

Potensi Mineral Aluvial Sungai Luk Ulo Menggunakan XRD dan AAS di Desa Kebakalan Kebumen

Potency of Alluvial Mineral of Luk Ulo River with XRD and AAS in Kebakalan Village Kebumen

Edy Nursanto^a, Afroza Pratiwi^{b*}, Eddy Winarno^a, Bambang Sugiarto^c and Riria Zendy Mirahati^d

^aDepartemen Teknik Pertambangan, Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Yogyakarta 55283, Indonesia

^bMagister Teknik Pertambangan, Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Yogyakarta 55283, Indonesia

^cDepartemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Yogyakarta 55283, Indonesia

^dDepartemen Teknik Metalurgi, Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Yogyakarta 55283, Indonesia

*Email: edynursanto@upnyk.ac.id

Artikel histori :

Diterima 12 September 2022
Diterima dalam revisi 7 November 2022
Diterima 8 November 2022
Online 15 November 2022

ABSTRAK: Berdasarkan data petrografi, XRD, dan inklusi fluida yang ditafsirkan bahwa urat kuarsa yang terkait dengan sulfida rendah di daerah Karangsembung mengalami 2 tahap perubahan sistem dari sistem mesothermal menjadi sistem epitermal. Hal ini menunjukkan adanya potensi mineral yang terkandung dalam suatu bahan, termasuk pada Sungai Luk Ulo di mana endapan aluvial hadir. Oleh karena itu, yang perlu dilakukan selanjutnya adalah mengetahui komposisi unsur material dan logam dari material aluvial tersebut di Sungai Luk Ulo, Desa Kebakalan menggunakan XRD, dan AAS sehingga diketahui potensinya. Penelitian ini terbatas pada potensi mineral pada uji Au, Ag, dan Cu pada 2 sampel, A berupa pasir dan B berupa batuan. Hasil penelitian XRD pada sampel A dan B menunjukkan bahwa kuarsa (SiO₂) memiliki persentase tertinggi (30-50%) dibandingkan dengan mineral lainnya. Sedangkan hasil uji AAS menunjukkan bahwa kandungan Au dan Ag tertinggi adalah pada sampel B dan Cu pada sampel A dengan total 19,30 g/ton Au, 8,67 g/ton Ag dan 62,88 gr/ton Cu. Sementara itu, total Au dan Ag terendah berada pada sampel A dan Cu berada pada sampel B yang berjumlah Au 11,32 g/ton, Ag 2,77 g/ton, dan Cu 34,86 g/ton.

Kata Kunci: potensi; mineral; aluvial; XRD; AAS

ABSTRACT: Based on petrographic data, XRD, and fluid inclusions, it was interpreted that the quartz veins associated with low sulfide in Karangsembung area underwent 2 stages of system change from mesothermal system to epithermal system. This showed the potential mineral contained in the material, especially in the Luk Ulo River where there were alluvial deposits. To determine the mineral and material composition contained in alluvial material in Luk Ulo River, Kebakalan Village, AAS and XRD were used. This research was limited only to testing Au, Ag, and Cu from 2 samples, namely sample A for sand and sample B for rock. XRD results on samples A and B showed that quartz (SiO₂) had the highest percentage (30-50%) compared to other minerals. While the results of the AAS tests showed that the highest Au and Ag contents were in sample B and Cu in sample A with total of 19.30 g/ton Au, 8.67 g/ton Ag, and 62.88 g/ton Cu. Meanwhile, the lowest total Au and Ag were in sample A and Cu was in sample B which amounted to Au 11.32 g/ton, Ag 2.77 g/ton, and Cu 34.86 g/ton.

Keywords: potential; mineral; alluvial; XRD; AAS

* Corresponding Author: +62812-7776-4690
Email: pratiwiafroza@gmail.com

1. Pendahuluan

Kabupaten Kebumen merupakan daerah yang secara geologis sangat menarik karena adanya keanekaragaman batuan dengan usia formasi dan lingkungan yang bervariasi. Deposit emas ditemukan di daerah Karst Gombang Selatan di sekitar Gunung Arjuno, Gunung Gadung dan Gunung Poleng yang berhubungan dengan urat kuarsa. Perubahan dan mineralisasi yang berkembang dalam bentuk epitermal sulfat rendah di zona super kalsedonik. Secara umum, mineralisasi di Gombang Selatan terjadi pada posisi dangkal dengan suhu sekitar 100°C, pH rendah mendekati asam karena pengaruh udara meteorik. (Ansori dan Puswanto, 2011)

Sistem perubahan dan mineralisasi yang berkembang di daerah ini adalah epitermal sulfat rendah yang berada dalam posisi dangkal dekat dengan permukaan bumi, termasuk zona super kalsedonik, yang terletak di sekitar batas transisi tabel air tanah tetapi di atas zona didih. Di sebelah utara, ditemukan indikasi di sekitar Kecamatan Karanggayam-Sadang di kawasan Kompleks Melange. Berdasarkan data petrografi, XRD, dan inklusi fluidanya didapatkan bahwa urat kuarsa yang terkait dengan sulfida rendah di daerah Karangsambung mengalami 2 tahap perubahan sistem dari sistem mesothermal ke sistem epitermal (Ansori dan Puswanto, 2011). Hal ini berarti, pada Sungai Luk Ulo yang berada disekitarnya dan memiliki endapan alluvial adalah suatu potensi mineral.

Berbagai penelitian sudah dan masih dilakukan oleh para peneliti di seluruh dunia mengenai aplikasi uji suatu material dengan produk dan metode yang berbeda-beda. Uji bahan ini dapat dilakukan dengan menggunakan uji *X-ray Diffraction* (XRD) dan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). XRD merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi fase kristal dalam material dengan menentukan parameter struktur kisi dan untuk mendapatkan ukuran partikel (Nurhidayah, 2016). Uji XRD digunakan untuk mendeteksi senyawa kristal dalam material dan mengkarakterisasi struktur suatu material. Dalam prosesnya, ada berkas cahaya yang disalurkan dari sinar-sinar tersebut, ada yang saling membatalkan karena fasenya berbeda dan ada yang saling menguatkan karena fasenya sama. Sinar-X yang saling menguatkan disebut balok difraksi. Kondisi yang harus dipenuhi agar sinar-X yang tersebar menjadi sinar difraksi dikenal sebagai Hukum Bragg. Persamaan matematika hukum Bragg (Braggs, 1993) adalah sebagai berikut:

$$n\lambda = 2 d \sin \theta \quad (1)$$

Keterangan:

- *n* adalah bilangan bulat
- *d* adalah jarak antar bidang
- θ adalah sudut antara sinar datang dan bidang kristal
- λ adalah panjang gelombang sinar-X.

Berdasarkan persamaan matematika 1 hukum Bragg, kondisi untuk terjadinya peristiwa difraksi adalah $<2d$ (Omar, 1975).

AAS merupakan alat yang digunakan dalam metode analitik untuk penentuan unsur logam dan metalloid yang pengukurannya didasarkan pada penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog dkk, 2014). Prinsip yang digunakan pada AAS adalah absorpsi cahaya oleh atom, atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya (Sari, 2016). Hal ini seperti bahwa apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada pada sel. Kemudian, banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya.

Logam emas, perak dan tembaga merupakan mineral yang berasosiasi, seperti menurut Saleh (2012), konsentrat tembaga pada PTFI mengandung emas dan perak berbentuk pasir berwarna hitam-kehijauan berukuran 100% minus 210- μ m dan unsur logam-logam pengotor sebagai akibat dari proses yang tidak 100% sempurna adalah Al, As, Ba hingga SiO₂ dengan kadar bervariasi sangat rendah hingga tinggi, khusus Fe dan S yang berasal dari pirit.

Emas dan perak merupakan logam yang umumnya dimanfaatkan sebagai perhiasan, konduktor, dan argentometri serta untuk mengetahui unsur logam-logam tersebut digunakan uji AAS (Rapele, 2022). Emas merupakan emas merupakan salah satu logam yang terdapat dalam mineral batuan sebagai endapan epitermal yang terbentuk dalam sistem hidrotermal yang berasal dari aktivitas gunung berapi dan dapat diuji menggunakan AAS (Roza, 2018). Tembaga banyak digunakan pada pabrik yang memproduksi alat-alat listrik, sebagai aloi dengan perak (Ag), kadmium (Cd), timah putih dan seng (Zn) (Andaka, 2008 dalam Saleh, 2012).

Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik dan unsur logam dari material aluvial Sungai Luk Ulo di Desa Kebakalan, Kecamatan Karanggayam, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah, dengan menggunakan XRD dan AAS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis karakteristik dan unsur logam yang terkandung dalam sungai aluvial. Penelitian ini terbatas pada potensi mineral yang terlihat pada pengujian XRD dan AAS, dimana AAS hanya terdiri dari tiga unsur yaitu Au, Ag dan Cu terhadap 2 sampel.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan berupa pasir dan batuan berasal dari Sungai Luk Ulo, Desa Kebakalan, Kecamatan Karanggayam, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah dengan pengambilan sampel secara acak. Tabel 1 menjelaskan jumlah sampel yang digunakan dalam setiap uji lab.

Tabel 1. Jumlah bahan baku sampel dalam setiap uji lab

	Uji	Sampel	
		A (Pasir)	B (Batu)
	XRD	1,2 gr	1,2 gr
	AAS		
1.	1	50 gr	50 gr
2.	2	50 gr	50 gr
3.	3	50 gr	50 gr

2.2 Uji XRD

Analisis kandungan mineral komposit ini dengan XRD menggunakan Rigaku XRD seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 memberikan data kandungan mineral yang terbentuk dan kristalinitas material melalui intensitas difraksi pada sudut-sudut kristal (2θ) (Cullity, 1956). Menurut Cullity (1956), selanjutnya metode difraksi sinar-X dapat dibagi menjadi: (1) Metode kristal tunggal sering digunakan untuk menentukan struktur kristal, dalam hal ini digunakan dalam bentuk kristal tunggal dan (2) metode bubuk curah. Bahan sampel dalam metode ini dibuat dalam bentuk bubuk, sehingga terdiri dari banyak kristal yang sangat kecil dan orientasinya tidak perlu disesuaikan lagi karena semua orientasi bidang sudah ada dalam sampel sehingga hukum Bragg dapat terpenuhi. Pada penelitian ini digunakan metode bubuk curah.



Gambar 1. XRD Rigaku

Ada 2 jenis metode analisis menggunakan XRD, yaitu kualitatif dan kuantitatif. Metode kuantitatif digunakan untuk mengetahui jenis komposisi mineral dan memperkirakan persentase/rasio setiap mineral dalam suatu bahan yang sedang diuji. Umumnya, data yang diperoleh dari pengujian ini berupa grafik pola difraksi sinar-X. Data

ini dapat memberikan informasi tentang struktur dan tekstur kristal atau material yang sedang diuji. Melalui uji ini juga akan diperoleh grafik intensitas 2θ versus, yang akan menunjukkan pola difraksi pada material atau kristal yang terbentuk.

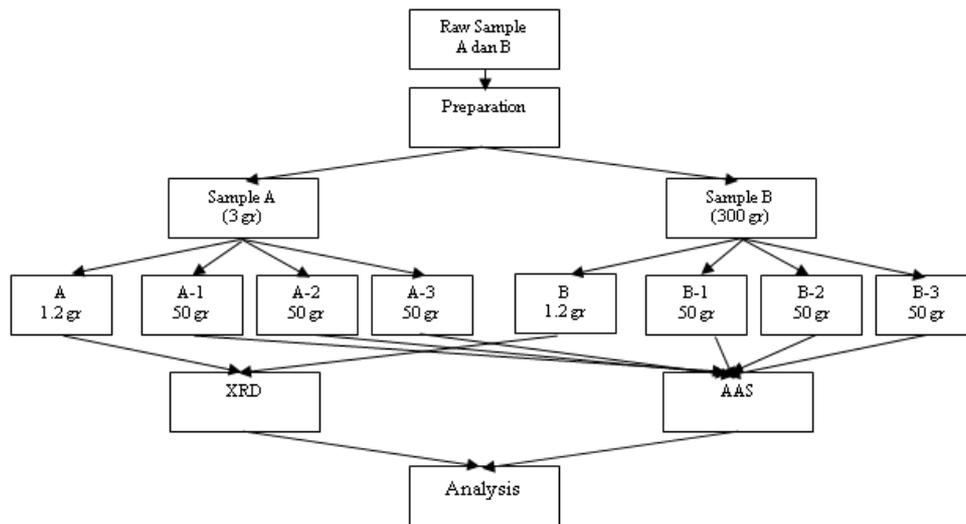
Analisis yang digunakan pada sampel bubuk curah dimulai dari mengambil dan menempatkan sampel yang kemudian diperlukan sinar-x dengan panjang gelombang tetap dari sudut datang berbeda, dengan alat goniometer, yaitu 2θ antara 3° - 65° . Intensitas radiasi yang dipantulkan direkam menggunakan recorder dan data dianalisis untuk sudut defraksi untuk menghitung jarak antaratom, dimana intensitas diukur untuk membedakan berbagai *d-spacing* dan hasilnya dibandingkan dengan data yang diketahui untuk mengetahui jenis mineralnya. Setiap kristal/material akan memiliki puncak difraksi yang berbeda sehingga dari pola ini dapat ditentukan material atau elemen apa saja yang terbentuk dengan menggunakan software PDXL (*Integrated X-Ray Powder Diffraction Software*) dengan menggunakan prinsip Extended Gaussian Convolution. Analisis ini dilakukan di Laboratorium XRD Jurusan Teknik Perminyakan, UPNYK.

2.3 Uji AAS

Sampel A (pasir) dan B (batuan) yang telah dihaluskan dan disaring sehingga mendapatkan ukuran material -200 mesh, dilakukan proses digest material. Digest material merupakan metode destruksi asam tertutup yang menggunakan gelombang mikro dalam proses destruksi. Metode ini disebut dengan metode *microwave digestion* (Rodiana dkk, 2013). Pada metode ini contoh uji ditambahkan asam kuat dalam sistem tertutup yang menyebabkan terjadinya peningkatan suhu dan tekanan. Digest material A (pasir) dan B (batuan), masing – masing dilakukan dengan perbandingan 1:3 antara HNO_3 dan HCl menjadi 3 replicat yang berat per material sampel tersebut adalah 50 gr, maka HNO_3 dan HCl yang digunakan untuk masing – masingnya adalah 43 ml dan ± 130 ml. Selanjutnya, sampel dipanaskan selama 4 jam hingga digest material tersebut mencapai volume 100 ml, kemudian diencerkan hingga menjadi 200 ml. Hasil dari pengenceran tersebut selanjutnya akan disaring dan dilakukan pembacaan AAS dengan menggunakan alat yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. AAS GGX 830



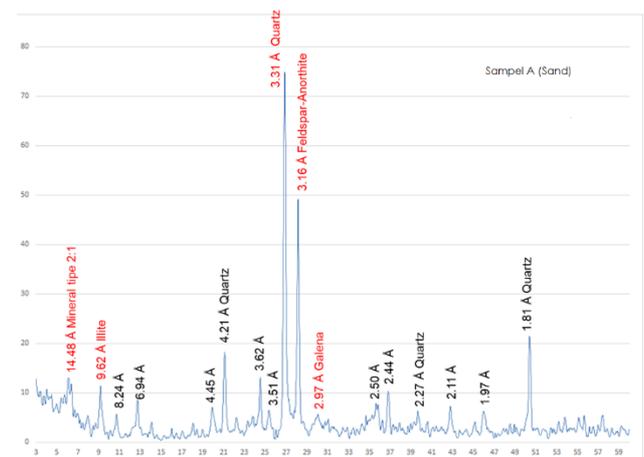
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Metode AAS didasarkan pada penyerapan cahaya oleh atom, atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsur-unsur (Sari, 2016). Selanjutnya, alat yang ditunjukkan pada Gambar 2, yaitu *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) dengan merk GGX 830. Alat ini dilakukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan menyesuaikan kandungan logam berat yang nantinya akan diuji pada sampel yang dimiliki. Logam berat yang akan dianalisis berupa logam berat Emas (Au), Perak (Ag) dan Tembaga (Cu). Analisis kandungan logam berat dilakukan di Laboratorium Internal PT Global Mineralium Corporindo.

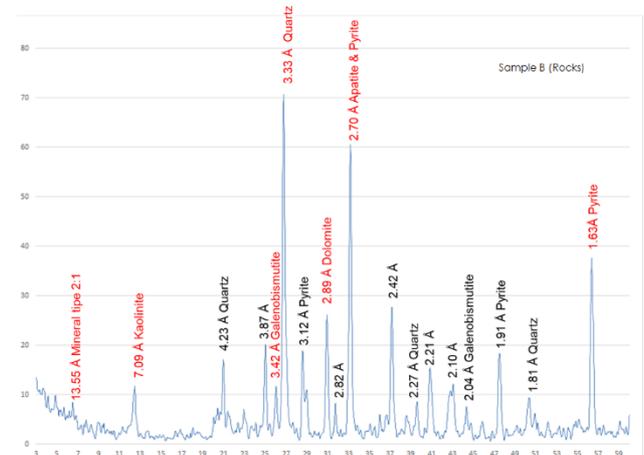
Langkah-langkah penelitian yang dilakukan ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3. Pada gambar tersebut dapat menjelaskan bahwa sampel *raw* berupa sampel A (pasir) dan B (batuan) dilakukan preparasi. Preparasi tersebut terdiri dari penggerusan, pengayakan, penimbangan dan penamaan. Bahan baku sampel digerus menggunakan mortar dan alu laboratorium. Hasil gerusan diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam plastik sampel, ditimbang menggunakan neraca digital, dan diberi nama dengan kertas label. Pada pengujian XRD dibagi menjadi sampel A dan B dengan masing-masing $\pm 1,2$ gr, sedangkan uji AAS dibagi menjadi 3 replicat pada sampel A dan B dengan masing-masing 50 gr. Penamaan pada sampel ini adalah A-1, A-2 dan A-3 pada sampel A, begitupula dengan sampel B menjadi B-1, B-2 dan B-3, yang masing – masingnya akan diujikan potensi mineral yakni Au, Ag dan Cu.

3. Hasil dan Diskusi

Penentuan karakteristik dan komposisi material sampel A dan B endapan aluvial di Sungai Ulu Lok dilakukan dengan menggunakan XRD. Difraksi sinar-X dilakukan untuk



Gambar 4. Grafik Hasil Tes XRD Sampel A (Pasir)



Gambar 5. Grafik Hasil Tes XRD Sampel B (Batuan)

Tabel 2. Mineral yang terkandung dalam bahan sampel aluvial Sungai Ulu Lok dari hasil analisis XRD

Sample	Quartz (%)	Calcite (%)	Clay (%)	Mineral lainnya								Total (%)
				Feldspar (%)	Apatite (%)	Pyrite (%)	Dolomite (%)	Galeno-bismutite (%)	Kalio-phillite (%)	Galena (%)	Hornblende Magnesio (%)	
A (Pasir)	48.55	0.00	15.88	31.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.68	0.00	100.00
B (Batuan)	31.16	0.00	8.94	0.00	13.34	29.84	11.56	5.16	0.00	0.00	0.00	100.00

Keterangan: ini merupakan hasil analisis uji XRD dengan Hukum Bragg.

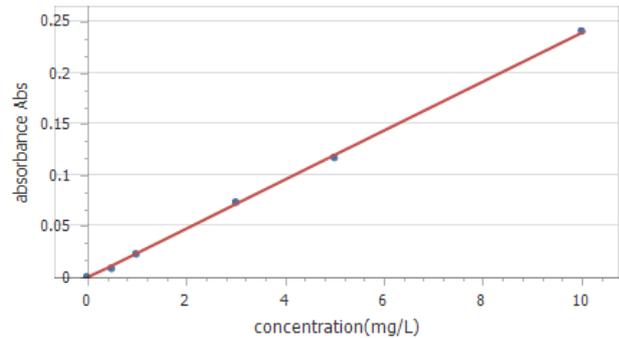
menentukan jenis fase yang terbentuk di batuan tambang. Pengukuran menggunakan metode XRD dilakukan di laboratorium XRD Departemen Teknik Perminyakan, UPNYK. Berdasarkan data dari analisis difraksi sinar-X untuk sampel A dan B, ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 4, mineral yang terkandung dalam material aluvial menggunakan XRD dapat ditemukan bahwa sampel A melalui fasa yang terbentuk pada grafik yaitu kuarsa (SiO_2), clay, feldspar dan galena (PbS). Fasa-fasa ini digambarkan oleh puncak-puncak yang dihasilkan oleh sampel pada setiap sudut 2θ . Untuk fasa SiO_2 memberikan puncak yang tinggi dan tajam. Pada Gambar 5, sampel B memberikan fasa puncak yang tingginya pada kuarsa (SiO_2) dan pyrite (FeS_2).

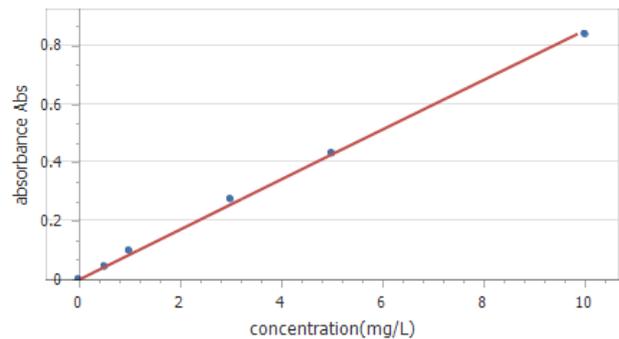
Hasil kuantitatif dari analisa XRD yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2. Dari Tabel 2 terlihat bahwa A mengandung 48,55% kuarsa (SiO_2), 15,88% clay, 31,89% feldspar dan 3,68% galena (PbS). Sedangkan Sampel B mengandung kuarsa (SiO_2), clay, apatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{Cl},\text{OH})$), pyrite (FeS_2), dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), dan galenobismutite dengan persentasenya masing-masing ialah 31,16%, 8,94%, 13,34%, 29,84%, 11,56% dan 5,16%.

Pada hasil uji ini terlihat bahwa persentase yang tertinggi adalah kuarsa. Hal ini terjadi karena kuarsa merupakan mineral paling banyak ditemukan pada kerak bumi (Kilian dkk, 2018). Kursa juga merupakan salah satu mineral ikutan yang umumnya ada pada endapan emas (Ernawati dkk, 2017). Secara megaskopis mineral emas tidak terlihat, sedangkan secara pengamatan mineragrafi ditemukan keberadaan emas dalam bentuk mineral electrum. Mineral electrum yang ditemukan jumlahnya sangat sedikit dan memiliki kenampakan warna putih krem, berukuran sangat halus hingga $5\mu\text{m}$ yang tersebar secara acak dan terinklusi dalam kuarsa (Aminah, 2018).

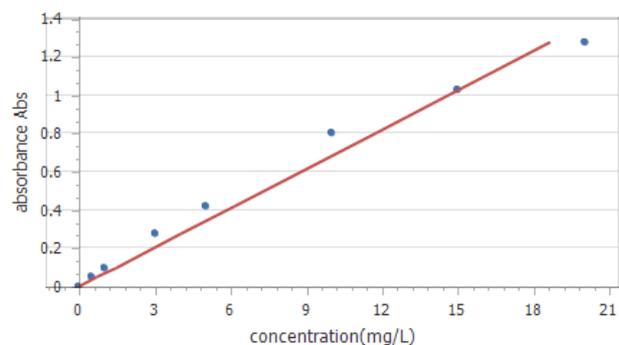
Berdasarkan data dari ketiga tabel tersebut dapat dibuat kurva kalibrasi Au, Ag dan Cu sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 6, 7 dan 8.



Gambar 6. Grafik Kurva Kalibrasi Au



Gambar 7. Grafik Kurva Kalibrasi Ag



Gambar 8. Grafik Kurva Kalibrasi Cu

Tabel 3. Hasil analisis konten Au, Ag dan Cu menggunakan AAS

Contoh Kode	Sampel Asal	gr/ton		
		Au	Ag	Cu
A-1	Pasir	11,32	2,89	58,56
A-2	Pasir	11,85	2,77	62,88
A-3	Pasir	11,62	2,72	56,46
B-1	Batuan	17,08	7,44	34,86
B-2	Batuan	17,89	8,67	37,35
B-3	Batuan	19,30	7,62	36,62

Hasil dari pengujian semua sampel yang masing-masing memiliki volume dan berat 180 mL dan 50 gr pada pengujian menggunakan AAS di Laboratorium Internal PT GMC. Hasil analisis AAS dari gambar 6, 7 dan 8 dapat dilihat pada Tabel 3. Pada table tersebut menunjukkan bahwa kandungan Au yang paling banyak terdapat di sampel B (batuan) replicat 3 (B-3) dengan jumlah 19,30 gr/ton sedangkan yang terendah adalah sampel A (pasir) replicat 1 (A-1) dengan jumlah 11,32 gr/ton. Jumlah Ag dalam sampel yang tertinggi terletak pada sampel B replicat 2 (B-2) dengan jumlah 8,67 gr/ton dan yang terendah adalah A replicat 3 (A-3) sejumlah 2,72 gr/ton. Sedangkan Cu memiliki jumlah tertinggi adalah 62,88 gr/ton yang merupakan sampel A replicat 2 (A-2) dan yang terendah adalah B replicat 1 (B-1) sejumlah 34,86 gr/ton.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, potensi mineral yang terkandung dalam sampel pasir dan batuan menggunakan XRD menunjukkan bahwa kuarsa (SiO_2) memiliki persentase terbesar (30-50%) dibandingkan dengan mineral lainnya. Sedangkan hasil uji AAS Au, Ag dan Cu menunjukkan bahwa kandungan Au dan Ag tertinggi terdapat sampel batuan yakni B-3 19,30 gr/ton dan B-2 8,67 gr/ton serta Cu pada sampel pasir yakni A-2 62,88 gr/ton.

Ucapan Terima kasih

Penelitian ini didukung penuh oleh LPPM. Peneliti juga secara khusus mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Fakultas Teknologi Mineral, Jurusan Teknik Pertambangan, Program Studi Magister Teknik Pertambangan.

Daftar Pustaka

Aminah, S. 2018. Karakterisasi Batuan Bijih Emas, *Jurnal Elemen*, Vol. 5 No. 2, 66-70.
DOI: <https://doi.org/10.34128/je.v5i2.81>
Ansori, C., and Puswanto, E.. 2011. Altrasi dan mineralisasi di kawasan karst Gombang Selatan, Kebumen; *Proceedings Presentation of Research*

Results of Geotechnology Research Center LIPI-2011, Bandung, 217, 21-28.

- Bragg, W.H. and Bragg, W.L. 1913. The Reflection of X-rays by Crystals: *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character (1905-1934)*. 1913-07-01. 88 (605):428–438.
DOI: <https://doi.org/10.1098/rspa.1913.0040>
- Cullity, B.D, 1956. *Element of X-Ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Ernawati, R., Idrus, A., Petrus, H.T.B.M. 2017. Mineralogi dan Geokimia Endapan Emas Epitermal di Paningkaban, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, *Prosiding Seminar Nasional XII “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2017”*, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Kilian, A., Widodo, S. dan Jafar, N. 2018. Analisis Karakteristik Limbah Pengolahan Emas dan Potensi Pemicu Air Asam Tambang Pada Pertambangan Rakyat Kelurahan Poboya Kab. Donggala, Prov. Sulawesi Tengah, *Jurnal Geomine*, Vol. 6, No. 2.
- Nurhidayah. 2016. *Karakteristik Material Pasir Besi dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) di Pantai Marina Kabupaten Bantaeng*. Thesis from the Bachelor of Science Physics Department, Faculty of Science and Technology, Indonesia: Alauddin State Islamic University Makassar.
- Omar, M.A. 1975. *Elementary Solid State Physics Principles and Application*. London: Addison-Wesley Publishing Company.
- Rapele, N.P., Fajar, N.A., Febriana, F. dan Ridzuan, M. 2022. Ekstraksi Emas dan Perak Menggunakan Tiourea, *Jurnal GEOSAPTA* Vol. 8 No. 1, 39-43.
- Rodiana, Y., Maulana, Masitoh, S dan Nurhasni. 2013. Pengkajian Metode Untuk Analisis Total Logam Berat Dalam Sedimen Menggunakan Microwave Digestion, *Ecolab* Vol. 7 No. 2, 71-80.
- Roza, M. 2018. Analisis Kandungan Emas pada Batuan Sedimen dari Silago Kabupaten Dharmasraya dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), *Natural Science Journal*, Vol. 4, No. 1, 492-502.
- Saleh, R. 2012. Potensi Peningkatan Nilai Tambah dari Mineral Ikutan Hasil Pengolahan Tembaga, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* Vol. 8, No. 1, 17-27.
- Sari, R.K. 2016. Potensi Mineral Batuan Tambang Bukit 12 Dengan Metode XRD, XRF dan AAS. *Journal EKSAKTA* Vol. 2 (2016), 13-23.
- Skoog DA, West DM, Holler J., and Crouch SR. 2014. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Ed-9. Belmont: Broulist Cold.