

# Studi Perolehan Emas Pada *Slag* Hasil Pemurnian Bullion Emas Menggunakan Metode Pelindian Asam Klorida di PT Sucofindo Bekasi

Rizal Adianto<sup>\*1)</sup>, Infantri Putra<sup>2)</sup>, dan Fahny Ardian<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Teknologi Metalurgi, Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung, Jl. Jend. Sudirman No. 623, Kota Bandung, 40211, Indonesia

Email: : [adiantorizal12@gmail.com](mailto:adiantorizal12@gmail.com), [infantri.putra@esdm.go.id](mailto:infantri.putra@esdm.go.id), [fahny.ardian@esdm.go.id](mailto:fahny.ardian@esdm.go.id)

## ABSTRAK

Proses pemurnian emas menghasilkan produk sampingan berupa *slag* yang mengandung mineral berharga salah satunya adalah emas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam klorida (HCl) dan temperatur terhadap persentase ekstraksi emas dari *slag*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah hidrometalurgi dengan teknik *agitation leach* pada sampel *low grade concentrate* hasil pemurnian emas. Variasi konsentrasi HCl yang digunakan adalah 2M, 4M, dan 6M, serta variasi temperatur 25°C, 50°C, dan 80°C, dengan variabel tetap berupa persen solid 40%, kecepatan putaran 400 rpm dan waktu pelindian 8 jam. Analisis awal menggunakan metode fire assay gravimetri menunjukkan kandungan emas pada sampel *slag* sebesar 938,70 ppm, yang menegaskan perlunya proses pelindian lebih lanjut untuk memperoleh kembali emas yang ada di *slag*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi HCl dan temperatur berpengaruh positif terhadap persen ekstraksi emas. Pada konsentrasi 6 M dan suhu 80°C, diperoleh persen ekstraksi tertinggi sebesar 80,35%. Kesimpulannya, semakin tinggi konsentrasi HCl dan temperatur, semakin besar persen ekstraksi emas yang diperoleh, menjadikan kombinasi ini sebagai kondisi optimal dalam proses pelindian asam klorida untuk ekstraksi emas dari *slag*.

**Kata kunci:** Emas, *Slag*, Pelindian, HCl, Temperatur

## 1. Pendahuluan

Emas merupakan logam yang memiliki nilai dan permintaan yang tinggi di dunia di mana emas terdapat di beberapa mineral seperti mineral sulfida, oksida, *native* dan emas juga hadir sebagai mineral minor. Hal ini disebabkan karena sifat emas yang tahan terhadap suhu tinggi dan lingkungan korosif. Emas tidak bereaksi dengan oksigen, sulfur, nitrogen atau karbon pada semua temperatur (Darmawi, 2018). Beberapa perusahaan tambang dan pengolah emas di Indonesia melakukan proses produksi dari bijih menjadi *bullion*. Pemurnian lebih lanjut menjadi emas dan perak murni dilakukan di perusahaan pemurnian dengan serangkaian proses. Proses utama yang dilakukan adalah metode *electrorefining* di mana emas akan dilebur terlebih dahulu untuk menghasilkan katoda dan selanjutnya melalui proses elektrolisis untuk menghasilkan produk dengan kadar emas yang tinggi. Pada tahap peleburan *bullion* juga menghasilkan produk *slag* atau terak yang sebenarnya masih memiliki kandungan logam mulia.

*Slag* atau yang dikenal juga sebagai terak merupakan produk sampingan yang berasal dari proses peleburan logam atau pemurnian logam dari bijihnya. Proses peleburan logam melibatkan pemanasan bijih logam pada temperatur tinggi dengan penambahan fluks tertentu untuk mengikat pengotor dan menurunkan titik lebur. Terak terbentuk ketika mineral non-logam, senyawa, atau unsur lain dalam bijih larut serta membentuk suatu lapisan yang mengambang di atas *molten metal* yang kemudian didinginkan menghasilkan terak. Komposisi utama terak adalah senyawa yang mengandung oksida, sulfida, silikat, dan logam-logam lain yang tidak diinginkan. Untuk *slag* hasil dari peleburan emas masih memiliki kadar emas yang cukup tinggi dan masih memungkinkan untuk proses *recovery*.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis kadar Au (emas) menggunakan metode *fire assay* di laboratorium SBU mineral dan mendapatkan hasil kadar Au (emas)

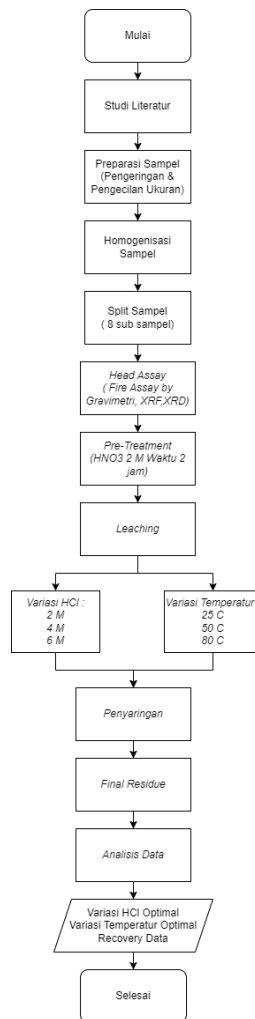
mencapai 600 ppm di mana kadar Au (emas) tersebut masih cukup tinggi untuk produk sampingan hasil pemurnian emas. Metode pelindian dapat menjadi alternatif dalam memproses ulang *slag* hasil pemurnian emas, di mana *slag* direaksikan menggunakan pelarut asam seperti asam nitrat, campuran dari nitrat, asam sulfida dan hidroklorik, *aqua regia*, dan HCl (Filcenco Olteanu, et al. 2014). Pada Penelitian sebelumnya dengan sampel *slag* hasil pemurnian tembaga dengan metode yang sama yaitu pelindian menggunakan asam klorida mendapatkan perolehan emas dengan persen ekstraksi 98% sehingga pada penelitian ini akan dilakukan proses pelindian dengan HCl terhadap sampel *slag* hasil pemurnian emas dengan unsur dominan berupa silika

Dengan berbagai pertimbangan, *slag* yang mengandung mineral dominan silika sering kali menggunakan pelarut berupa HCl, atau asam klorida, dalam proses pelindian emas. Pertama, HCl adalah asam kuat yang dapat bereaksi dengan banyak komponen *slag*, terutama oksida logam, dan membantu melarutkan bagian yang mengandung emas. Kedua, HCl memungkinkan pembentukan senyawa kompleks antara emas dan ion klorida, seperti  $[AuCl_4]^-$ . Ketiga, HCl dapat membantu melarutkan mineral pengotor lain yang mungkin mengandung atau mengikat emas, membuat emas yang terperangkap dalam *slag* lebih mudah diekstraksi. Hal ini dapat terjadi meskipun silika ( $SiO_2$ ) relatif *inert* dan tidak larut dalam HCl. Selain itu, karena HCl adalah reagen kimia yang mudah diperoleh dan ditangani, proses pelindian menjadi lebih efisien dan efisien. Reagen asam HCl dapat digunakan sebagai pelarut dalam proses pelindian *slag* karena reagen ini merupakan asam kuat yang dapat terdisosiasi dengan air dan mampu membentuk senyawa  $[AuCl_4]^-$ . Asam klorida dalam konsentrasi menengah cukup stabil untuk disimpan dan terus mempertahankan konsentrasinya (Murthy, Kumar, dan Rao 2003).

## 2. Metode Penelitian

*Agitation leach* adalah suatu proses yang memanfaatkan serangkaian tangki pelindian dan arus pelarut berlawanan dalam urutan terbalik ke aliran padatan di mana ada beberapa teknik operasi seperti operasi tunggal yang dilakukan sekaligus dan kemudian disusul dengan pemisahan larutan dari sisa padatan, dan operasi kontinu dengan sistem bertahap dengan aliran berlawanan (*countercurrent*) dalam sistem ini aliran bawah dan atas mengalir secara bersamaan. Fahira, A. (2022).

Pada penelitian ini parameter yang diamati adalah persen ekstraksi emas terhadap variasi konsentrasi HCl dan temperatur pada saat proses pelindian berlangsung. Pengujian pelindian dilakukan dengan metode *agitation leach test*. Sebelum dilakukan pelindian, sampel dilakukan persiapan seperti pengeringan, pengecilan ukuran serta homogenisasi terlebih dahulu dengan tujuan mendapatkan sampel yang representatif. Parameter tetap yang diaplikasikan pada penelitian kali ini adalah persen solid yang dijaga di 40%, berat sampel sebanyak 200 gram, waktu pelindian 8 jam, kecepatan putaran 400 rpm dan fraksi ukuran sampel di 200# P95. Analisis awal sampel dilakukan dengan identifikasi mineral menggunakan XRD, XRF, serta mengukur kadar Au (emas) berdasarkan berat menggunakan *metode fire assay* by gravimetri. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar.1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 2.1 Preparasi Sampel

Sampel sebanyak 8,7 kg dikeringkan di dalam oven selama  $\pm 24$  jam pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$ . Sampel *slag* kering yang sudah dalam bentuk *powder* kemudian dilakukan homogenisasi menggunakan mixer selama 8 jam. Sampel kemudian di split untuk dilakukan analisis *Fire Assay by gravimetri*, XRD, dan XRF. Uji XRD dilakukan untuk mengetahui senyawa apa saja yang terkandung dalam *slag* sedangkan uji XRF dilakukan untuk mengetahui kuantitas dari senyawa oksida maupun unsur yang ada dalam *slag* sehingga dapat ditentukan *reagent pelindi* yang tepat.

## 2.2 Proses Agitation Leaching

Sampel bijih yang sudah diayak  $\pm 200\#$  sebanyak 200 gram dan larutan asam dengan konsentrasi yang ditentukan sebanyak 300 mL dimasukkan ke dalam gelas beaker di mana gelas beaker digunakan sebagai tangki untuk pelindian dengan kecepatan agitasi berjalan pada 400 rpm. Sebelum dilakukan proses pelindian sampel *slag* terlebih dahulu dilakukan proses *pre-treatment* yang berfungsi untuk melarutkan kandungan Timbal (Pb). Sampel yang digunakan pada proses pelindian merupakan sampel hasil *pre-treatment* yang berupa residu karena fasa larutan dalam proses *pre-treatment* mengandung Pb yang tidak menjadi logam target. Pada saat pelindian dilakukan penambahan reagen HCl dilakukan secara berkala sesuai dengan variasi konsentrasi yang diinginkan agar sampel padatan tercampur dengan baik dan menjadi *slurry*.

Sampel dilakukan proses pelindian selama 8 jam. Setelah itu, *slurry* dilakukan penyaringan untuk mendapatkan final residu yang akan dikeringkan di dalam oven selama 24 jam lalu dilakukan pengujian kadar emas dan perak menggunakan metode *fire assay*. Setelah kadar dalam *solution* dan residu didapatkan tahap selanjutnya adalah dilakukan perhitungan persen ekstraksi untuk mengetahui keberhasilan proses pelindian. Hal serupa dilakukan juga dengan melakukan variasi temperatur proses pelindian

### 3. Hasil dan Pembahasan

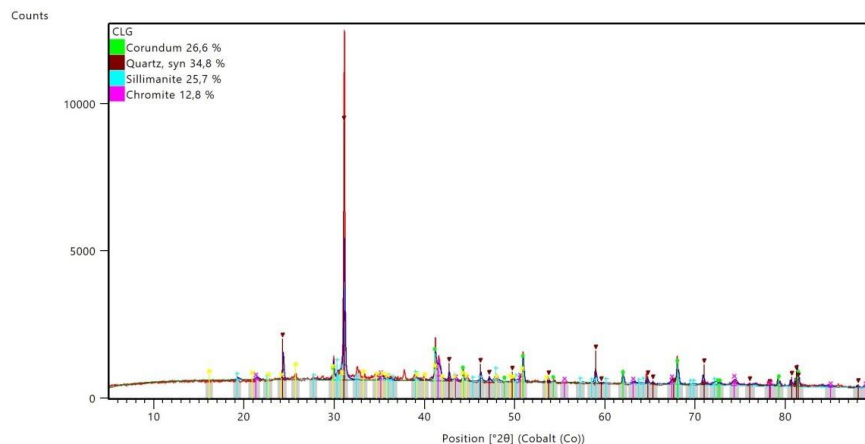
Data yang yang digunakan dalam perhitungan persentase ekstraksi emas menggunakan data yang berasal dari residu hasil pelindian. Sampel residu hasil pelindian dengan variasi konsentrasi HCl dan variasi temperatur proses pelindian tahap selanjutnya dilakukan proses *drying* dilanjutkan dengan uji *Fire Assay* untuk mengetahui kandungan emas. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung persen *recovery* emas pada penelitian ini.

$$\% \text{Ekstraksi} = \frac{\text{Berat emas pada larutan}}{\text{Berat emas pada sampel awal}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\% \text{Ekstraksi} = \frac{\text{Head assay} - \text{residu}}{\text{Head assay}} \times 100\% \quad (2)$$

#### 3.1 Analisis Menggunakan XRD

Hasil proses pemurnian menghasilkan produk berupa emas dan *slag*, hasil dari *slag* ini kita akan analisis menggunakan XRD untuk mengetahui mineral apa saja yang terkandung di dalamnya. Hasil yang didapat dari analisis XRD yaitu *corundum* 26,6%, *silika* 34,8%, *Siliminite* 25,7%, dan *chromite* 12,8% yang ditunjukkan pada Gambar. 2.



Gambar. 2 Hasil Analisis XRD sampel *slag*

#### 3.2 Analisis Menggunakan XRF

Dari data persentase di atas memberikan gambaran umum tentang komposisi mineral yang terkandung di dalam sampel di mana sampel *slag* ini dinominasi dengan  $\text{SiO}_2$  dengan perolehan 32,87%. Lalu yang kedua adalah  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dengan perolehan 23,27% mengindikasikan keberadaan aluminium pada sampel juga dominan. Untuk emas sendiri mendapatkan perolehan sebesar 0,06% atau sekitar 600 ppm pada sampel *slag* tersebut. Kemungkinan emas yang berada masih terasosiasi dengan mineral lain seperti silika sehingga terbaca oleh XRF dan di mana kandungan emas 600 ppm ini masih bisa di daur ulang dengan metode yang tepat agar *slag* tidak dibuang dan dapat mencemari lingkungan apabila tidak diolah kembali.

**Tabel 1.** Hasil Uji XRF slag

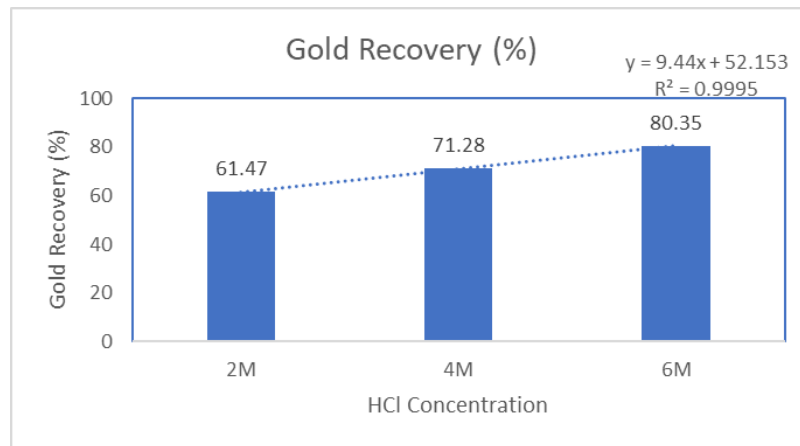
Elemen	Unit	Limit Deteksi
SiO <sub>2</sub>	%	32.87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	23.27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	11.51
Au	%	0.06
ZnO	%	1.02
CaO	%	4.57
Na <sub>2</sub> O	%	12.48
K <sub>2</sub> O	%	0.57
PbO	%	0.72
Lainnya	%	12.53

### 3.3 Pengaruh konsentrasi HCl terhadap persen ekstraksi emas

Dari Tabel 2. dan Gambar.3 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl, semakin besar persen ekstraksi emas yang didapat. Pada konsentrasi 6M, terlihat pada temperatur 25°C, persen ekstraksi mencapai 25.39%, sedangkan pada konsentrasi 2 M hanya mencapai 13.42%, dan pada konsentrasi 4 M sebesar 19.73%. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl, semakin besar persen ekstraksi yang diperoleh. Dengan konsentrasi HCl yang semakin tinggi, jumlah ion Cl dalam pelarut juga meningkat, memungkinkan lebih banyak unsur emas yang teroksidasi dalam larutan. Sesuai teori, pelindian emas membutuhkan asam dengan tingkat keasaman yang tinggi.

**Tabel 2.** Perhitungan Persen Ekstraksi

Test Variation		Au, ppm		Ekstraksi, %
Temperature [C]	Acid Concentration, M	Initial	Residue	
25	2	938.70	812.72	13.42
25	4	938.70	753.50	19.73
25	6	938.70	700.40	25.39
50	2	938.70	274.48	70.76
50	4	938.70	272.00	71.02
50	6	938.70	250.33	73.33
80	2	938.70	361.70	61.47
80	4	938.70	269.64	71.28
80	6	938.70	184.47	80.35



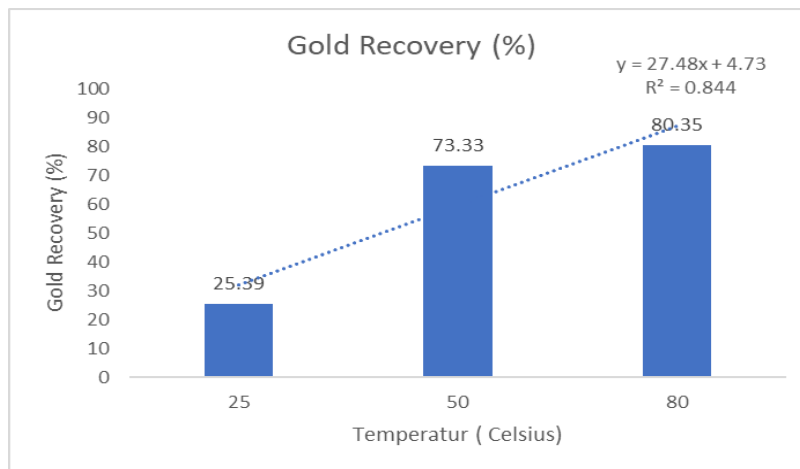
**Gambar 3.** Grafik pengaruh konsentrasi HCl terhadap persen ekstraksi emas pada temperatur 80°C

Kinetika laju reaksi juga meningkat dengan kenaikan temperatur, yang menurunkan energi aktivasi dan mempercepat regenerasi gas Cl<sub>2</sub>, yang diperlukan untuk mengoksidasi emas. Meningkatkan konsentrasi HCl memiliki beberapa manfaat positif, seperti meningkatkan reaktivitas ion dalam proses pelindian dan jumlah ion H<sup>+</sup> serta Cl<sup>-</sup> dalam larutan. Ion H<sup>+</sup> membantu melarutkan oksida logam pengotor, sementara ion Cl<sup>-</sup> membentuk kompleks dengan ion emas, seperti [AuCl<sub>4</sub>], yang larut dalam air. Pembentukan kompleks klorida dengan emas meningkat seiring dengan konsentrasi klorida yang lebih tinggi, meningkatkan kelarutan emas dalam larutan pelindian. Untuk memaksimalkan persen ekstraksi emas, kombinasi temperatur dan konsentrasi HCl yang ideal sangat penting. Temperatur yang lebih tinggi mempercepat laju reaksi, sementara konsentrasi HCl yang lebih tinggi meningkatkan ketersediaan ion untuk bereaksi dengan emas, meningkatkan efisiensi ekstraksi. Namun, perlu diingat bahwa ada batas ideal karena temperatur atau konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan korosi peralatan atau dekomposisi reagen (Radulescu et al., 2008). Dalam proses pelindian emas, baik temperatur maupun konsentrasi HCl sangat penting untuk menentukan efisiensi proses dan persen ekstraksi emas. Temperatur yang lebih tinggi meningkatkan laju reaksi, mengurangi energi aktivasi, sementara peningkatan konsentrasi HCl meningkatkan ketersediaan ion Cl untuk bereaksi dengan emas dan menghasilkan kompleks klorida yang lebih stabil. Kombinasi temperatur dan konsentrasi HCl yang ideal menghasilkan proses pelindian yang lebih efisien, yang pada akhirnya meningkatkan tingkat ekstraksi emas.

### 3.4 Pengaruh Temperatur terhadap persen ekstraksi emas menggunakan HCl.

Pada Gambar.4 menunjukkan bahwa pada temperatur 25°C, persen ekstraksi emas berada pada 61.47%, pada temperatur 50°C sebesar 73.33%, dan pada temperatur 80°C mencapai 80,35%. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur selama proses pelindian, semakin tinggi pula persen ekstraksi emas yang diperoleh. Temperatur merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kinetika laju reaksi pelindian, dengan temperatur yang lebih tinggi mempercepat laju reaksi dan membantu destruksi sampel selama pelindian. Pada temperatur yang lebih rendah, seperti 25°C, energi aktivasi masih tinggi, sehingga kemampuan asam untuk mengoksidasi tidak selektif dan bereaksi dengan mineral lain. Sebaliknya, pada temperatur 80°C, laju reaksi meningkat dan energi aktivasi menurun, membuat proses pelindian lebih selektif terhadap emas. Hubungan antara temperatur dan ekstraksi emas pada konsentrasi asam 6M dapat dijelaskan dengan persamaan regresi linier  $y = 27.48x + 4.73$ , di mana setiap kenaikan temperatur 1°C meningkatkan ekstraksi emas sebesar 29.507%. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.844 menunjukkan model ini sangat baik dalam menjelaskan variasi data. Berdasarkan Gambar. 4 menunjukkan pengaruh signifikan temperatur

terhadap efisiensi ekstraksi emas dalam penelitian ini.



Gambar 4. Grafik pengaruh temperatur terhadap persen ekstraksi emas pada konsentrasi HCl 6M

#### 4. Simpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa analisis awal menggunakan metode *fire assay* gravimetri menunjukkan bahwa kandungan emas pada sampel *slag* masih tinggi, dengan kadar Au (emas) sebesar 938.70 ppm, sehingga perlu diproses kembali menggunakan metode pelindian sebagai alternatif. Studi proses pelindian *slag* menggunakan asam dengan variabel bebas menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam HCl, semakin tinggi persen ekstraksi yang diperoleh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi 6M, persen ekstraksi mencapai 25.39%. Hal ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi asam yang meningkatkan ketersediaan ion Cl untuk berikatan dengan Au, sehingga persen ekstraksi semakin tinggi. Selain itu, studi juga menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur, semakin besar persen ekstraksi yang diperoleh. Pada temperatur 80°C dengan konsentrasi 6M, hasil yang diperoleh adalah persen ekstraksi sebesar 80.35%. Temperatur yang lebih tinggi membantu mempercepat laju reaksi selama proses pelindian, sehingga meningkatkan efisiensi ekstraksi emas dari *slag*.

#### Daftar Pustaka

- Afifah, Zulfa, Kurniyawan Kurniyawan, and Thorikul Huda. (2019). "Verifikasi Metode Penentuan Kadar Timbal (Pb) Pada Sampel Udara Ambien Menggunakan Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)." *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)* 2(2): 74–79.
- Bazan, Vanesa, Elena Brandaleze, Marcelo Valentini, and Natalia Hidalgo. (2015). "Characterization of Slags Produced During Gold Melting Process." *Procedia Materials Science* 8(December): 851–60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mspro.2015.04.145>.
- Bidari, Bias Robby. 2015. "Peningkatan Kadar Emas Pada Batuan Dari Gunung Botak Pulau Buru (Maluku) Dengan Pelarutan Asam Dan Kombinasi Asam Dengan Kalium Iodida." Skripsi.
- Christyaningsih, Rista Yuniar, and Universitas Diponegoro. 2020. "Aplikasi Fisika Kuantum-Hamburan Pada " X-Ray Diffraction ( XRD )" ." (June).

- Fahira, A. (2022). Studi Ekstraksi Bijih Emas Kaya Tembaga Pt Nusa Halmahera Minerals Pada Proses Sianidasi Dengan Metode *Pulverized Bottle Roll* (Doctoral Dissertation, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta).
- Filcenco Olteanu, Antoneta et al. 2014. "Experimental Process Analysis and Mathematical Modeling for Selective Gold Leaching from *Slag* through Wet Chlorination." *Hydrometallurgy* 144–145: 170–85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hydromet.2014.02.011>.
- Habashi, F. 2016. "Gold – An Historical Introduction." *Gold Ore Processing: Project Development and Operations* (December 2016): 1–20.
- Jamaludin, Agus, and Darma Adiantoro. 2012. "Analisis Kerusakan X-Ray Fluorescence (XRF)." *Batan* 5(9–10): 19–28. <http://jurnal.batan.go.id/index.php/pin/article/view/1130>.
- Lunt, D., and T. Weeks. 2016. *Gold Ore Processing: Project Development and Operations Process Flowsheet Selection*. Elsevier B.V.
- Mortier, T. 2006. Status: Published An Experimental Study on the Preparation of Gold Nanoparticles and Their Properties. <https://lirias.kuleuven.be/handle/1979/254>.
- Murthy, D. S.R., Vinod Kumar, and K. V. Rao. 2003. "Extraction of Gold from an Indian Low- Grade Refractory Gold Ore through Physical Beneficiation and Thiourea Leaching." *Hydrometallurgy* 68(1–3): 125–30.