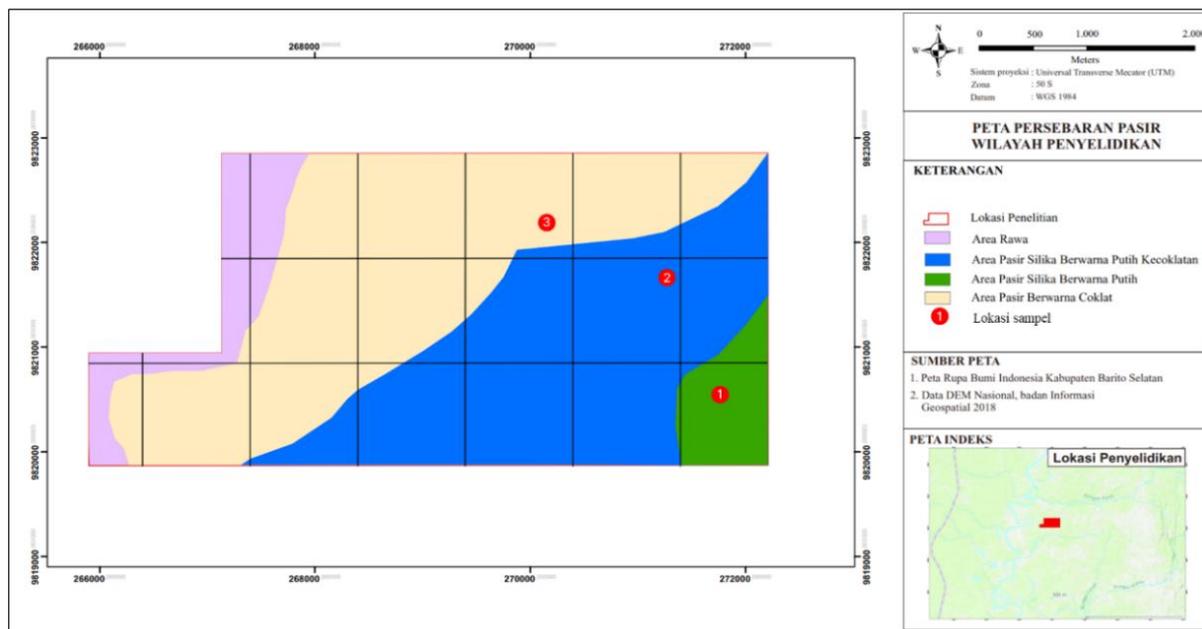
Geokimia Pasir Kuarsa

Analisis geokimia dilakukan untuk mengetahui kesesuaian pasir silika untuk aplikasi industri yang membutuhkan kemurnian tinggi, salah

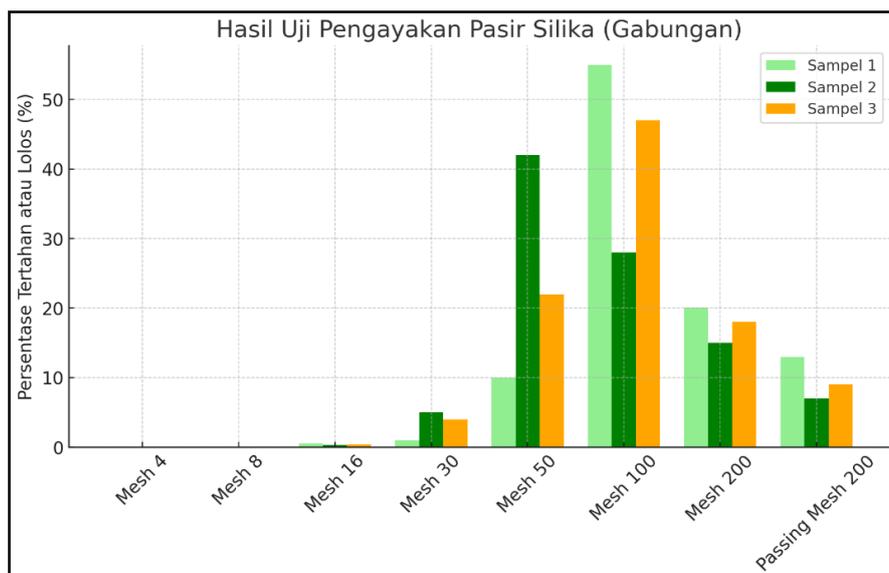
satunya adalah semikonduktor. Terdapat 12 parameter yang dianalisis, terdiri dari 10 unsur penting dan dua analisis untuk mengetahui kualitas lain pada sampel. Hasil analisis geokimia dari ketiga sampel tersebut ditampilkan pada Tabel 2. Histogram untuk menampilkan perbandingan komposisi kimia dari sampel-sampel tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 2. Sumur Uji untuk pengambilan sampel pasir kuarsa.



Gambar 1. Peta persebaran pasir kuarsa di lokasi penelitian



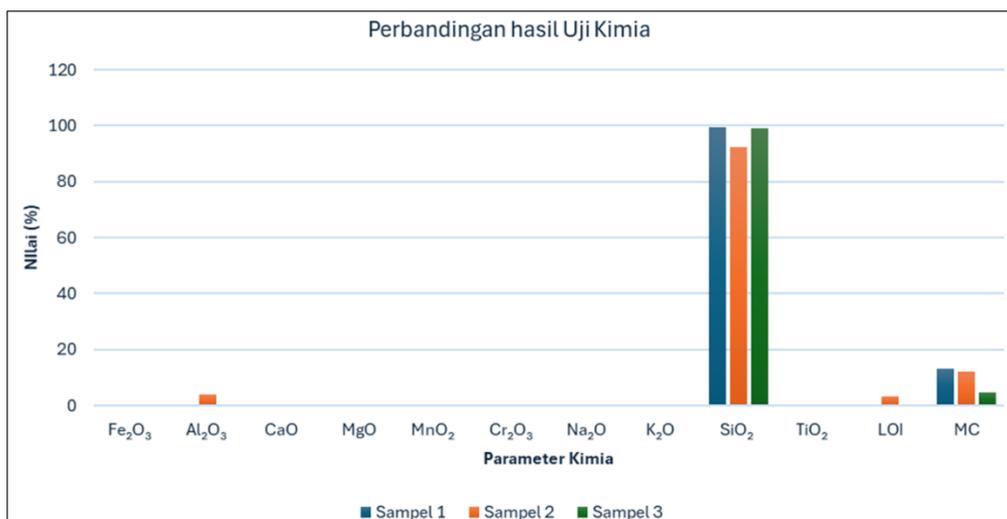
Gambar 3. Histogram ukuran butir pasir kuarsa

Tabel 1. Hasil analisis granulometri

| Sampel | Mean (ϕ) | Median (ϕ) | Skewness | Koefisien Sortasi (S_o) | Klasifikasi Sortasi |
|----------|-----------------|-------------------|----------|-----------------------------|---------------------|
| Sampel 1 | 3,38 | 3,55 | 0,13 | 0,84 | Baik |
| Sampel 2 | 4,05 | 4,35 | 0,22 | 1,02 | Sedang-Baik |
| Sampel 3 | 3,66 | 3,73 | 0,05 | 0,82 | Baik |

Tabel 2. Hasil analisis geokimia

| Parameter | Sampel 1 (%) | Sampel 2 (%) | Sampel 3 (%) | Analisis |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|---|
| Fe ₂ O ₃ | 0,008 | 0,080 | 0,042 | Kandungan Fe ₂ O ₃ tertinggi pada Sampel 2. Ini menunjukkan kualitas kemurnian lebih rendah pada Sampel 2 dibandingkan lainnya. |
| Al ₂ O ₃ | 0,01 | 3,95 | 0,25 | Al ₂ O ₃ sangat tinggi pada Sampel 2, menurunkan kemurnian pasir silika tersebut. |
| CaO | <0,004 | 0,015 | <0,004 | CaO lebih tinggi di Sampel 2, namun masih dalam batas kecil. |
| MgO | 0,002 | 0,032 | 0,003 | Kandungan MgO tertinggi pada Sampel 2, menandakan pengotor lebih tinggi. |
| MnO ₂ | <0,0003 | 0,002 | <0,0003 | Hanya Sampel 2 yang mendeteksi MnO ₂ , walaupun dalam jumlah sangat kecil. |
| Cr ₂ O ₃ | 0,003 | 0,001 | 0,005 | Kandungan Cr ₂ O ₃ tertinggi di Sampel 3, meskipun nilainya kecil. |
| Na ₂ O | <0,003 | <0,003 | <0,003 | Na ₂ O rendah di semua sampel, menunjukkan kemurnian stabil. |
| K ₂ O | <0,003 | 0,007 | <0,003 | K ₂ O tertinggi di Sampel 2, meskipun dalam jumlah kecil. |
| SiO ₂ | 99,31 | 92,17 | 99,13 | Sampel 1 dan Sampel 3 memiliki SiO ₂ > 99%, menunjukkan kualitas superior. Sampel 2 memiliki SiO ₂ terendah. |
| TiO ₂ | 0,14 | 0,31 | 0,15 | TiO ₂ tertinggi di Sampel 2, menunjukkan pengotor tambahan. |
| LOI | 0,42 | 3,37 | 0,31 | LOI tertinggi di Sampel 2, mengindikasikan volatil atau bahan organik lebih banyak. |
| MC | 13,21 | 12,26 | 4,76 | Kadar air tertinggi di Sampel 1, terendah di Sampel 3. |



Gambar 4. Histogram hasil analisis Geokimia

Geokimia Pasir Kuarsa

Analisis geokimia dilakukan untuk mengetahui kesesuaian pasir silika untuk aplikasi industri yang membutuhkan kemurnian tinggi, salah satunya adalah semikonduktor. Terdapat 12 parameter yang dianalisis, terdiri dari 10 unsur penting dan dua analisis untuk mengetahui kualitas lain pada sampel. Hasil analisis geokimia dari ketiga sampel tersebut ditampilkan pada Tabel 2. Histogram untuk menampilkan perbandingan komposisi kimia dari sampel-sampel tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

PEMBAHASAN

Hasil analisis geokimia dari tiga sampel tersebut menunjukkan adanya variasi signifikan, terutama pada unsur silikon dioksida (SiO₂). Sampel 1 dan sampel 3 menunjukkan kandungan (SiO₂) paling tinggi, lebih dari 99%. Sampel 2 menunjukkan kandungan (SiO₂) paling rendah, 92%. Kondisi ini mengindikasikan pengotor dengan jumlah yang lebih banyak dibandingkan 2 sampel lainnya.

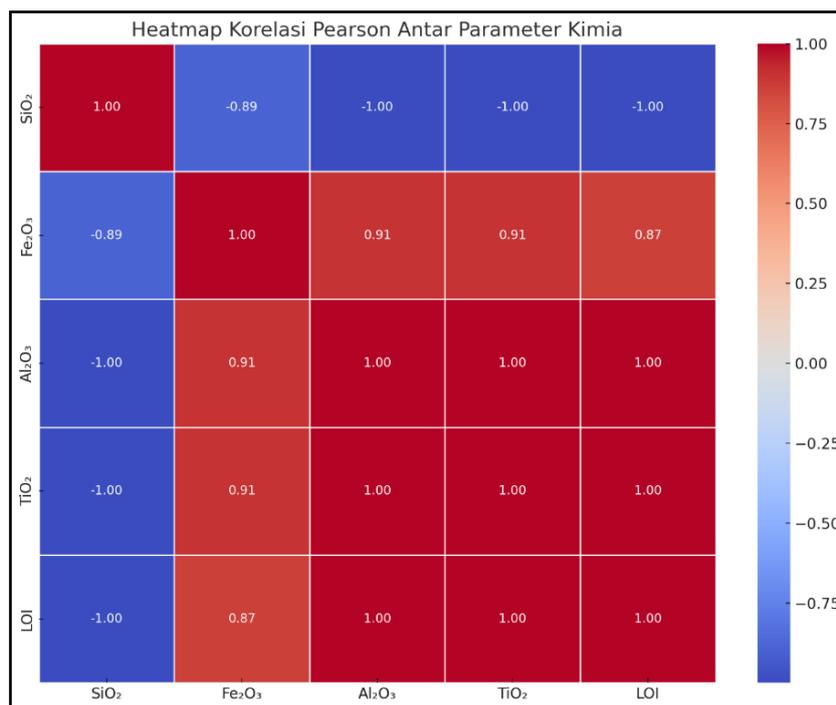
Selain perbedaan kandungan SiO₂, terdapat juga variasi signifikan dalam konsentrasi oksida logam pengotor. Sampel 2 memiliki kandungan oksida besi (Fe₂O₃) paling tinggi sebesar 0.080%, kandungan aluminium oksida (Al₂O₃) sebesar 3.95%, dan titanium dioksida (TiO₂) sebesar 0.31%. Hasil (LOI) pada sampel ini juga paling tinggi, yaitu 3.37%. Hal ini mengindikasikan tingginya bahan organik atau volatil pada sampel. Sampel 1 dan 3 menunjukkan pengotor yang lebih rendah. Sampel 1 mengandung Fe₂O₃, Al₂O₃, dan TiO₂ yang sangat rendah. Hal ini menjadikannya potensi yang lebih baik sebagai bahan baku

semikonduktor. Sampel 3 memiliki kandungan Cr₂O₃ yang lebih tinggi (0.005%) dibandingkan sampel lain, tetapi pengotor lainnya relatif lebih rendah.

Analisis Korelasi Pearson juga dilakukan pada penelitian ini untuk mengukur hubungan linear antara variabel unsur geokimia. Hal ini menunjukkan seberapa kuat dan searah hubungan antara variabel geokimia yang ada. Tujuan utamanya adalah memetakan korelasi antara mineral pengotor dengan mineral silika utama.

Korelasi Pearson menunjukkan adanya hubungan negatif yang sangat kuat antara kandungan SiO₂ dengan Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, sebagai mineral pengotor dan LOI (Gambar 5). Artinya, semakin tinggi kandungan pengotor, semakin rendah kemurnian SiO₂. Kandungan Al₂O₃ dan TiO₂ memiliki dampak yang paling signifikan terhadap penurunan kemurnian SiO₂. Unsur-unsur pengotor ini juga memiliki korelasi positif yang kuat satu sama lain, menunjukkan bahwa peningkatan salah satu pengotor cenderung diikuti oleh peningkatan pengotor lainnya.

Dalam konteks aplikasi semikonduktor, kandungan Fe₂O₃, Al₂O₃, dan TiO₂ pada ketiga sampel jauh melebihi batas yang diperbolehkan. Karena menurut data dari laporan Galalar Silica Sand Project yang digagas oleh Diatreme resource pada tahun 2020, komposisi pasir kuarsa yang digunakan sebagai bahan baku memiliki SiO₂ ≥ 99,7%, Fe₂O₃ ≤ 85 ppm, Al₂O₃ ≤ 140 ppm, dan TiO ≤ 500 ppm dan memiliki ukuran butir 24 – 140 mesh. Hadirnya pengotor ini dapat mengganggu sifat isolator, merusak struktur



Gambar 5. hasil analisis korelasi Pearson antar parameter yang diuji.

kristal, dan menyebabkan cacat pada wafer silikon. Pasir silika harus menjalani proses pemurnian lanjutan seperti leaching kimiawi, purifikasi dengan thermal plasma, atau proses flotasi/separasi magnetik untuk memenuhi standar bahan baku semikonduktor. Tanpa pemurnian ini, ketiga sampel tidak layak digunakan sebagai bahan baku semikonduktor.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil analisis kimia terhadap tiga sampel pasir kuarsa menunjukkan bahwa ketiganya tidak memenuhi standar kemurnian yang dibutuhkan untuk digunakan sebagai bahan baku dalam industri semikonduktor. Ketiga sampel tersebut memiliki kandungan pengotor seperti Fe₂O₃ (besi oksida), Al₂O₃ (aluminium oksida), dan TiO₂ (titanium dioksida) yang jauh melebihi batas yang diizinkan untuk aplikasi semikonduktor. Sampel 1, meskipun memiliki kandungan SiO₂ (silikon dioksida) tertinggi di antara ketiga sampel, masih mengandung pengotor dalam jumlah yang terlalu tinggi. Sampel 2 menunjukkan kualitas terendah dengan kandungan SiO₂ yang paling rendah dan tingkat pengotor yang sangat tinggi, sehingga tidak layak untuk aplikasi semikonduktor. Sampel 3, walaupun memiliki kandungan SiO₂ yang cukup tinggi, juga masih memiliki tingkat

pengotor yang tidak memenuhi standar yang dibutuhkan. Secara keseluruhan, kandungan pengotor ini dapat mengganggu sifat isolasi listrik, merusak struktur kristal silikon, dan menyebabkan cacat pada silikon wafer yang akan berpengaruh pada kualitas produk semikonduktor.

Analisis korelasi Pearson menguatkan kesimpulan ini dengan menunjukkan hubungan negatif yang sangat kuat antara kandungan SiO₂ dengan pengotor seperti Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, dan loss on ignition (LOI). Ini berarti bahwa semakin tinggi kandungan pengotor, semakin rendah kemurnian SiO₂, yang merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas pasir kuarsa. Kandungan Al₂O₃ dan TiO₂ memiliki dampak yang paling signifikan terhadap penurunan kemurnian SiO₂, dan unsur-unsur pengotor ini cenderung muncul bersamaan, mengindikasikan asal-usul material yang sama. Dengan demikian, ketiga sampel pasir kuarsa ini, tanpa proses pemurnian lebih lanjut, tidak dapat digunakan sebagai bahan baku dalam industri semikonduktor.

Saran

Berdasarkan hasil analisis geokimia pasir kuarsa dari ketiga sampel tersebut memerlukan proses pemurnian lanjutan. Proses ini dapat meliputi leaching kimiawi dengan menggunakan asam

untuk menghilangkan oksida logam pengotor, purifikasi dengan thermal plasma untuk mencapai tingkat kemurnian yang sangat tinggi (99,9999%), serta proses flotasi atau separasi magnetik untuk memisahkan Fe_2O_3 dan TiO_2 . Proses-proses ini akan meningkatkan kemurnian pasir kuarsa hingga memenuhi persyaratan ketat yang dibutuhkan untuk pembuatan silikon wafer.

Namun, tanpa melalui proses pemurnian tersebut, pasir kuarsa dari ketiga sampel ini masih memiliki nilai ekonomis dan dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi industri lain yang tidak memerlukan tingkat kemurnian setinggi industri semikonduktor. Sebagai contoh, Sampel 1 dan Sampel 3 yang memiliki kandungan SiO_2 tinggi, sangat cocok digunakan dalam industri kaca dan keramik. Sampel 2 dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri bata ringan. Dengan demikian, ketiga sampel pasir kuarsa ini masih dapat memberikan manfaat ekonomi yang optimal meskipun tidak memenuhi standar untuk bahan baku semikonduktor tanpa proses pemurnian. Penting untuk mempertimbangkan alternatif penggunaan ini untuk memaksimalkan nilai ekonomis dari setiap sampel pasir kuarsa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada PT. Uppu Barsel Malining sebagai sponsor yang mendanai penelitian ini mulai dari tahap lapangan sampai analisis geokimia yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Arif, S., Adibrata, P.F., Dzakiya, N., 2020. Karakteristik Endapan Sedimen: Studi Kasus Pantai Parangkusumo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Newton-Maxwell J. Phys.* 1, 25–31. <https://doi.org/10.33369/nmj.v1i1.14293>

Arif, S., Dzakiya, N., Kristiyana, S., Abadi, R.B., 2023. Identification of the Potential Quartz Sandstone in the Sambong Area By the Dipole-Dipole Configuration of Resistivity Method. *Geospatial Inf.* 7. <https://doi.org/10.30871/jagi.v7i1.5276>

Darwis, D., Syamsu, M., Ukhtiani, I., Metungku, N., Iqbal, M., Kasim, S., Khaerani, R., Sesa, E., 2017. Purification and Characterization of SiO_2 Based Quartz Sand from " Pasir Putih" Village, South Pamona District, in: 2nd International Conference on Education, Science, and Technology (ICEST 2017). Atlantis Press, hal. 214–216.

Handayani, S., Hindersah, R., Bang, S., Noviard, R., 2023. Biobeneficiation of Langkat quartz sand by using indigenous *Aspergillus niger* fungus. *Min. Miner. Depos.* 17.

Li, F., Jiang, X., Zuo, Q., Li, J., Ban, B., Chen, J., 2021. Purification mechanism of quartz sand by combination of microwave heating and ultrasound assisted acid leaching treatment. *Silicon* 13, 531–541. <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00457-7>

Li, S., Liang, Z., Zhou, W., Chen, J., 2024. Review of upscale quartz sand purification process: From raw material properties to efficient technologies. *Miner. Process. Extr. Metall.* 133, 171–190. <https://doi.org/10.1177/25726641241301583>

Xia, M., Yang, X., Hou, Z., 2024. Preparation of High-Purity Quartz Sand by Vein Quartz Purification and Characteristics: A Case Study of Pakistan Vein Quartz. *Minerals* 14, 727. <https://doi.org/10.3390/min14070727>

Xie, Y., Xia, M., Yang, X., Khan, I., Hou, Z., 2024. Research on 4N8 High-Purity Quartz Purification Technology Prepared Using Vein Quartz from Pakistan. *Minerals* 14, 1049. <https://doi.org/10.3390/min14101049>

Zeng, H., Lei, S., Liu, Y., Zhang, F., 2012. Effect and complexation mechanism of complex ion in quartz purification by oxidation leaching. *Min. Res. Dev.* 6, 67–70. <https://doi.org/10.3390/min14070727>

Zhang, Q.D., Li, X.L., Song, Y.S., Zhou, G.Y., 2017. Experimental Research on preparation technics of high-purity quartz material. *Key Eng. Mater.* 748, 17–21. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KeyEng.748.1>