

## PELATIHAN OPERASIONAL MICRO-XRF DI LABORATORIUM TEKNIK KEBUMIHAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITASI JAMBI

Hari Wiki Utama<sup>1,2\*</sup>, Mega Aulia<sup>2</sup>, Jefri Marzal<sup>3</sup>, Sarwo Sucitra Amin<sup>2</sup>, Rakha Ihsan Widyanto<sup>4</sup>, Rakhmatul Arafat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Geologi, Jurusan Teknik Kebumihan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

<sup>2</sup> Laboratorium Teknik Kebumihan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

<sup>3</sup> Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

<sup>1,2,3</sup> Jl. Jambi – Muara Bulian, No.KM. 15 Mendalo Darat, Muaro Jambi, Jambi 36361

<sup>4</sup> PT. Dynatech Internasional, Jakarta, Indonesia

Penulis Korespondensi : h.wikiutama@unja.ac.id

### Abstrak

Di era globalisasi saat ini kebutuhan akan hasil penelitian yang detail, cepat, dan akuisisi di bidang ilmu dan teknologi pada era globalisasi saat ini sangat dibutuhkan, terutama dalam riset sumber daya alam. Penentuan adanya potensi dan indikasi dari keberadaan logam dasar seperti emas, logam tanah jarang dan logam jejak yang merupakan mineral kritis merupakan salah satu target temuan saat ini yang membutuhkan metode analisis yang akurat. Dengan metode analisis micro-XRF ( $\mu$ -XRF) yang dapat mengidentifikasi unsur dari material ataupun mineral yang terkandung pada suatu objek dapat terdeteksi dengan baik, meliputi penyebaran dan persentase kehadirannya dengan teknik analisis yang menggunakan Sinar-X untuk mengetahui komposisi kimia suatu sampel. Sehingga dengan metode ini dapat menjadi solusi yang tepat digunakan untuk mengidentifikasi suatu material. Dengan demikian seiring meningkatnya riset di bidang material dengan kebutuhan analisis unsur-unsur yang sulit teridentifikasi yang dulunya menjadi krusial, namun saat ini sudah terjawab dengan menggunakan metode analisis micro-XRF. Pelaksanaan kegiatan pelatihan operasional ini dilakukan dengan beberapa tahapan, meliputi tahapan materikulasi, preparasi dan jenis sampel, tahapan selanjutnya operasional penggunaan alat, dan tahapan terakhir adalah evaluasi dari kegiatan yang dilakukan. Kegiatan ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kebumihan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi dengan peserta berasal dari teknisi dan analisis (laboran) di semua laboratorium yang berada di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi. Dalam melaksanakan pelatihan ini, Laboratorium Kebumihan didukung oleh narasumber utama dari PT. Dynatech Internasional untuk memberikan pelatihan operasional dari micro-XRF. Alat yang digunakan dalam pelatihan ini adalah micro-XRF dari Bruker dan Dynatech, satu set komputer yang telah dilengkapi dengan perangkat lunak micro-XRF di dalamnya. Peralatan yang digunakan sebelumnya sudah dilakukan instalasi, artinya peralatan yang digunakan untuk pelatihan ini siap untuk dioperasikan. Alat ini sudah terhubung dengan satu set perangkat komputer untuk melihat objek yang akan diamati melalui monitor komputer yang tersedia. Bahan yang digunakan dalam pelatihan ini berupa sampel batuan yang telah diratakan di bagian atasnya, serbuk batuan, chip komputer, lem perekat sampel, parafin, kertas karbon, mortar dan stamper, dan wadah sampel.

**Kata kunci:** *micro-XRF, Operasional, Teknik Kebumihan, Fakultas Sains dan Teknologi*

### 1. Pendahuluan

Kebutuhan akan hasil penelitian yang detail, cepat, dan akuisisi di bidang ilmu dan teknologi pada era globalisasi saat ini sangat dibutuhkan, terutama dalam riset sumber daya alam. Penentuan adanya potensi dan indikasi dari keberadaan logam dasar seperti emas, logam tanah jarang dan logam jejak yang merupakan mineral kritis merupakan salah satu target temuan saat ini yang membutuhkan

metode analisis yang akurat. Dengan metode analisis micro-XRF atau X-Ray Fluorescence ( $\mu$ -XRF) yang dapat mengidentifikasi unsur dari material ataupun mineral yang terkandung pada suatu objek dapat terdeteksi dengan baik, meliputi penyebaran dan persentase kehadirannya dengan teknik analisis yang menggunakan Sinar-X untuk mengetahui komposisi kimia suatu sampel (Asadi dan Beckingham, 2021; Flude dkk., 2017).

Sehingga dengan metode ini dapat menjadi solusi yang tepat digunakan untuk mengidentifikasi suatu material. Dengan demikian seiring meningkatnya riset di bidang material dengan kebutuhan analisis unsur-unsur yang sulit teridentifikasi yang dulunya menjadi krusial, namun saat ini sudah terjawab dengan menggunakan metode analisis micro-XRF.

Perkembangan pesat teknologi informasi terkini, tentunya selaras dengan kebutuhan alat untuk menjawab tantangan dari perkembangan teknologi tersebut (Baek dkk., 2019; Kim dkk., 2022; Bergmann dkk., 2012). Dalam perkembangan teknologi terkini, sangat terhubung dengan perkembangan riset yang ada, terutama dalam mengidentifikasi sumber daya yang membutuhkan metode analisis yang cepat dan tepat (Guiherme dkk., 2012; Hakim dan Wibowo, 2023; Nusantara, 2019). Dalam bidang geosains tentunya perkembangan ini harus beriring dengan peningkatan teknologi dalam menentukan presisi suatu sumber daya. Hadirnya metode micro-XRF setidaknya memberikan jawaban dari perkembangan teknologi tersebut (Newville, 2023; Padilla dkk., 2005; Pereira dan Brandao, 2001; Perrett dkk., 2014)

Micro-XRF tidak hanya digunakan untuk bidang keilmuan geosains, namun juga dapat digunakan dalam bidang medis dan forensik, pertanian, komputerisasi, keteknikan, dan bidang ilmu lainnya (Hidayanti, 2021; Wolff dkk., 2021). Sehingga, dengan menggunakan metode ini dapat memberikan kontribusi untuk peningkatan riset terutama di perguruan tinggi. Analisis unsur yang teridentifikasi dengan menggunakan metode ini merupakan aspek penting yang dapat memastikan keamanan dan efektivitas suatu material dari objek riset.

Fakultas Sains dan Teknologi merupakan salah satu fakultas di Universitas Jambi yang menaungi bidang keilmuan geosains, teknik, dan ilmu pengetahuan alam mengadakan pelatihan operasional micro-XRF untuk tenaga laboratorium agar dapat meningkatkan kemampuan di bidang analisis dengan teknologi terbaru. Laboratorium Teknik Kebumihan Fakultas Sains dan Teknologi merupakan salah satu unit laboratorium yang menyediakan peralatan untuk metode analisis dengan menggunakan alat micro-XRF. Alat ini didapatkan dari Bruker dan Dynatech Indonesia.

Kegiatan pelatihan operasional ini bertujuan untuk memberikan pemahaman dan keterampilan

kepada peserta mengenai teknis analisis sampel menggunakan micro-XRF. Harapannya dengan pelatihan operasional ini memberikan kontribusi yang baik secara personal bagi peserta pelatihan dan juga dampak yang signifikan bagi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.

## 2. Bahan dan Metode

Kegiatan pelatihan operasional dengan menggunakan micro-XRF ini dilaksanakan dari tanggal 18 Oktober – 20 Oktober 2023. Pelaksanaan kegiatan pelatihan operasional ini dilakukan dengan beberapa tahapan, meliputi tahapan materkulasi, preparasi dan jenis sampel, tahapan selanjutnya operasional penggunaan alat, dan tahapan terakhir adalah evaluasi dari kegiatan yang dilakukan. Kegiatan ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kebumihan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi dengan peserta berasal dari teknisi dan analisis (laboran) di semua laboratorium yang berada di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi. Dalam melaksanakan pelatihan ini, Laboratorium Kebumihan didukung oleh narasumber utama dari PT. Dynatech Internasional untuk memberikan pelatihan operasional dari micro-XRF.

Alat yang digunakan dalam pelatihan ini adalah micro-XRF dari Bruker dan Dynatech, satu set komputer yang telah dilengkapi dengan perangkat lunak micro-XRF di dalamnya. Peralatan yang digunakan sebelumnya sudah dilakukan instalasi, artinya peralatan yang digunakan untuk pelatihan ini siap untuk dioperasikan. Alat ini sudah terhubung dengan satu set perangkat komputer untuk melihat objek yang akan diamati melalui monitor komputer yang tersedia.

Bahan yang digunakan dalam pelatihan ini berupa sampel batuan yang telah diratakan di bagian atasnya, serbuk batuan, chip komputer, lem perekat sampel, parafin, kertas karbon, mortar dan stamper, dan wadah sampel. Sampel batuan terpilih meliputi sampel batuan granit dari Intrusi Granitoid Langkup (Syarifullah dan Utama, 2021; Nabella dkk., 2019, Said dan Utama, 2021; 2023; Utama dan Mulyasari, 2024) sampel batuan granodiorit dari Intrusi Granitoid Tantan (Ariani dan Utama. 2022; Utama dkk., 2021; 2023, dan batuan ubahan hidrotermal di sekitar Grao Sakti (Utama dkk., 2023; Utama, 2020; 2023). Dalam melakukan operasional menggunakan metode Micro-XRF ini juga dilakukan element

mapping yang artinya pemetaan detail dari objek sampel (Bergmann dkk., 2012).

Hasil akhir dari kegiatan operasional micro-XRF ini adalah evaluasi terhadap kegiatan pelatihan yang telah dilakukan. Evaluasi ini nantinya menjadi masukan untuk kegiatan selanjutnya, baik kelanjutan pelatihan dari micro-XRF ataupun review kembali materi pelatihan yang sudah dilakukan dengan sampel yang berbeda. Evaluasi kegiatan meliputi jenis pelatihan yang dilakukan, materikulasi dari pelatihan, materi yang disampaikan oleh narasumber, pelaksanaan praktik dari operasional penggunaan alat, kemudahan dalam penggunaan ataupun operasional alat, dan saran untuk meningkatkan kualitas pelatihan selanjutnya.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### A. Pelatihan Operasional

Kegiatan pelatihan ini dibuka oleh Bapak Drs. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T. sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi (Gambar 1). pelatihan ini merupakan bagian dari kegiatan kinerja utama dari Universitas Jambi.



**Gambar 1.** Kegiatan pelatihan operasional micro-XRF dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kebumihan yang dibuka oleh Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

Pada kegiatan pelatihan operasional Micro-XRF ini dimulai dengan materikulasi dari narasumber yang menyampaikan materi berkaitan dengan kegiatan pelatihan, meliputi dasar dan konsep kerja dari micro-XRF, perbandingan analisis micro-XRF, XRF, dan SEM-EDS (Gambar 2). Analisis menggunakan metode ini dijelaskan sebagai suatu Teknik analisis unsur yang mengandalkan prinsip yang sama dengan Sinar-X yang dapat memberikan pencitraan unsur dari suatu sampel. Pada dasarnya analisis menggunakan micro-XRF ini memiliki keunggulan, meliputi:

Dapat digunakan untuk menganalisis berbagai macam jenis sampel

- Mudah dalam mempersiapkan sampel
- Mudah dalam pengoperasi alat
- Hasil analisis cepat, tepat, dan presisi
- Sangat relevan untuk riset terkini, baik di bidang geosains, pertanian, medis dan forensik, keteknikan, dan lainnya



**Gambar 2.** Pemaparan materi pelatihan dari PT. Dynatech

Kegiatan pelatihan selanjutnya adalah melakukan praktik dari operasional penggunaan micro-XRF yang diawali dengan preparasi sampel. Sampel yang digunakan seperti batuan yang sudah dipoles atau salah satu permukaannya rata dan sampel batuan yang sudah dihalus dalam bentuk serbuk (Gambar 3).



**Gambar 3.** Batuan yang telah dilakukan preparasi dan siap untuk dilakukan pengujian dengan menggunakan micro-XRF. Sampel yang digunakan untuk analisis berupa sampel batuan serpentinit yang merupakan batuan metamorf non-foliasi. Batuan ini metamorfisme dari batuan peridotit ultrabasa. Ukuran sampel dengan panjang 8 cm, lebar 6 cm, dan tinggi 4 cm

Sampel yang berupa bubuk merupakan hasil penggilingan ataupun penghalusan dari sampel batuan dan juga beberapa dari butiran pasir yang diidentifikasi adanya konsentrasi mineral logam. Sampel ini dihaluskan dengan menggunakan alat mortar dan stamper. Penghalusan sampel ini tidak harus berukuran powder. Sampel yang sudah dihaluskan diletakkan dalam wadah (Gambar 4).

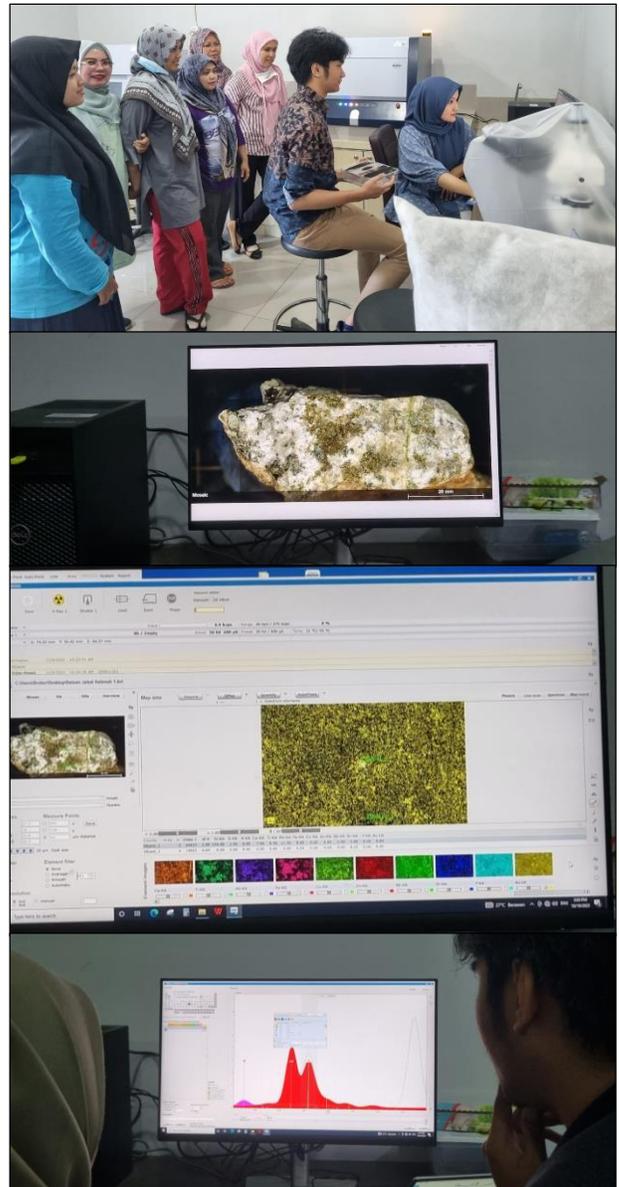


**Gambar 4.** Sampel serbuk yang sudah dimasukkan dalam wadah preparasi. Kemudian diletakkan dalam wadah alat micro-XRF (Gambar 5)



**Gambar 5.** Alat micro-XRF dari Bruker dan Dynatech

Pelaksanaan kegiatan operasional micro-XRF dilakukan darj sampel yang sudah disiapkan. Kemudian hasil dari pengujian dari kegiatan pelatihan operasional ini tampil dalam bentuk gambar batuan dan grafik (Gambar 6). Hasil dalam bentuk gambar batuan akan dipetakan untuk mengetahui jenis unsur yang terkandung dalam batuan dan kemudian akan tergambar dalam grafik persentase dari kehadiran unsur tersebut.



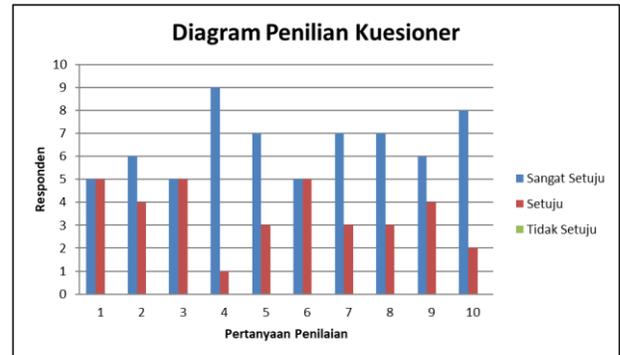
**Gambar 6.** Pelaksanaan kegiatan operasional micro-XRF dilengkapi dengan gambar batuan, hasil pemetaan, dan grafik yang dapat ditampilkan pada layer computer yang sudah terhubung dengan alat micro-XRF

### Evaluasi

Dalam melakukan kegiatan pelatihan operasional micro-XRF ini dilakukan kegiatan evaluasi untuk mengetahui tingkat kepuasan peserta dalam melakukan kegiatan pelatihan operasional micro-XRF. Evaluasi ini dilakukan dengan memberikan beberapa pertanyaan, sebagai berikut:

1. Metode micro-XRF dapat mengidentifikasi segala macam objek di dalam Sistem Periodik Unsur, kecuali unsur gas
2. Metode micro-XRF dapat diaplikasikan di bidang Geosains, Pertanian, Forensik, Medikal, Arkeologi, dan Komputerisasi
3. Sampel batuan dapat berupa batuan yang sudah rata permukaannya, serbuk atau butiran, chipset, dan lain sebagainya. Asalkan sampel tersebut mampu diletakkan di dalam wadah alat tersebut
4. Saya merasa menambah pengalaman dengan kegiatan pelatihan yang diadakan di Laboratorium Teknik Kebumihan ini
5. Penyampaian materi yang dilakukan oleh mentornya sangat mudah untuk dipahami
6. Pelaksanaan praktik dalam pengoperasian alat serta analisis yang disampaikan oleh mentornya sangatlah mudah untuk dipahami
7. Profesional praktik dalam mengoperasikan micro-XRF relatif mudah, namun perlu pemahaman tentang suatu unsur dari yang ditargetkan
8. Metode analisis micro-XRF sangatlah relevan untuk penelitian - penelitian saat ini, terutama di bidang kebumihan
9. Secara keseluruhan materi dan praktik yang disampaikan oleh pemateri ataupun narasumber mudah untuk dipahami
10. Secara keseluruhan kegiatan in-house training atau pelatihan operasional yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lebumian ini sangatlah bermanfaat

Dalam evaluasi dengan pertanyaan tersebut diberikan tiga opsi jawaban yaitu Sangat Setuju (ss), Setuju (S), Tidak Setuju (TS). Dari hasil evaluasi tersebut didapatkan responden dari peserta pelatihan memilih jawaban Setuju dan Sangat Setuju (Gambar 7). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kegiatan operasional pelatihan micro-XRF yang diikuti oleh peserta di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi memberikan kontribusi pemanfaatan bagi peserta.



**Gambar 7.** Grafik yang menunjukkan tingkat kepuasan dari peserta pelatihan operasional micro-XRF di Laboratorium Teknik Kebumihan

### 4. Kesimpulan

Parameter penting dalam kegiatan pelatihan operasional micro-XRF adalah tingkat pemahaman dari peserta dalam pengoperasian alat yang meliputi:

- Peserta dapat mengetahui cara melakukan preparasi sampel untuk keperluan pengujian dengan micro-XRF
- Kegiatan ini memberikan fasilitas kepada peserta untuk dapat menggunakan atau mengoperasikan alat micro-XRF
- Pemanfaatan dalam penggunaan analisis micro-XRF selain di bidang kebumihan atau geosains, pertanian, keteknikan, juga dapat diaplikasikan pada bidang medis, forensik, dan lain sebagainya
- Kegiatan pelatihan ini merupakan suatu hal yang penting untuk *soft-skill* peserta dalam menggunakan micro-XRF
- Pelatihan ini memberikan pengetahuan bagi peserta tentang kegunaan dan pemanfaatan dari pelatihan micro-XRF

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi, PT. Dynatech Internasional, dan seluruh pihak yang telah berkontribusi.

### Daftar Pustaka

- Ariani, R.P., & Utama, H.W. (2022). Petrogenesis and Geological Structure of Tantan Granitoid in Sungai Manau District, Merangin Regency, Jambi Province. *Eksplorium*, 43 (2), 79-88.
- Asadi, P., Beckingham, L.E. (2021). Integrating machine/deep learning methods and filtering

- techniques for reliable mineral phase segmentation of 3D X-ray computed tomography images. *Energies*, 14, 4595
- Baek, S.H., Hong, J.W., Kim, K.Y., Yeom, S., Kwon, T.H. (2019). X-ray computed microtomography imaging of abiotic carbonate precipitation in porous media from a supersaturated solution: insights into effect of CO<sub>2</sub> mineral trapping on permeability. *Water Resour. Res.* 55, 3835–3855
- Bergmann, U., Manning, P.L., Wogelius, R.A. (2012) Chemical mapping of paleontological and archeological artifacts with synchrotron X-rays. *Annual Review of Analytical Chemistry*, 5, 361–389.
- Flude, S., Haschke, M., Storey, M. (2017). Application of benchtop micro-XRF to geological materials. *Mineralogical Magazine*, 81 (4), 923-948.
- Guilherme, A., Buzanich, G. and Carvalho, M.L. (2012). Focusing systems for the generation of X-ray micro beam: An overview. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 77, 1–8
- Hakim, F.N., Wibowo, E.W. (2023). Desain media pembelajaran struktur bumi dan batuan berbasis interaktif. *Jurnal Ilmiah Komputer Grafis*, 16 (1), 85-91.
- Hidayanti, F. (2021). Karakterisasi Material: Mikro X Ray Fluorescence. LP\_UNAS, 268.
- Kim, J.J., Ling, F.T., Plattenberger, D.A, Clarens, A.F. (2022). Quantification of mineral reactivity using machine learning interpretation of micro-XRF data. *Applied Geochemistry*, 136, 1-10.
- Nabella, F., Utama, H.W., Said, Y.M. (2019). Geology and Genesis of the Tanco Isolated Hill on the Kerinci Lake, Jambi. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 279, 012027. The International Conference on Geoscience, Makassar, Indonesia, vol. 279, pp.012027-1 – 012027-13.
- Newville, M. (2013). Larch: an analysis package for XAFS and related spectroscopies. *J. Phys. Conf.* 430
- Nusantara, T. (2019). Society 5.0 Dan Riset Perguruan Tinggi Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Penguatan Riset dan Luarannya sebagai Budaya Akademik di Perguruan Tinggi memasuki Era 5.0*, 1-19.
- Padilla, R., Van Espen, P., Abrahantes, A. and Janssens, K. (2005). Semiempirical approach for standardless calibration in  $\mu$ -XRF spectrometry using capillary lenses. *X-Ray Spectrometry*, 34, 19–27.
- Pereira, A.M.T. and Brandao, P.R.G. (2001). Statistical validation of standardless and standard-based analysis by X-ray fluorescence spectrometry in iron ores characterisation. *Minerals Engineering*, 14, 1659–1670.
- Perrett, G.M., Campbell, J.L., Glasauer, S. and Pardo, R. (2014). Quantitative determination of mineral phase effects observed in APXS analyses of geochemical reference materials: Quantitative determination of mineral phase effects in APXS analyses. *X-Ray Spectrometry*, 43, 359–366.
- Said, Y.M., Utama, H.W. (2021). Analisis Morfologi Fisik Kaldera Masurai Jambi Menggunakan Citra Satelit Resolusi Tinggi. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, vol. 7 (3), hal. 178-190.
- Said, Y.M., Utama, H.W. (2023). Late Cretaceous Andesite Intrusion within Strike-slip Fault of Geological Field Features and Landscape, Jambi, Indonesia. AIP Conference Proceedings 2598, 020005. 4th International Conference on Earth Science, Mineral and Energy, Yogyakarta, Indonesia, vol. 2598, pp. 020005-1 – 020005-11.
- Syaifulloh, M., & Utama, H.W. (2021). Petrogenesis Intrusi Granitoid Langkup di Desa Rantau Kermas dan Sekitarnya, Kecamatan Jangkat, Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 2 (1), 41-48.
- Utama, H.W., Mulyasari, R., & Said, Y.M. (2021). Geothermal Potential on Sumatra Fault System To Sustainable Geotourism in West Sumatra. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 7 (2), 126-137.
- Utama, H.W. (2020). Struktur Geologi dan Vulkanostratigrafi; Analisis Model Elevasi Digital dan Citra Landsat 8. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 6 (2), 156-168.
- Utama, H.W., Said, Y.M., Siregar, A.D., Adhitya, B., Mastur, A.K. (2023). Geochemical Data for Geothermal Exploration on Grao Sakti, Jambi, Indonesia. AIP Conference Proceedings 2482, 080008. *The 3rd International Conference on Engineering, Technology and Innovative Researches*, Purbalingga, Indonesia, 080009-1 – 080009-8.
- Utama, H.W. (2023). Taman Bumi Mengkarang Universitas Jambi sebagai Media Pembelajaran di Teknik Kebumihan. DIMASEJATI Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 5 (4), 40-50.
- Utama, H.W., Sutarto, Widagdo, A., Wahyudi, E. (2023). Paleovolcanic Karing Reconstruction in The Merangin Jambi UNESCO Global Geopark Territory Based on Petrological and Geochemical Approach. *Journal Online of Physics*, 9 (1), 66-79.
- Utama, H.W., Said, Y.M., Siregar, A.D. (2023). Releasing Bend Structures of Dikit Fault Segment on Grao Sakti, Jambi: Its Related Strike-slip Fault Zone. AIP Conference Proceedings 2482, 080009. *The 3rd International Conference on Engineering, Technology and Innovative Researches*, Purbalingga, Indonesia, 080009-1 – 080009-11.

- Utama, H.W., Adhitya, B., Arafat, R., Siregar, Y., Astuti, I.T., Fauzi, M., Aulia, M. (2023). Kajian Petrologi Dalam Konservasi Warisan Geologi di Taman Nasional Bukit Duabelas (TNBD) Kabupaten Sarolangun, Jambi. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 4 (2), 91-102.
- Utama, H.W., Arafat, R., Adhitya, B., Said, Y.M., Wiratama, J., Aulia, M., Ayu, D. (2023). Digitalization of Mengkarang Geopark Miniature Universitas Jambi As An Effort to Support The Summer Course Program. *Transformasi Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 19 (2), 296-308.
- Utama, H.W., Said, Y.M., Ritonga, D.M.M., Kurniantoro, E. (2021). Geodynamics Relationship of Sabak Back Arc Volcanic and Geragai Geothermal Features, Tanjabtim, Jambi, Indonesia. Atlantis Press; *Advances in Engineering Research. Proceedings of the 3rd Green Development International Conference (GDIC 2020)*, Jambi, Indonesia, vol. 205, 376-382.
- Utama, H.W., Said, Y.M., Siregar, A.D., Adhitya, B. (2021). The Role of Sumatra Fault Zone of Dikit Fault Segment to Appearance of Geothermal Features on the Grao Sakti, Jambi, Indonesia. Atlantis Press; *Advances in Engineering Research. Proceedings of the 3rd Green Development International Conference (GDIC 2020)*, Jambi, Indonesia, vol. 205, hal. 367-375.
- Utama, H.W., Mulyasari, R. (2024). Geomorphological Structure of Landform Characteristics As A Reference for Development Recommendations in Active Volcanic and Faulting Areas, A Case Study in Kerinci Region, Jambi Province, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, 11 (1), 123-139.
- Wolff, T., Malzer, W., Mantouvalou, I., Hahn, O. and Kanngießner, B. (2011) A new fundamental parameter based calibration procedure for micro X-ray fluorescence spectrometers. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 66, 170–178.