

IDENTIFIKASI SUMBER OBSIDIAN DI MERANGIN DAN SAROLANGUN, PROVINSI JAMBI, BERDASARKAN ANALISIS PORTABLE X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETRY (pXRF)

Mohammad Ruly Fauzi¹, Andy S Wibowo¹, dan Rhis Eka Wibawa¹

¹Balai Arkeologi Sumatra Selatan

Jl. Kancil Putih, Demang Lebar Daun, Kec. Ilir Bar. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30137

fauziruly@gmail.com

Abstract, Multiple-Sources Identification of Obsidian in Merangin and Sarolangun (Sumatra) Based on Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry (pXRF) Determination. Prehistory of Sumatra well characterized by its abundant numbers of obsidian industry, one of which is in Jambi Province. However, determination on the geochemical characteristic of obsidian from Jambi is still lacking. Portable X-Ray Fluorescence analysis (pXRF) on obsidian samples from Merangin and Sarolangun proved the existence of three different obsidian sources in Jambi. It is obtained through the determination of pXRF on the particular trace elements: Rb, Sr, Zr, Y, Nb, Ti and Mn. The results are then analyzed by the Principal Component Analysis (PCA) to arrange the same obsidian sources. This result is then corroborated with the Independent Sample T-Test. This analysis reveals the similarity in trace-element concentration amongst the same source, as well as their differences within different sources. This study contributes to the identification of two new obsidian sources from Sarolangun that have never been reported before. As a result, there are five known-sources of obsidian in Southern Sumatra, in which three other sources were previously identified by Ambrose et al. (2009) and Reepmeyer et al. (2011).

Keywords: Obsidian Source, XRF, Geoarchaeology, Prehistory of Sumatra

Abstrak, Prasejarah Sumatra terkenal dengan industri obsidiannya yang melimpah. Salah satu di antaranya di wilayah Jambi. Namun, determinasi karakteristik geokimia obsidian dari wilayah Jambi hingga saat ini jumlahnya masih sangat terbatas. Analisis *Portable X-Ray Fluorescence* (pXRF) pada sampel obsidian dari Merangin dan Sarolangun membuktikan adanya tiga sumber obsidian yang berbeda di wilayah Jambi. Perbedaan tersebut diperoleh melalui determinasi pXRF pada unsur jejak Rb, Sr, Zr, Y, Nb, Ti, dan Mn. Hasil determinasi kemudian dianalisis dengan metode *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mengelompokkan sumber obsidian yang sama. Hasil analisis tersebut diperkuat oleh analisis *Independent Sample T-Test* yang menunjukkan kemiripan proporsi unsur jejak pada sumber yang sama, sekaligus perbedaannya pada sumber yang berlainan. Studi memberikan kontribusi berupa identifikasi dua sumber obsidian baru dari Sarolangun (Batang Asai 1 dan 2) yang belum pernah dilaporkan sebelumnya. Dengan demikian, terdapat lima sumber obsidian di Sumatra bagian selatan dan tiga sumber lainnya (*i.e.* Kerinci, OKU dan Tapus) telah berhasil diidentifikasi oleh Ambrose dkk. (2009) dan Reepmeyer dkk. (2011).

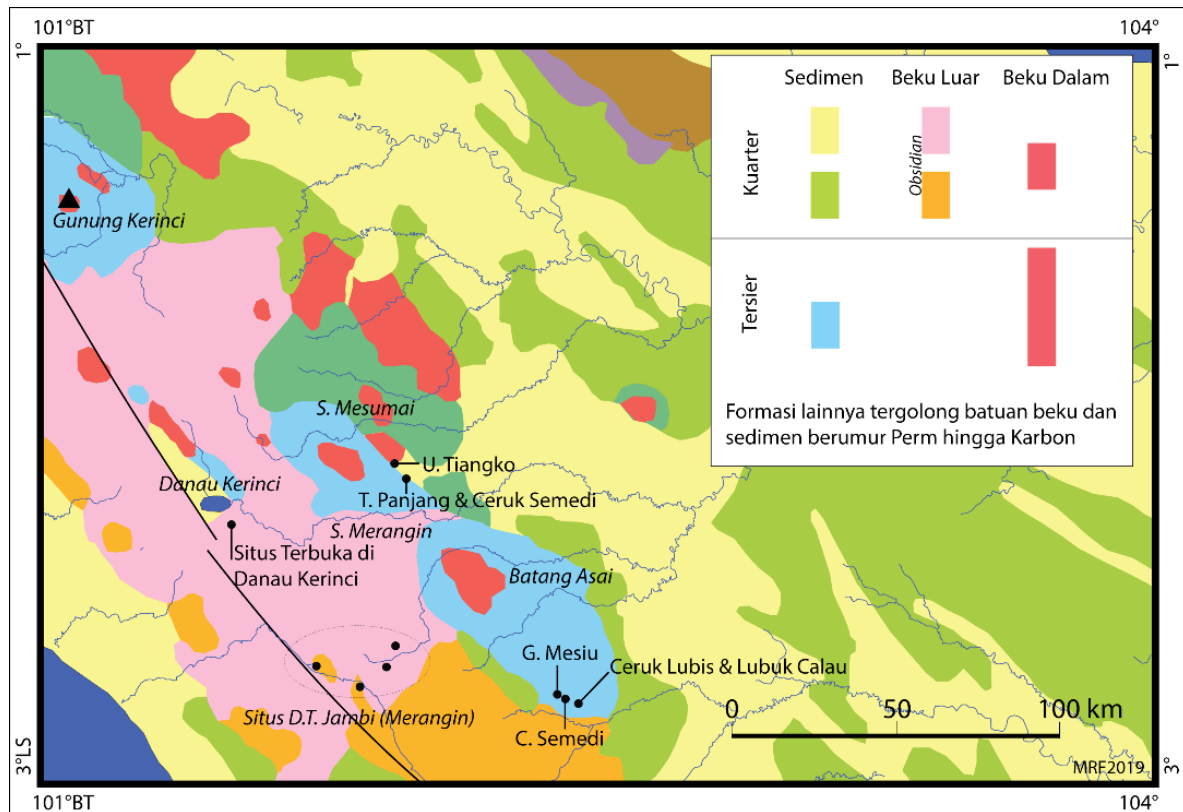
Kata Kunci: Sumber Obsidian; XRF; Geoarkeologi; Prasejarah Sumatra

1. Pendahuluan

Obsidian merupakan batuan gelas vulkanik yang kerap dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan artefak batu di Sumatra bagian selatan, khususnya di wilayah Jambi. Sejak pertama kali dilaporkan adanya artefak batu obsidian di Sumatra (*i.e.* Sarasin 1914; Tobler 1917;

Zwierzycki 1926), kajian yang telah dilakukan masih terbatas pada deskripsi teknologis, distribusi, dan konteks kronologinya (Asmar 1989; Fauzi dan Budisantosa 2016; Fauzi 2015; Simanjuntak dkk. 2006; Bonatz 2004). Meskipun analisis geokimia telah dilakukan pada sejumlah sampel obsidian dari Sumatra (*e.g.* Reepmeyer

Naskah diterima tanggal 17 Desember 2018, diperiksa 18 Mei 2019, dan disetujui tanggal 18 Mei 2019.



Gambar 1. Peta menunjukkan singkapan geologi yang mencakup wilayah Merangin, Sarolangun, dan Kerinci dengan lokasi temuan obsidian (Peta dimodifikasi dari Barber, Crow, dan Milsom 2005; Kusnama dkk. 1992; Rosidi dkk. 1996).

dkk. 2011; Spriggs dkk. 2011; Ambrose dkk. 2009), sifatnya masih sangat umum dengan jumlah spesimen yang terbatas. Oleh sebab itu, hanya sedikit sumber obsidian Sumatra yang diketahui berdasarkan karakter komposisi geokimianya, yaitu di wilayah Kerinci, Ogan Komerung Ulu (Gua Silabe dan Tapak Harimau), dan Tapus.

Hingga saat ini belum ada kajian geokimia yang secara khusus menghubungkan artefak obsidian dari situs prasejarah di Sumatra dengan lokasi sumber bahan baku (*site-quarry*). Padahal, banyak situs prasejarah yang mengandung artefak obsidian berada di kawasan batugamping ataupun *karst* yang notabene bukanlah lingkungan terbentuknya batuan beku vulkanik seperti obsidian. Hal ini tentunya tidak berlaku pada situs-situs terbuka di wilayah Dataran Tinggi Jambi (e.g. Danau Kerinci) yang berada pada formasi produk aktivitas gunung api. Pendukung budaya pada situs yang lokasinya di sekitar Danau Kerinci sangat mungkin memperoleh

bahan baku obsidian di lingkungan sekitar situs (lihat Gambar 1). Masyarakat penghuni gua dan ceruk prasejarah yang jauh dari sumber batuan tersebut tentunya membutuhkan strategi khusus untuk dapat memperoleh bahan baku obsidian.

Beberapa kajian awal terhadap kemungkinan adanya sejumlah sumber obsidian yang berbeda telah dilakukan di wilayah Merangin, Jambi (Fauzi dan Budisantosa 2016; Bronson dan Asmar 1975) dan OKU, Sumatra Selatan (Fauzi 2015). Namun, kajian tersebut belum dapat menentukan secara spesifik lokasi sumber pemerolehan bahan baku obsidian oleh manusia prasejarah. Hingga saat ini pengetahuan mengenai lokasi sumber obsidian di Sumatra masih terbatas pada sungai sebagai lokasi utama pemerolehan bahan baku dalam bentuk kerakal. Pendapat tersebut didasari oleh kondisi permukaan kulit batu (korteks) yang telah membundar (*rounded*) pada sejumlah situs, seperti di situs-situs gua hunian di Bukit Bulan, Sarolangun (Fauzi 2016) dan Merangin (Fauzi dkk. 2016). Asumsi mengenai

sungai sebagai lokasi pemerolehan bahan baku obsidian di Wilayah Merangin juga telah diutarakan oleh Bronson dan Asmar (1975, 137). Meskipun demikian, asumsi awal tersebut masih berdasarkan keberadaan nodul/krakal obsidian di dasar Sungai Mesumai (Muaro Panco) yang lokasinya tidak jauh dari Tiangko Panjang.

Analisis geokimia untuk menentukan sumber bahan baku dan mobilitas artefak obsidian telah dimulai sejak tahun 1960-an. Sejak mulai berkembangnya hingga saat ini, teknik analisis geokimia untuk penentuan unsur yang terkandung di dalam obsidian cukup beragam melalui *Inductively Coupled Plasma Optical-Emission/Mass-Spectrometry* (ICP-OES/MS), *Instrumental Neutron Activation Analysis* (INAA), *X-Ray Fluorescence Spectrometry* (XRF), dan lain-lain (Rapp 2009, 22; R.H. Tykot 2017, 267–68). Dari berbagai teknik analisis yang tersedia, XRF merupakan salah satu teknik analisis yang nondestruktif (Forster dan Grave 2012). Kelebihan lain analisis XRF adalah inovasi pada perangkatnya yang kini relatif kecil dan ringkas (*portable*) jika dibandingkan dengan sebelumnya. Meskipun harga perangkatnya tergolong mahal, *Portable XRF* (pXRF), dinilai masih lebih efisien dibandingkan dengan teknik lainnya. Hal tersebut disebabkan oleh pXRF dapat memangkas biaya operasional laboratorium serta kemampuannya untuk menganalisis banyak sampel dalam waktu yang relatif singkat (Shackley 2012, 1).

Dengan berlatarbelakang berbagai kelebihan teknik analisis geokimia dengan pXRF, kajian sumber bahan baku obsidian pun belakangan ini berkembang dengan pesat. Pada umumnya kajian sumber bahan baku dengan pXRF mencakup jumlah sampel yang cukup banyak (e.g. Abedi, Varoutsikos, dan Chataigner 2018; Campbell dan Healey 2016; Forster dan Grave 2012; Sheppard dkk. 2011). Keuntungan dari banyaknya jumlah sampel yang terdeterminasi dapat dilakukannya pengelompokan sumber tertentu berdasarkan kemiripan karakteristik

komposisi unsur. Pengelompokan tersebut tidak hanya terbatas pada sumber yang telah diketahui secara pasti lokasinya, tetapi juga untuk sumber yang belum diketahui (*unknown source*) (e.g. Abedi, Varoutsikos, dan Chataigner 2018).

Analisis geokimia pada obsidian dengan menggunakan pXRF mampu menghasilkan informasi banyak unsur kimia, baik unsur mayor (*major elements*) maupun jejak (*trace elements*). Namun, tidak seluruh unsur tersebut digunakan sebagai acuan dalam pengelompokan sumber bahan baku obsidian. Forster dan Grave (2012, 731) telah menguraikan dua alasan utama mengapa unsur Fe, Rb, Sr, Zr, Y, dan Nb (*sourcing*). Pertama, jenis unsur yang digunakan harus memiliki reliabilitas tinggi jika diukur dengan metode XRF. Kedua, kandungan dan proporsi unsur tersebut harus bervariasi antara sumber satu dan yang lain, tetapi cenderung identik pada spesimen yang berasal dari satu gunung api yang sama (lihat juga Ferguson 2011, 408).

Ramainya penggunaan perangkat pXRF dalam kajian arkeologi bukannya tidak mengundang perdebatan di kalangan akademisi. Perdebatan tersebut pada umumnya didasarkan pada reliabilitas hasil pengukuran proporsi unsur-kimia yang dihasilkan oleh pXRF. Beberapa ahli berpendapat bahwa hasil pengukuran pXRF memerlukan kalibrasi menggunakan hasil determinasi laboratorium (e.g. ICP-MS/OES, INAA, dll.) yang biasanya dirilis dalam bentuk *standard/certified reference material*¹. Ada pula yang berpendapat bahwa protokol kalibrasi bawaan pabrik pada internal perangkat pXRF sudah memadai sebagai data analisis (Frahm 2013). Beberapa akademisi menggunakan “kalibrasi internal”, yaitu melalui perbandingan antara hasil determinasi pXRF dan pengujian laboratorium menggunakan metode lainnya (Foster dan Grave 2012). Artikel ini akan menyajikan data hasil

¹ Contoh material standar kalibrasi khusus obsidian yang dirilis oleh *National Institute of Standard and Technology* (NIST) Amerika Serikat dapat dilihat pada tautan di bawah ini: https://www-s.nist.gov/sr_mors/certificates/view_certGIF.cfm?certificate=278

pengujian obsidian menggunakan pXRF dengan memanfaatkan protokol kalibrasi bawaan parik serta komparasinya dengan data karakteristik geokimia obsidian dari Sumatra yang telah dipublikasikan.

Wilayah Sumatra bagian selatan yang mencakup Provinsi Jambi, Sumatra Selatan, Bengkulu, dan Lampung telah sejak lama dikenal sebagai lokasi sumber batuan obsidian. Wilayah di sekitar Danau Kerinci yang terletak di Dataran Tinggi Jambi (*ca.* 783 mdpal) merupakan salah satu daerah yang diperkirakan menjadi sumber bahan obsidian lokal bagi situs Paleometalik di kawasan tersebut (Heekeren 1972, 139). Sumber obsidian lainnya diperkirakan berada di wilayah Merangin, tepatnya di Muara Panco, yaitu daerah di antara Batang (sungai) Merangin dan Tabir. Kerakal obsidian di wilayah tersebut diperkirakan menjadi bahan baku bagi penghuni situs gua Tiangko Panjang dari periode Preneolitik sekitar 9210 ± 130 uncalBP (Bronson dan Asmar 1975, 136). Masih di wilayah yang sama, artefak obsidian terbukti digunakan oleh masyarakat Neolitik pada situs hunian temporer di Ceruk Landai yang memberikan pertanggalan ^{14}C 2956 ± 183 calBP (Fauzi 2017, 10).

Lokasi lainnya berada di Dataran Tinggi Jambi, yaitu situs Bukit Arat, yang memberikan pertanggalan *Thermoluminescence* 1390 ± 260 BC hingga 1205 ± 270 BC untuk lapisan Neolitik yang mengandung artefak obsidian (Tjoa-Bonatz 2012, 23). Di sebelah selatan, tepatnya di daerah OKU, artefak obsidian juga ditemukan di Gua Harimau menunjukkan karakter hunian Preneolitik hingga Paleometalik (Fauzi, Oktaviana, dan Budiman 2015, 146; Fauzi 2015, 117–18). Artefak obsidian yang diperkirakan berasal dari periode yang lebih muda (akhir Paleometalik?), juga ditemukan di situs terbuka, seperti Tapak Harimau (Simanjuntak dkk. 2006, 30). Luasnya distribusi artefak obsidian di wilayah Sumatra bagian selatan mencerminkan pentingnya batuan gelas vulkanik ini pada masa prasejarah. Pemanfaatannya sebagai bahan baku

dalam industri litik di Sumatra juga mencakup rentang waktu yang panjang, yaitu setidaknya sejak periode Preneolitik hingga Paleometalik. Tentunya kondisi tersebut memicu pertanyaan mendasar, yaitu faktor apa saja yang menyebabkan artefak obsidian sangat luas distribusinya di situs prasejarah Sumatra?

Luasnya persebaran obsidian di Sumatra tidak terlepas dari kondisi alamiah fisiografi dan geologi regionalnya. Sumatra merupakan pulau ketiga terbesar/terluas di Indonesia yang memiliki serangkaian gunung api, baik yang masih aktif maupun purba. Serangkaian gunung api muda berumur kuartar dapat ditemukan di daerah perbukitan barisan yang memanjang arah barat laut-tenggara. Obsidian merupakan batuan gelas vulkanik yang sangat rentan akan pelapukan melalui proses devitrifikasi sehingga pada umumnya ditemukan pada endapan gunung api muda (McCall 2005, 3:267). Keberadaan sejumlah gunung api muda serta endapan produknya tentunya menjadi alasan utama begitu luasnya pemanfaatan batuan obsidian di Sumatra. Namun Meskipun demikian, khusus di kawasan kars seperti Merangin dan Sarolangun, peran manusia sebagai agen utama penyebab berpindahnya obsidian dari deposit primer ke situs prasejarah tampak lebih menonjol.

Perlu dipahami bahwa keberadaan obsidian pada situs hunian di kawasan kars memunculkan problematika tersendiri. Obsidian secara alamiah tidak terbentuk di lingkungan kars. Obsidian merupakan batuan beku luar (*extrusive*) yang berasal dari magma kental sehingga menghambat proses pembentukan kristal di dalamnya (Rapp 2009, 85). Oleh sebab itu, asosiasi antara obsidian dan endapan produk gunung api tidak mungkin bisa terpisahkan (lihat Gambar 1). Eksistensi obsidian di lingkungan kars tampaknya hanya dapat disebabkan oleh dua faktor. Faktor pertama, adanya sumber primer yang dapat diakses oleh manusia, baik secara langsung maupun pertukaran (lihat Robert H. Tykot dan Chia 1997; Bellwood dan Koon 1989). Faktor kedua, keberadaan

sungai sebagai lokasi terkumpulnya berbagai jenis batuan, termasuk batuan kersikan (*silicified*) dan obsidian yang sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan artefak batu. Faktor kedua sudah diulas secara mendalam pada situs-situs gua prasejarah yang berada di OKU (Fauzi 2015, 107) serta Kerinci dan Sarolangun (Fauzi dan Budisantosa 2016, 48–50).

2. Gambaran Data dan Metodologi

Kajian terhadap sumber bahan baku obsidian dari Merangin dan Sarolangun menggunakan pendekatan kualitatif (jenis unsur yang terdeterminasi) dan kuantitatif (proporsi unsur yang terdeterminasi dalam satuan *part per million* atau ppm). Hasil determinasi unsur jejak pada artefak dan spesimen geologis dari Merangin-Sarolangun merupakan data primer dalam penelitian ini. Informasi kandungan unsur kimia jejak pada obsidian dari Sumatra yang dikumpulkan dari literatur menjadi data sekunder. Identifikasi sumber bahan baku obsidian Merangin-Sarolangun dilakukan dengan membandingkan hasil determinasi sejumlah kandungan unsur kimia jejak pada artefak dan spesimen geologi (data primer) serta membandingkannya dengan informasi proporsi kandungan unsur kimia jejak yang sama dari literatur (data sekunder).

Data primer merupakan hasil determinasi pXRF pada 37 spesimen artefak obsidian dari situs hunian ceruk dan gua yang berada Kabupaten Merangin dan Sarolangun. Hasil determinasi dibatasi pada beberapa unsur kimia jejak yang umum digunakan sebagai dasar pengelompokan sumber bahan baku obsidian, antara lain Rb, Sr, Zr, Y, Nb, Ti, dan Mn. Situs yang mewakili artefak obsidian dari Merangin yaitu Ceruk Landai ($n=4$). Situs yang mewakili artefak obsidian dari Sarolangun adalah Gua Mesiu ($n=20$), Ceruk Semedi ($n=2$), Ceruk Ceruk Lubis ($n=2$), dan Ceruk Lubuk Calau ($n=1$). Data pendukung karakter geokimia dari sumber obsidian yang bersifat lokal diperoleh melalui

deskripsi dan analisis geokimia pada spesimen geologis. Spesimen geologis yang dianalisis berupa kerakal bahan baku obsidian yang diperoleh dari Batang Asai ($n=8$), Kabupaten Sarolangun. Analisis dibatasi pada analisis khusus yang terdiri atas deskripsi karakteristik bahan baku dan determinasi unsur kimia melalui pengaplikasian pXRF.

Data sekunder meliputi informasi unsur jejak (*e.g.*, Rb, Sr, Zr, Y, Nb, Ti, dan Mn) pada artefak obsidian dari situs lainnya di Sumatra yang telah dipublikasikan (*e.g.* Reepmayer dkk. 2011; Ambrose dkk. 2009). Hasil determinasi unsur kimia jejak pada spesimen obsidian dari Sarolangun dan Merangin kemudian dibandingkan dengan data sekunder tersebut. Tujuannya adalah untuk melihat kemungkinan adanya artefak yang berasal dari sumber sama dengan beberapa sumber yang telah teridentifikasi sebelumnya. Komparasi yang dilakukan juga bertujuan untuk meninjau kemungkinan adanya sumber- obsidian lainnya di Sumatra yang belum pernah diulas berdasarkan karakteristik geokimianya. Sampel obsidian yang dipilih yaitu spesimen dengan ketebalan >10 mm agar analisis dapat mencakup beberapa unsur jejak kimia yang umum dipakai dalam analisis pXRF (lihat Shackley 2012, 1). Sampel dalam kondisi bersih diletakkan pada *mounting foam* hingga stabil dengan permukaan paling rata berada di atas untuk dianalisis dengan perangkat pXRF merk *Olympus tipe Innov-X Delta Mining and Geochemistry Handheld XRF Analyzer* milik BPCB Jambi. Penyelarasan (*calibration*) dilakukan dengan keping material standar bawaan pabrik serta pengaturan kalibrasi pada mode *Geochem Analyzer*. Mode pengukuran *geochem analyzer* dilakukan dengan pancaran dua gelombang energi masing-masing 10 keV dan 40 keV pada selama ~60 detik (otomatis). Unsur yang terdeteksi pada mode tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Analisis pXRF menghasilkan data kualitatif (jenis unsur) dan kuantitatif (konsentrasi unsur

Tabel 1. Unsur yang terdeteksi dengan Innov-X Delta Mining and Geochemistry Handheld XRF Analyzer pada mode analisis Geochem Analyzer

Energi X-Ray	Unsur Terdeteksi (dalam satuan % dan ppm)
Beam 1 (40 keV)	V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ta, W, Hg, As, Pt, Au, Pb, Bi, Rb , U, Sr , Y , Zr , Th, Nb , Mo, Rh, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb, dan <i>Light Elements</i> (LE dalam konsentrasi total)
Beam 2 (10 keV)	Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti , Mn

Catatan: Unsur yang dijadikan variabel (*elements of interest*) dicetak tebal.

dalam satuan % dan ppm) dari sampel obsidian. Determinasi pXRF dapat menginformasikan konsentrasi keseluruhan (total) unsur ringan atau **LE** (*light elements*) yang tidak terdeterminasi oleh perangkat (umumnya berwujud gas seperti O dan H). Determinasi pXRF terhadap kandungan unsur yang berwujud logam padat (*heavy elements*) menghasilkan informasi jenis serta konsentrasinya, yaitu dalam satuan % untuk unsur mayor dan ppm untuk unsur minor. Unsur logam yang terdeterminasi pada obsidian sebagian besar merupakan unsur jejak (*trace elements*). Adapun jenis unsur jejak (konsentrasinya <1%) yang dipilih sebagai variabel (*element of interest*) dalam analisis, antara lain **Rb**, **Sr**, **Zr**, **Y**, **Nb**, **Ti** dan **Mn**. Alasannya adalah data sekunder yang digunakan sebagai pembanding dari Kerinci (Jambi), Tapus (Bengkulu), dan Ogan Komering Ulu (Sumsel) hanya menginformasikan ketujuh unsur tersebut.

Unsur di atas kemudian diolah dengan perangkat lunak *MS. Excel*, *PAST 3.0*, dan *SPSS 16.0* untuk menghasilkan gambaran statistik deskriptif dan pengujian parametrik. Pembandingan konsentrasi unsur dilakukan dengan teknik *bivariate plot* dan *ternary plot* serta pengaplikasian *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Independent Sample T-Test* dengan mengacu pada protokol Glascock, Braswell, dan Cobean (1998). Kemiripan konsentrasi unsur jejak menjadi acuan dalam menentukan grup sumber bahan baku obsidian. Hal ini diterapkan karena obsidian merupakan jenis batuan gelas vulkanik yang kandungan mineralnya cenderung identik dengan lokasi sumbernya (Rapp 2009,

87–88). Kondisi tersebut memungkinkan dilakukannya penelusuran sumber bahan baku obsidian berdasarkan kemiripan konsentrasi unsur jejak yang terkandung di dalamnya (*e.g.*, Reepmayer dkk. 2011; Ambrose dkk. 2009; dan Spriggs dkk. 2011).

Untuk memperdalam hasil determinasi geokimia, analisis khusus pada sampel obsidian dilakukan melalui deskripsi unit bentuk (*form*) yang meliputi warna, kilau (*luster*), bentuk/kondisi korteks pada sisi dorsal (membundar hingga angular), serta kenampakan *spherulite* di permukaan. Deskripsi variabel tersebut kemudian disandingkan dengan interpretasi analisis unsur geokimia untuk mencari kemungkinan karakteristik tertentu sebagai indikator sumber yang berbeda. Komparasi tersebut bertujuan agar hasil identifikasi dapat menjadi rujukan dalam penelusuran sumber obsidian lainnya di kawasan Merangin dan Sarolangun.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Identifikasi dan determinasi konsentrasi unsur dengan pXRF pada 37 sampel obsidian dari Sarolangun dan Merangin mampu mendeteksi 30 unsur mayor dan minor atau jejak, antara lain Si, Al, K, Fe, Ca, Mg, S, Ti, P, Mn, V, Rb, Sr, Zr, Zn, Ta, Bi, Pb, Ag, Y, As, Th, Hg, Nb, Mo, Ni, Cr, Sb, U, dan Pd. Namun hanya tiga belas unsur mayor dan jejak yang terdeteksi di seluruh sampel, yaitu Si, Al, K, Fe, Ti, Mn, Rb, Sr, Zr, Zn, Ta, Pb, dan Y. Unsur ringan (LE) tidak terdeteksi dan hanya direpresentasikan oleh konsentrasi total dalam satuan persen (%). Untuk membatasi jumlah variabel, dipilih unsur jejak, seperti Rb,

Sr, Zr, Y, Nb, Ti, dan Mn (Tabel 5). Alasannya adalah ketujuh unsur jejak tersebut juga menjadi *element of interest* dari sumber obsidian lainnya di Sumatra yang telah dipublikasikan (lihat Ambrose dkk. 2009; Reepmayer dkk. 2011). Dengan adanya data pembandingan, dapat dilakukan validasi data untuk menilai akurasi pengukuran pXRF yang telah dilakukan.

a. Identifikasi Sumber Bahan Baku Obsidian Sarolangun

Dari kedua wilayah yang menjadi fokus analisis, hanya Sarolangun yang menunjukkan kemungkinan lokasi pemerolehan bahan baku obsidian. Bronson dan Asmar (1975, 7) telah memublikasikan beberapa kemungkinan lokasi pemerolehan bahan baku kerakal obsidian di wilayah Merangin, yaitu di daerah aliran Sungai Mesumai, Sungai Merangin, dan Sungai Tembesi. Meskipun demikian, laporan tersebut tidak dilengkapi dengan informasi kandungan unsur kimia, baik dari bahan baku maupun artefak yang diperoleh di Situs Gua Tiangko Panjang. Untuk wilayah Sarolangun, Batang Asai merupakan satu-satunya lokasi yang mewakili sumber bahan baku obsidian.

Principal Component Analysis (PCA) pada hasil determinasi unsur jejak (Rb, Sr, Zr, Y, dan

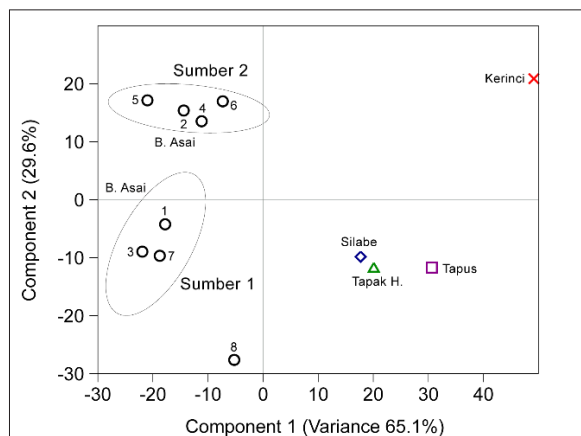
Nb) delapan spesimen geologis dari Batang Asai (Kecamatan Limun) mengindikasikan adanya dua sumber primer yang berbeda dengan satu sampel sebagai *outlier* (ASA8) (Gambar 2). Sumber primer pertama diwakili oleh tiga sampel, yaitu ASA1, ASA3, dan ASA7. Ketiga sampel tersebut dicirikan dengan karakter fisik spesimen berwarna hitam jernih; tidak berlapis; kilap (*luster*) transparan menyerupai kaca; serta kenampakan *spherulite* yang sedikit hingga sedang di permukaannya. Bahan baku dari sumber primer pertama ditemukan dalam bentuk kerakal yang telah membulat sempurna (*well-rounded*).

Sumber primer kedua diwakili oleh empat sampel, yaitu ASA2, ASA4, ASA5, dan ASA6. Keempat sampel tersebut memiliki ciri fisik warna hitam jernih hingga abu-abu; kilap bening-berkabut (*smoky-gray*); tidak berlapis; serta sedikit sekali menampakan *spherulite* pada permukaannya. Bahan baku dari sumber primer kedua ditemukan dalam bentuk kerakal yang telah membulat sempurna (*well-rounded*) dan agak menyudut (*sub-angular*). Hal menarik dari kelompok sumber obsidian kedua adalah sampel ASA5 yang menunjukkan karakter agak berbeda dengan sampel lainnya. Kerakal obsidian ASA5 tampak kurang jernih (sedikit tembus cahaya),

Tabel 2. Konsentrasi Unsur Jejak (dalam ppm) pada Sampel Kerakal Bahan Baku Obsidian dari Batang Asai (Sarolangun) dan Spesimen Pembandingan dari Sumatra.

Lokasi	Rb	Sr	Zr	Y	Nb	Ti	Mn
Batang Asai (n=8)							
Sumber 1 (n=3)	96.00	44.67	49.67	17.33	2.67	658.67	1174.67
St Dev.	1.73	2.89	2.52	1.15	2.31	109.44	25.81
Sumber 2 (n=4)	86.83	67.50	51.75	16.33	3.88	678.67	1076.58
St Dev.	4.98	4.12	0.96	1.05	2.90	99.69	76.85
Outlier ASA8 (n=1)	120.00	39.00	44.00	17	5	743	1183
Kerinci (n=1)	133.00	104.00	72.00	5.00	1.00	715.00	339.00
Tapak Harimau (n=4)	130.00	66.70	50.60	14.90	11.80	693.40	833.60
St Dev.	2.90	1.20	0.20	0.00	0.20	171.40	61.80
Silabe (n=1)	127.00	66.70	50.50	14.80	11.40	602.50	808.80
Tapus (n=1)	136.70	67.10	71.40	20.20	5.60	660.40	306.70

Keterangan: Konsentrasi unsur jejak Kerinci berdasarkan Ambrose dkk. (2009); Tapak Harimau, Silabe, dan Tapus berdasarkan Reepmayer dkk. (2011). Seluruh angka dalam satuan ppm (10⁻⁶) dan tidak termasuk sampel *outlier* (ASA8).

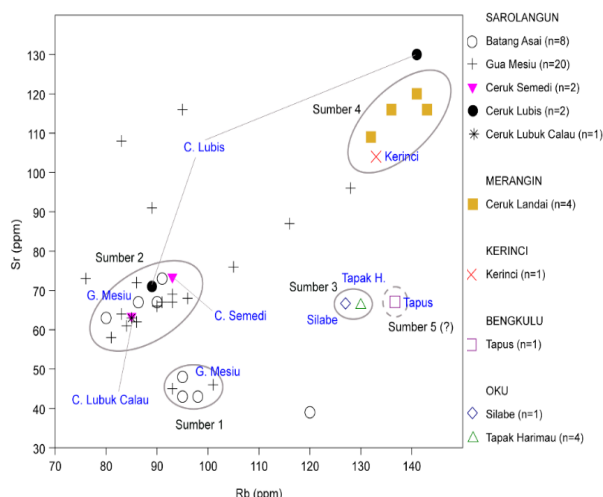


Gambar 2. Principal Component Analysis pada unsur jejak Rb, Sr, Zr, Y, dan Nb menghasilkan dua sumber berbeda (*concentration ellipses* 68%) pada himpunan obsidian dari Batang Asai serta perbedaannya dengan kelompok obsidian dari sekitar OKU (Tapak Harimau dan Gua Silabe), Tapus (Bengkulu), dan Dataran Tinggi Kerinci.

agak berkabut, berwarna lebih terang (abu-abu kebiruan), serta berbentuk yang agak menyudut (*sub-angular*). Permukaannya pun tidak terlalu licin sebagaimana ditunjukkan oleh bahan baku kerakal obsidian dari Batang Asai yang lainnya.

Analisis PCA menunjukkan kerakal obsidian dari Batang Asai berbeda dengan beberapa sumber obsidian yang telah terdeterminasikan sebelumnya, yaitu dari Kerinci, Ogan Komering Ulu (Tapak Harimau dan Silabe), dan Tapus (Bengkulu) (lihat Ambrose dkk. 2009; Reepmayer dkk. 2011). Secara kualitatif, obsidian dari Batang Asai memiliki konsentrasi unsur Rb dan Nb yang jauh lebih sedikit jika dibandingkan dengan spesimen dari Kerinci, Tapak Harimau, Silabe, dan Tapus (Tabel 2). Secara kualitatif, bahan baku kerakal obsidian dari Batang Asai juga dicirikan oleh tingginya konsentrasi unsur Mn jika dibandingkan dengan empat sumber lainnya dari Sumatra (lihat Tabel 5 pada lampiran).

Penyertaan data sekunder berupa konsentrasi unsur jejak dari lokasi sumber obsidian lainnya, seperti Tapus, Kerinci, Tapak Harimau, dan Silabe mendukung validitas dari analisis PCA yang telah dilakukan. Hal ini ditunjukkan oleh berbedanya karakteristik geokimia obsidian dari sumber Tapus (Bengkulu) dengan Kerinci (Jambi), serta kemiripan antara sumber Silabe dan



Gambar 3. Bivariate plot unsur jejak Rb v.s. Sr pada sampel kerakal dan artefak obsidian Merangin-Sarolangun serta data perbandingannya menunjukkan lima sumber bahan baku yang berbeda.

Tapak Harimau (OKU) sebagaimana diutarakan oleh Reepmayer dkk. (2011) dan Ambrose dkk. (2009). Konsistensi hasil determinasi tersebut mencerminkan validitas dari analisis PCA yang telah dilakukan.

b. Identifikasi Sumber Bahan Baku Artefak Obsidian

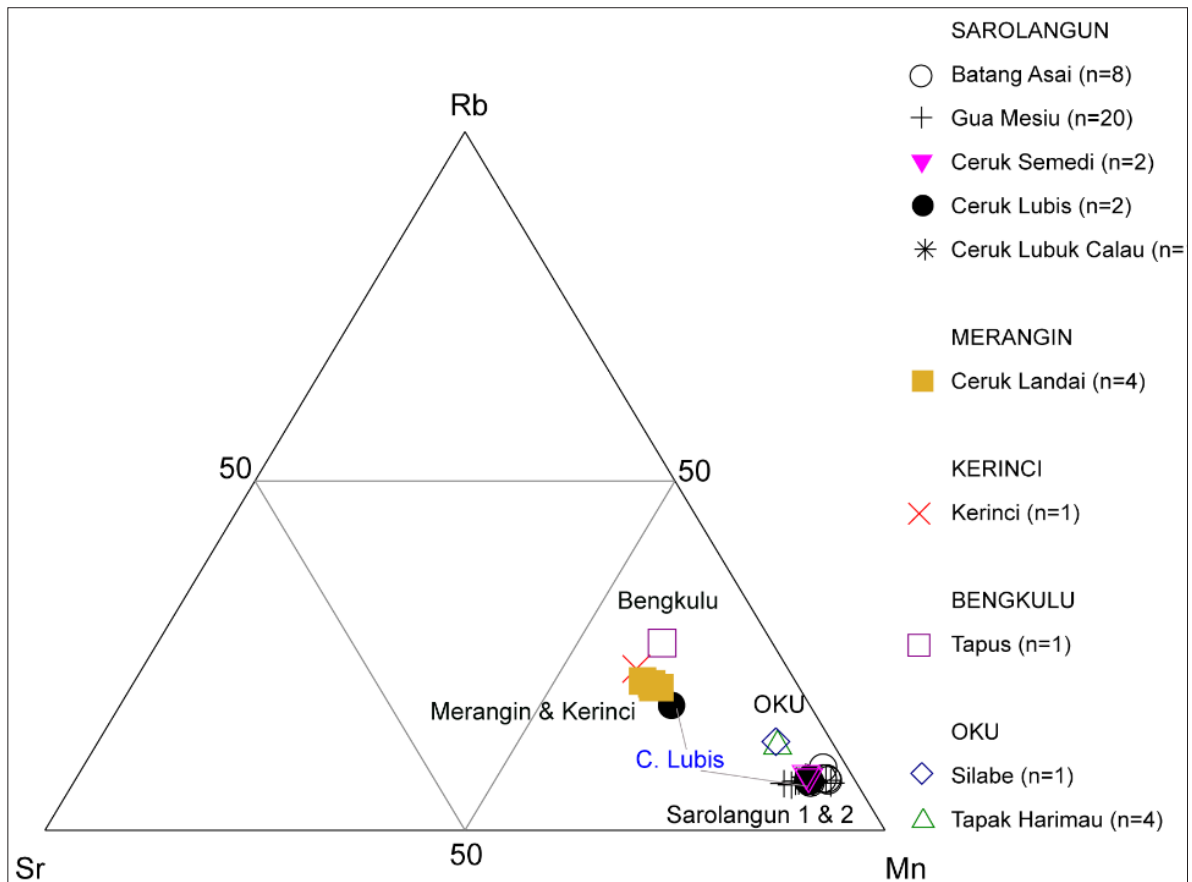
Determinasi konsentrasi unsur jejak dengan pXRF dilakukan pada 29 spesimen artefak dari situs prasejarah yang berada di Merangin dan Sarolangun. Seluruh sampel merupakan serpih obsidian yang diperoleh, baik melalui survei permukaan maupun ekskavasi. Perbandingan antara konsentrasi unsur jejak Rb dan Sr menunjukkan setidaknya terdapat tiga sumber bahan baku artefak obsidian untuk situs prasejarah di Merangin dan Sarolangun, yaitu Sumber 1, 2, dan 4. Data sekunder dari Silabe, Tapak Harimau, dan Tapus (Reepmayer dkk. 2011) tetap menunjukkan konsistensinya sebagai dua sumber berbeda (Sumber 3 dan 5) ketika disandingkan pada grafik yang sama (Gambar 3). Kondisi ini sekaligus menunjukkan validitas hasil pengukuran pXRF obsidian dari Merangin dan Sarolangun. Namun sejumlah anomali masih terjadi seperti adanya beberapa *outliers* dari Gua Mesiu dan Ceruk Lubis (Gambar 3). *Outliers*

yang dimaksud adalah sampel yang memiliki nilai ekstrem sehingga posisinya jauh dari kelompok obsidian yang telah terdeterminasi unsur kimia jejaknya. Hal tersebut dapat disebabkan oleh lokasi pengujian pada bagian artefak yang terlampaui tipis ataupun mineral pengotor yang menjadi matriks dari spesimen artefak obsidian.

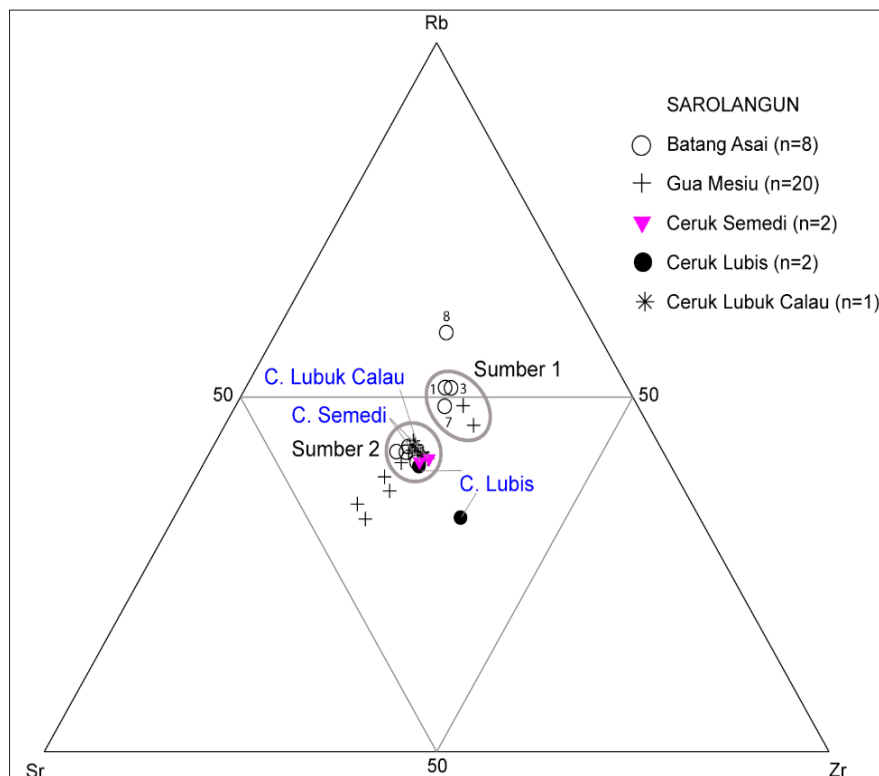
Permasalahan muncul ketika dilakukan perbandingan tiga variabel, yaitu antar konsentrasi unsur Rb, Sr, dan Mn yang menunjukkan seluruh sampel obsidian dari Sarolangun berada sangat dekat dan cenderung identik (Gambar 4). Hal itu terjadi karena tingginya unsur jejak Mn pada obsidian Sarolangun dibandingkan dengan sampel Merangin, Kerinci, OKU, dan Bengkulu. Jika dilakukan perbandingan dengan resolusi yang lebih tinggi pada sampel obsidian dari Sarolangun, eksistensi dua sumber yang berbeda kembali muncul (Gambar 5). Sumber 1 secara konsisten diwakili oleh sampel ASA1, ASA3,

dan ASA7 yang identik dengan dua artefak serpih dari Gua Mesiu. Konsistensi juga ditunjukkan oleh Sumber 2 yang diwakili oleh sampel ASA2, ASA4, ASA5 dan ASA6 dengan jumlah artefak identik lebih banyak dari Sumber 1. Beberapa outliers muncul, termasuk spesimen geologis ASA8 yang tetap konsisten menunjukkan perbedaannya dengan Sumber 1 maupun Sumber 2 (Gambar 5).

Konsentrasi unsur jejak obsidian dari situs prasejarah di Merangin menunjukkan kemiripan dengan data spesimen dari Kerinci yang telah dianalisis oleh Ambrose *et al.* (2009, 609) (Gambar 3 dan Gambar 4). Perbandingan unsur jejak Rb dan Sr menunjukkan sampel yang diperoleh dari lapisan Neolitik di Ceruk Landai cukup identik dengan empat serpih obsidian dari Kerinci (Gambar 3). Kelompok ‘Sumber 4’ ini juga berbeda cukup signifikan dengan kelompok Sumber 3 dan Sumber 5 yang telah diidentifikasi



Gambar 4. Ternary Plot unsur jejak Rb, Mn, dan Sr menunjukkan obsidian Sarolangun sangat berbeda dengan obsidian dari OKU (Silabe dan Tapak Harimau), Kerinci, Merangin, dan Bengkulu (Tapus).



Gambar 5. Ternary Plot unsur jejak Rb, Sr, dan Zr eksklusif pada himpunan obsidian dari Sarolangun kembali menunjukkan eksistensi dua sumber yang berbeda pada diagram yang resolusinya lebih tinggi.

oleh Reepmayer dkk. (2011, 3002). Pola tersebut juga muncul ketika dilakukan perbandingan melalui *ternary plot* tiga unsur jejak (Rb, Sr, dan Mn) pada seluruh sampel dan data perbandingan (Gambar 4). Keempat spesimen serpih obsidian dari Ceruk Landai kembali identik dengan data unsur jejak dari Kerinci.

Untuk mengkonfirmasi adanya dua sumber pada himpunan obsidian dari Sarolangun, dilakukan uji *independent sample T-Test* dengan mengeluarkan *outliers* terlebih dahulu (*i.e.* ASA8, MSU10, MSU11, MSU13, MSU17, dan CLB2). Pengujian tersebut menunjukkan adanya perbedaan signifikan rata-rata rasio Rb/Sr antara Sumber 1 dan Sumber 2 yang dicerminkan oleh nilai sig. (*2 tailed*) 0.000 ($<\alpha = 0.05$), $t = 14.653$, dan $df = 4.534$ (Tabel 3). Uji tersebut semakin memperkuat kesimpulan adanya dua sumber berbeda.

Uji yang sama juga dilakukan pada rasio unsur jejak obsidian dari Merangin dengan

spesimen Kerinci yang telah dideterminasi oleh Ambrose dkk. (2009, 609). Kali ini uji *independent sample T-Test* mengindikasikan serpih obsidian dari Ceruk Landai identik dengan konsentrasi unsur jejak Rb dan Sr dari Kerinci. Hal tersebut dicerminkan oleh nilai sig. (*2 tailed*) 0.075 ($>\alpha = 0.05$), $t = -2.680$, dan $df = 3$ (Tabel 3). Uji tersebut memperkuat eksistensi obsidian dari kelompok Sumber 4 yang telah ditunjukkan oleh perbandingan unsur jejak Rb, Sr, dan Mn. Secara kualitatif, obsidian dari Sumber 4 dicirikan oleh konsentrasi Rb dan Sr yang lebih tinggi serta konsentrasi Mn yang relatif rendah dibandingkan dengan Obsidian dari Sarolangun, Bengkulu, dan OKU (Tabel 4).

4. Penutup

a. Sumber Obsidian Sumatra

Analisis pXRF memberikan kemungkinan determinasi sumber obsidian dari Sumatra secara terperinci dengan resolusi yang lebih baik. Hal

ini dibuktikan dengan munculnya dua sumber berbeda pada satu lokasi deposit sekunder (i.e. Batang Asai) yang menjadi lokasi pemerolehan bahan baku obsidian bagi situs hunian prasejarah di Bukit Bulan (Sarolangun). Adanya dua sumber obsidian yang berbeda di Sumatra (i.e. Tapus dan Tapak Harimau-Silabe) telah dibuktikan oleh Reepmayer dkk. (2011, 3002). Determinasi yang penulis lakukan memperkuat kesimpulan tersebut, sekaligus melengkapinya dengan menambahkan tiga sumber lainnya yang berlokasi di Sarolangun (Sumber 1 dan 2) dan Merangin (Sumber 4).

Setiap sumber secara kualitatif memiliki ciri khas konsentrasi unsur jejak tertentu dalam konteks distribusi sumber obsidian di Sumatra. Sumber 1 dan 2 (lokalitas Sarolangun) dicirikan dengan tingginya konsentrasi Mn. Keduanya secara spesifik dapat dibedakan berdasarkan rasio konsentrasi unsur jejak Rb/Sr yang signifikan perbedaannya. Obsidian dari Merangin ternyata identik dengan data unsur jejak dari Kerinci yang dipublikasikan Ambrose dkk. (2009, 609). Atas dasar kemiripan tersebut, Sumber 4 diputuskan termasuk lokalitas Merangin-Kerinci dengan ciri khas rendahnya konsentrasi Mn serta tingginya konsentrasi konsentrasi Rb, Sr, Zr, dan Ti dibandingkan dengan lokalitas atau sumber lainnya (lihat Tabel 4 dan Tabel 5). Perbedaan signifikan secara konsisten ditunjukkan oleh

spesimen dari lokalitas OKU dan Bengkulu dibandingkan dengan sampel Sarolangun dan Merangin-Kerinci. Eksistensi Sumber 3 (OKU) dan 5 (Bengkulu) perlu dikonfirmasi lebih lanjut dengan jumlah sampel yang memadai dari kedua sumber.

Kombinasi determinasi sumber berdasarkan data geokimia dengan deskripsi karakter fisik obsidian belum memberikan hasil yang diharapkan. Sebagai contoh, karakter obsidian dari Sumber 1 dan 2 ada yang mirip dan ada pula yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa ciri fisik obsidian belum dapat dijadikan dasar dalam menentukan asal sumbernya. Deskripsi bahan baku yang lebih terperinci serta mempertimbangkan atribut teknologis serpih kemungkinan dapat memberikan hasil yang berbeda. Deskripsi kondisi sisa korteks yang telah membundar pada bagian dorsal serpih dari Gua Mesiu mengonfirmasi sumber bahan baku berada di konteks geologi sekunder, yaitu sungai. Hal ini memerlukan kajian yang lebih mendalam tentang seberapa jauh keberadaan sungai memengaruhi strategi pemerolehan bahan baku artefak obsidian bagi penghuni situs prasejarah di kawasan kars.

b. Prospek Penelitian Kedepan

Meskipun proses analisis pXRF telah dilakukan secara saksama, konsisten, dan

Tabel 3. Hasil Uji Perbedaan *Independent T-Test* pada Rasio Unsur Rb/Sr di Antara Spesimen Obsidian Sarolangun dan Merangin.

Data	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
Sarolangun Sumber 1 & 2 (n=24)	14.653	4.534	0.000	0.81653	0.05573	0.66874	0.96432
Merangin Semedi & Kerinci (n=5)	-2.680	3	0.075	-.08250	0.03079	-0.18048	0.01548
- H_0 tidak terdapat perbedaan proporsi Rb/Sr (i.e. sumber sama/identik)							
- H_a terdapat perbedaan proporsi Rb/Sr (i.e. sumber berbeda)							
- Sig. Level $\alpha = 0.05$; Sig. (2 tailed) < 0.05 maka H_a diterima; Sig. (2 tailed) > 0.05 maka H_a ditolak.							

Tabel 4. Statistik Deskriptif Unsur Jejak Rb, Sr, Zr, Y, Nb, Ti, dan Mn dari Sumber Obsidian di Sumatra

Lokalitas	Sumber Terdeterminasi	Mean (ppm)						
		Rb	Sr	Zr	Y	Nb	Ti	Mn
Sarolangun	Sumber 1 (n=5)	96.40	45.00	54.60	17.60	4.00	675.20	1207.80
	<i>SD</i>	3.13	2.12	7.13	0.89	0.00	84.77	80.54
	Sumber 2 (n=19)	88.02	66.32	54.84	16.49	4.71	654.51	1076.60
	<i>SD</i>	4.43	4.15	4.35	1.09	1.81	89.78	65.66
OKU*	Sumber 3 (n=2)	128.50	66.70	50.55	14.85	11.60	704.20	586.30
	<i>SD</i>	2.12	0.00	0.07	0.07	0.28	15.27	349.74
Merangin-Kerinci*	Sumber 4 (n=5)	137.00	113.00	83.80	8.00	2.00	1166.48	389.94
	<i>SD</i>	4.85	6.40	7.76	1.87	1.41	648.51	50.49
Bengkulu*	Sumber 5 (n=1)	136.70	67.10	71.40	20.20	5.60	602.50	808.80
	<i>SD</i>	-	-	-	-	-	-	-

Catatan: Tanpa *Outliers* (n=9); Data unsur jejak Lokalitas OKU, Merangin-Kerinci dan Bengkulu berdasarkan Ambrose dkk. (2009) dan Reepmayer dkk. (2011). Nilai *mean* paling tinggi dan rendah dicetak tebal.

terkontrol, masih terjadi beberapa anomali. Anomali tersebut ditandai dengan kemunculan outliers dari Batang Asai (n=1) dan Gua Mesiu (n=8). Hal ini menyebabkan hanya 28 spesimen yang dianggap valid dari total 37 sampel. Permasalahan tersebut belum dapat dipecahkan. Meskipun demikian, dugaan awal terjadinya anomali tersebut dapat disebabkan oleh ketebalan sampel, kontaminasi/mineral pengotor, kondisi permukaan spesimen yang tidak datar, serta hal lain yang bersifat teknis (lihat Ferguson 2011; Shackley 2011). Rangkaian data geokimia obsidian yang *in-situ (primary deposit)* secara geologis diperlukan untuk proses kalibrasi dan validasi yang lebih spesifik. Artikel ini merupakan referensi pertama yang membuktikan adanya berbagai sumber obsidian berbeda (*multiple-sources*) di Sumatra dengan dukungan jumlah sampel yang signifikan.

Banyaknya jumlah sampel obsidian yang berhasil dideterminasi unsur kimianya tidak terlepas dari kelebihan aplikasi pXRF. Perangkat pXRF dapat memangkas biaya serta waktu analisis pada himpunan sampel obsidian yang

berjumlah puluhan, bahkan ratusan. Meskipun demikian, beberapa kekurangan dari pXRF masih ditemukan. Perangkat ini juga tidak dapat mendeteksi unsur ringan (LE) sehingga penentuan senyawa yang penting dalam klasifikasi batuan vulkanik—seperti senyawa oksida (SiO₂, Na₂O, dan K₂O)—tidak diketahui. Penggabungan metode pXRF dengan metode lainnya, seperti ICP-MS/OES diperlukan sebagai pembanding hasil analisis geokimia melalui pXRF. Selain itu, penulis juga menyarankan diterbitkannya *Standard/Certified Reference Material (SRM/CRM)* material obsidian dari sejumlah lokasi deposit primernya di Indonesia. Penerbitan SRM/CRM tersebut dapat dilakukan melalui kerja sama lintas instansi yang memiliki kewenangan serta didukung fasilitas analisis geokimia yang tersertifikasi, akurat, dan terpercaya.

Daftar Pustaka

Abedi, A., B Varoutsikos, dan C. Chataigner. 2018. “Provenance of Obsidian Artifacts from the Chalcolithic Site of Dava Göz in NW IRAN Using Portable XRF”. *Journal of Archaeological Science: Reports*

- 20: 756–67. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.06.022>.
- Ambrose, W., C. Allen, S. O'Connor, M. Spriggs, N.V. Oliveira, dan C. Reepmayer. 2009. "Possible Obsidian Sources for Artifacts from Timor: Narrowing the Options Using Chemical Data". *Journal of Archaeological Science* 36: 607–15. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.09.022>.
- Asmar, Teguh. 1989. "Catatan atas Alat Serpilh Obsidian Gua Ulu Tiangko". Dalam *Pertemuan Ilmiah Arkeologi V*, II.B:343–361. Kajian Arkeologi Indonesia. Yogyakarta: Ikatan Ahli Arkeologi Indonesia.
- Barber, A.J., M.J. Crow, dan J.S. Milsom, ed. 2005. *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*. London: The Geological Society.
- Bellwood, Peter, dan P. Koon. 1989. "Lapita Colonists Leave the Boats Unburned: The Question of Lapita Links with Island South East Asia". *Antiquity*, 63: 613–622.
- Bonatz, Dominik. 2004. "Kerinci-Archaeological Research in the Highland of Jambi on Sumatra". Dalam *Uncovering Southeast Asia's Past*. Elisabeth A. Bacus, I.C. Glover, dan Vincent C. Piggot (Penyunting), 309–324. Singapore: National University of Singapore.
- Bronson, Bennet, dan Teguh Asmar. 1975. "Prehistoric Investigations at Tianko Panjang Cave, Sumatra". *Asian Perspectives*, 2, 18: 128–45.
- Campbell, S., dan E Healey. 2016. "Multiple Sources: The pXRF Analysis of Obsidian from Kenan Tepe, S.E. Turkey" 10: 377–89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.10.014>.
- Fauzi, Mohammad Ruly. 2015. "Karakterisasi Tipe dan Teknologi Alat Batu dari Gua Harimau". Dalam *Gua Harimau dan Perjalanan Panjang Peradaban OKU*. Truman Simanjuntak (Penyunting), 1 ed., 105–119. Yogyakarta: UGM Press.
- . 2016. "Beberapa Hasil Awal Penelitian Arkeologi di Kawasan Kars Bukit Bulan, Sarolangun". *Siddhayatra* 21 (1): 1–12.
- . 2017. "Signifikansi tembikar tera-tali dari situs Ceruk Landai (Merangin, Jambi) dalam Rekonstruksi Ekspansi Neolitik di Bagian Barat Indonesia". *Kalpataru* 26 (1): 1–14. <https://doi.org/10.24832/kpt.v26i1.229>.
- Fauzi, Mohammad Ruly, dan Tri Marhaeni Budisantosa. 2016. "Beberapa Sumber Obsidian di Kerinci dan Hubungannya dengan Ciri Teknologi Artefak Serpilh Pada Situs-Situs Prasejarah di Dataran Tinggi Jambi". Dalam *Kerincimu Kerinciku: Dataran Tinggi Jambi dalam Perspektif Arkeologi*. Nurhadi Rangkuti (Penyunting), 35–53. Yogyakarta: Ombak.
- Fauzi, Mohammad Ruly, Kristantina Indriastuti, M. Wishnu Wibisono, M. Nofri Fahrozi, Budi Wiyana, Firdaus, Untung, dan Agus Saputra. 2016. "Penelitian Gua di Kabupaten Merangin: Ekskavasi Ceruk Landai di Desa Tiangko". Laporan Penelitian Arkeologi. Palembang: Balai Arkeologi Sumatera Selatan.
- Fauzi, Mohammad Ruly, Adhi Oktaviana, dan Budiman. 2015. "Jejak Budaya Paleometalik dan Kronologinya di Gua Harimau". Dalam *Perjalanan Panjang Peradaban OKU*. Truman Simanjuntak (Penyunting), 1 ed., 138–147. Yogyakarta: UGM Press.
- Ferguson, J.R. 2011. "X-Ray Fluorescence of Obsidian: Approaches to Calibration and the Analysis of Small Samples". Dalam *Handheld XRF for Art and Archaeology*. Aaron N. Shugar dan Jennifer L. Mass (Penyunting), 401–22. Leuven: Leuven University Press.
- Forster, N. dan Peter Grave. 2012. "Non-destructive PXRF Analysis of Museum-Curated Obsidian from the Near East". *Journal of Archaeological Science* 39: 728–36. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.11.004>.
- Foster, N., dan Peter Grave. 2012. "Non-destructive PXRF Analysis of Museum-Curated Obsidian from the Near East". *Journal of Archaeological Science* 39: 728–36. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.11.004>.
- Frahm, Ellery. 2013. "Validity of 'off-the-Shelf' Handheld Portable XRF for Sourcing Near Eastern Obsidian Chip Debris". *Journal of Archaeological Science* 40: 1080–92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2012.06.038>.
- Glascok, M.D., G.E. Braswell, dan R.H. Cobean. 1998. "A Systematic Approach to Obsidian Source Characterization". Dalam *Archaeological Obsidian Studies*.

- M. Steven Shackley (Penyunting), 3:15–65. New York: Plenum Press.
- Heekeren, H.R. van. 1972. *The Stone Age of Indonesia*. 2nd Revised Edition. Verhandelingen van het Koninklijk Instituut voor Taal-, Land- en Volkenkunde. Den Haag: The Hague, Martinus Nijhoof.
- Kusnama, R. Pardede, S. Andi Mangga, dan Sidarto. 1992. *Peta Geologi Bersistem Indonesia*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- McCall, G.H.J. 2005. *Obsidian*. R.C. Selley, L. Robin M. Cocks, dan Ian R. Plimer (Penyunting), Vol. 3. Igneous Rocks. Oxford: Elsevier Ltd.
- Rapp, George. 2009. *Archaeomineralogy*. 2 ed. Berlin: Springer.
- Reepmayer, C., M. Spriggs, Anggraeni, P. Lape, L. Neri, W.P. Ronquillo, Truman Simanjuntak, G. Summerhayes, D.A. Tanudirdjo, dan A. Tiauzon. 2011. "Obsidian Sources and Distribution Systems in Island Southeast Asia: New Results and Implications from Geochemical Research Using LA-ICPMS". *Journal of Archaeological Science* 38: 2995–3005. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.06.023>.
- Rosidi, H.M.D., S. Tjokrosapoetro, B. Pendowo, S. Gafoer, dan Suharsono. 1996. *Peta Geologi Bersistem Indonesia*. 2 ed. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sarasin, Paul Benedict. 1914. "Neue lithochrome Funde im Innern von Sumatra". *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel* 25: 97–111.
- Shackley, M. Steven. 2011. "An Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis in Archaeology". Dalam *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*, M. Steven Shackley (Penyunting), 7–44. New York: Springer.
- . 2012. "Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry: The Good, the Bad and the Ugly". *Exclusive Online Essay for Archaeology Southwest Magazine*, 2012.
- Sheppard, Peter J., Geoff J. Irwin, Sam C. Lin, dan Cameron P. McCaffrey. 2011. "Characterization of New Zealand Obsidian Using PXRF". *Journal of Archaeological Science* 38: 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.08.007>.
- Simanjuntak, Truman, Hubert Forestier, Dubel Driwantoro, Jatmiko, dan Darwin Siregar. 2006. "Berbagai Tahap Zaman Batu". Dalam *Menyelusuri Sungai, Merunut Waktu: Penelitian Arkeologi di Sumatera Selatan*. Dominique Guillaud (Penyunting), 1 ed., 23–35. Jakarta: IRD-Enrique Indonesia.
- Spriggs, M., C. Reepmayer, Anggraeni, P. Lape, L. Neri, W.P. Ronquillo, Truman Simanjuntak, G. Summerhayes, D.A. Tanudirdjo, dan A. Tiauzon. 2011. "Obsidian Sources and Distribution System in Island Southeast Asia: A Review of Previous Research". *Journal of Archaeological Science* 38: 2873–81.
- Tjoa-Bonatz, Mai Lin. 2012. "More than 3400 Years of Earthenware Traditions in Highland Jambi on Sumatra". Dalam *Connecting Empires and States: Selected papers from the 13th International Conference of the European Association of Southeast Asian Archaeologists*. Mai Lin Tjoa-Bonatz, Andreas Reinecke, dan Dominik Bonatz (Penyunting), 2:16–31. Singapore: NUS Press.
- Tobler, August. 1917. "Über Deckenbau im Gebiet von Djambi (Sumatra)". *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel* 28 (2): 123–147.
- Tykot, R.H. 2017. "Obsidian Studies in the Prehistoric Central Mediterranean: After 50 Years, What Have We Learned and What Still Needs to Be Done?". *Open Archaeology* 3: 264–78. <https://doi.org/10.1515/opar-2017-0018>.
- Tykot, Robert H., dan Stephen Chia. 1997. "Long-distance Obsidian Trade in Indonesia". Dalam *Material, Research, Society*, 462:175–180. Material, Research, Society. <https://doi.org/10.1557/PROC-462-175>.
- Zwierzycki, J. 1926. "Een vondst uit de Palaeolithische Cultuur Periode in Een Grot in Boven Djambi". *De Mijningenieur in Ned. Indië*, 4, 63–67.

Lampiran

Tabel 5. Hasil Determinasi Unsur Jejak dengan pXRF pada Spesimen Obsidian dari Batang Asai (ASA), Ceruk Lubis (CLB), Ceruk Lubuk Calau (LBC), Ceruk Landai (LND), Gua Mesiu (MSU), dan Ceruk Semedi (SMD) serta Referensi Determinasi Geokimia Obsidian dari Lokasi Lain di Sumatera

No.	ID sampel	dalam Satuan ppm atau ug/g						
		Rb	Sr	Zr	Y	Nb	Ti	Mn
1.	ASA1	95	48	52	18	4	710	1145
2.	ASA2 (mean 3x)	86	67	51	17	5	646	1071
3.	ASA3	95	43	47	18	4	533	1192
4.	ASA4	90	67	52	16	4	712	1081
5.	ASA5	80	63	53	15	-	796	983
6.	ASA6	91	73	51	17	7	561	1171
7.	ASA7	98	43	50	16	-	733	1187
8.	ASA8	120	39	44	17	5	743	1183
9.	CLB1	89	71	61	17	-	686	1104
10.	CLB2	141	130	156	20	10	958	518
11.	LBC1	85	63	56	15	4	797	973
12.	LND1	143	116	88	9	3	2290	441
13.	LND2	141	120	88	10	-	999	399
14.	LND3	132	109	80	8	-	810	389
15.	LND4	136	116	91	8	-	1073	414
16.	MSU1	86	72	53	16	-	711	1076
17.	MSU2	95	116	61	18	13	813	1257
18.	MSU3	89	91	62	18	7	583	1095
19.	MSU4	93	69	60	19	9	627	1114
20.	MSU5	86	62	51	17	-	650	1030
21.	MSU6	83	108	62	14	5	620	1053
22.	MSU7	81	58	48	15	4	402	994
23.	MSU8	93	67	55	16	3	639	1140
24.	MSU9	90	66	52	16	3	600	1144
25.	MSU10	76	73	47	14	6	783	932
26.	MSU11	105	76	64	21	15	624	1218
27.	MSU12	90	66	56	17	5	747	1058
28.	MSU13	128	96	87	31	30	698	1529
29.	MSU14	93	45	64	18	4	663	1167
30.	MSU15	83	64	50	15	-	621	1019
31.	MSU16	101	46	60	18	-	737	1348
32.	MSU17	116	87	70	26	18	715	1474
33.	MSU18	84	61	54	16	-	725	1071
34.	MSU19	91	67	62	17	4	678	1140
35.	MSU20	96	68	55	17	3	600	1158
36.	SMD1	85	63	59	17	6	616	978
37.	SMD2	93	73	63	18	-	622	1150

38.	<i>Kerinci PX*</i>	133	104	72	5	1	715	339
39.	<i>Tapus**</i>	136.7	67.1	71.4	20.2	5.6	660.4	306.7
40.	<i>Tapak Harimau**</i>	130	66.7	50.6	14.9	11.8	693.4	833.6
41.	<i>Silabe cave**</i>	127	66.7	50.5	14.8	11.4	602.5	808.8

Sumber: *Ambrose dkk. 2009;**Reepmeyer dkk. 2011