

# Optimasi Pengolahan Bijih Emas di Desa Kutawaringin, Kecamatan Kutawaringin, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat Berdasarkan Tingkat Alterasi dalam Rangka Mendukung Konservasi Energi

Aris Habibul Ulum\*, Solihin, Dono Guntoro

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\*arishabibul@gmail.com, solihin@unisba.ac.id, donoguntoro@unisba.ac.id

**Abstract.** The gold ore veins found in Kutawaringin Village, Kutawaringin District, Bandung Regency have moderate and weak alteration levels. The classification of the alteration level is seen from the color change due to the oxidation process and the hardness of the rock. Weak alteration level has a white color and has not been oxidized and has massive violence. Meanwhile, moderate alteration has a yellowish color caused by oxidation and has a soft rock hardness. The milling process is carried out using the Road Mill, the energy required to grind the mineral is expressed in kilowatt hours (kWh). The purpose of crushing and milling activities is to separate valuable minerals from their impurities. The samples used in this study were classified based on the level of alteration, namely weak alteration samples and moderate alteration samples. Weak alteration samples require milling energy of 539,367 watt or 0,5394 kWh with processing time of  $\pm 44$  minutes to be able to pass 80% samples at 200 mesh size. Meanwhile, in the medium alteration samples, the energy is 306,458 watt or 0,306 kWh with a processing time of  $\pm 25$  minutes to be able to pass 80% samples at a size of 200 mesh.

**Keywords:** Vein, Alteration, Energy, Amalgamation, Size.

**Abstrak.** Vein bijih emas yang dijumpai di Desa Kutawaringin, Kecamatan Kutawaringin, Kabupaten Bandung memiliki tingkat alterasi sedang dan lemah. Penggolongan tingkat alterasi tersebut dilihat dari perubahan warna akibat terjadinya proses oksidasi dan kekerasan batuan. Tingkat alterasi lemah memiliki warna putih dan belum mengalami oksidasi serta memiliki kekerasan yang massive. Sedangkan alterasi sedang memiliki warna kekuningan yang diakibatkan oleh oksidasi serta memiliki kekerasan batuan yang lunak. Proses penggilingan dilakukan dengan menggunakan Road Mill, energi yang dibutuhkan untuk menggiling bahan galian dinyatakan dalam satuan kilowatt jam (kWh). Tujuan dari kegiatan penghancuran serta penggilingan adalah untuk memisahkan mineral berharga dari pengotornya. Sampel yang digunakan pada penelitian digolongkan berdasarkan tingkat alterasinya yaitu sampel alterasi lemah dan sampel alterasi sedang. Sampel alterasi lemah membutuhkan energi giling sebesar 539,367 watt atau 0,5394 kWh dengan waktu pengolahan  $\pm 44$  menit untuk dapat meloloskan sampel 80% pada ukuran 200 mesh. Sedangkan pada sampel alterasi sedang energi sebesar 306,458 watt atau 0,306 kWh dengan waktu pengolahan sebesar  $\pm 25$  menit untuk dapat meloloskan sampel 80% pada ukuran 200 mesh.

**Kata Kunci:** Vein, Alterasi, Energi, Amalgamasi, Ukuran.

## 1. Pendahuluan

Berdasarkan data mengenai potensi sumberdaya emas di Jawa Barat, total potensi emas di Jawa Barat berjumlah 66.619.156,2 ton bijih emas dengan perincian 32.689.426 ton bijih

sebagai sumberdaya hipotetik, 6.698.743 ton bijih sebagai sumberdaya tereka, 24.571.889,5 ton bijih sebagai sumberdaya terunjuk, dan 2.659.097,72 ton bijih sebagai sumberdaya terukur. Selain itu, total cadangan emas di Jawa Barat sebesar 11.509.000 ton bijih dengan perincian 10.037.000 ton bijih sebagai cadangan terkira dan 1.472.000 ton bijih sebagai cadangan terbukti (Badan Geologi, 2011).

Keberadaan bijih emas di Desa Kutawaringin, Kecamatan Kutawaringin, Kabupaten Bandung, dijumpai pada rekahan-rekahan batuan kuarsa yang terbentuk dari proses magmatisme atau pengkonsentrasian di permukaan. Endapan vein bijih emas di desa Kutawaringin memiliki karakteristik yang berbeda yang dipengaruhi oleh tingkat alterasi pada vein bijih emas tersebut. Tingkat alterasi vein bijih emas di desa Kutawaringin terdiri dari tingkat alterasi lemah dan alterasi sedang yang dibedakan berdasarkan komposisi dari persentase mineral-mineral ubahah. Perbedaan tingkat alterasi tersebut mempengaruhi lamanya waktu penggilingan, dimana vein bijih emas dengan tingkat alterasi lemah membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan vein bijih emas dengan tingkat alterasi sedang, sehingga mempengaruhi konsumsi energi pada saat proses pengecilan ukuran.

Pada dasarnya, proses pengolahan bijih emas di Desa Kutawaringin, menggunakan metode amalgamasi. Metode amalgamasi merupakan suatu proses pengikatan logam emas dari bijihnya dengan menggunakan merkuri (Hg) yang dicampurkan ke dalam tabung atau biasa disebut sebagai gelundung (amalgamator). Penggunaan merkuri dalam pengolahan bijih emas dikarenakan sifat dan karakteristik yang dimiliki merkuri tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengikat emas dari bijihnya yang telah diremukkan maupun digiling. Selain berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses amalgamasi, amalgamator juga berfungsi dalam mereduksi ukuran bijih emas dari yang berbutir kasar hingga berbutir halus (80-200 mesh).

1. Mengetahui karakteristik dari vein bijih emas.
2. Mengetahui derajat liberasi vein bijih emas dari hasil analisis mineragrafi.
3. Waktu yang dibutuhkan agar mendapatkan produk lolos 200 mesh sebesar 80%.  
Menentukan kebutuhan energi yang diperlukan untuk membebaskan ikatan mineral emas dari pengotornya.

## 2. Metodologi

### Analisis Mineragrafi

Analisis mineragrafi digunakan untuk mengetahui mineral bijih, tekstur mineral bijih, asosiasi mineral bijih serta paragenesanya dengan menggunakan mikroskop refleksi. Dalam analisis mineragrafi, conto batuan perlu dibuat preparat yang sesuai agar analisis dapat dilaksanakan mendekati sempurna.

Preparat yang digunakan dalam analisis mineragrafi adalah sayatan poles. Sayatan poles adalah salah satu batuan yang diratakan salah satu permukaannya atau lebih, kemudian dibuat cetakan dengan menggunakan *Transoptic Powder*.

### Analisis Mineragrafi

Analisis mineragrafi digunakan untuk mengetahui mineral bijih, tekstur mineral bijih, asosiasi mineral bijih serta paragenesanya dengan menggunakan mikroskop refleksi. Dalam analisis mineragrafi, conto batuan perlu dibuat preparat yang sesuai agar analisis dapat dilaksanakan mendekati sempurna.

Preparat yang digunakan dalam analisis mineragrafi adalah sayatan poles. Sayatan poles adalah salah satu batuan yang diratakan salah satu permukaannya atau lebih, kemudian dibuat cetakan dengan menggunakan *Transoptic Powder*.

### Proses Pengolahan Bijih Emas dengan Metode Amalgamasi

Amalgamasi merupakan suatu proses penyelaputan partikel emas oleh air raksa dengan membentuk amalgam (Au-Hg). Amalgamasi merupakan metode ekstraksi logam emas yang paling sederhana dan murah, akan tetapi hanya digunakan pada bijih emas yang memiliki kadar tinggi, mempunyai ukuran butir kasar dan dalam bentuk emas murni yang bebas (*free native gold*). Proses amalgamasi termasuk kedalam hidrometalurgi, karena untuk memperoleh logam melibatkan reaksi – reaksi kimia dalam larutan berair, dalam hal ini adalah air raksa.

Untuk mengambil emas dari paduan amalgam atau proses *recovery* Au, amalgam perlu dipanaskan dalam sebuah *retort*. Proses pemanasan ini akan mengurai paduan amalgam menjadi unsur-unsur pembentuknya, dalam hal ini adalah emas dan merkuri. Temperatur yang tinggi akan menguapkan merkuri menjadi uap merkuri, sedangkan emas akan tertinggal sebagai padatan atau yang biasa disebut sebagai *bullion*. Proses pemanasan ini biasa disebut sebagai *retorting*.

#### **Proses Pengecilan Ukuran (*Size Reduction*)**

Proses pengecilan ukuran merupakan salah satu dari berbagai rangkaian dalam tahapan pengolahan mineral. Proses ini biasa dikenal sebagai *comminution* yang terdiri dari *crushing* (peremuk) dan *grinding* (penggerusan). Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan batuan atau fraksi mineral berharga yang terpisah dari batuan induknya.

*Crushing* dapat didefinisikan sebagai serangkaian operasi dalam *plant mineral dressing* dengan tujuan untuk mengecilkan bongkahan-bongkahan mineral menjadi pecahan-pecahan yang lebih kecil dengan ukuran hasil akhir yang relatif halus, sekitar 100 mikron (150 mesh).

Secara umum, *crushing* dapat diklasifikasikan dalam beberapa kelompok yaitu sebagai berikut :

1. Primary breaking (coarse), mesin yang sering digunakan adalah jaw crusher dan gyratory crusher.
2. Secondary breaking (intermediate), terdapat beberapa jenis mesin yang digunakan seperti reduction gyratory crusher, cone crusher, gyradisc crusher, dan spring rolls.
3. Fine crushing, mesin yang digunakan adalah gravity stamp mills.
4. Penggunaan khusus, ada beberapa mesin yang digunakan untuk penggunaan khusus diantaranya toothed crushing mills, crushing rolls dan hummer mills yang digunakan untuk material lembut (lunak).

*Grinding* adalah proses terakhir dari kominusi, dimana proses kerja *grinding* ialah dengan menggunakan prinsip gabungan dari dampak (tumbukan) dan abrasi. Mekanisme kerja dari *grinding* adalah dengan memanfaatkan gaya-gaya yang bekerja untuk memecahkan umpan. Gaya-gaya tersebut antara lain dampak, kompresi, robek, dan abrasi (gesek) yang terjadi dalam suatu silinder berputar yang berisi bijih.

Media untuk proses *grinding* antara lain sebagai berikut :

1. Silinder (*rods*) baja, dengan ukuran panjang hampir sama dengan panjang *mill* itu sendiri.
2. *Grinding balls*, berupa bola-bola baja maupun bahan lainnya dengan kekerasan tertentu.
3. *Pebbles*, yaitu media yang terbuat dari batuan keras dari bahan natural.

### **3. Pembahasan dan Diskusi**

#### **Identifikasi Sampel Vein Bijih Emas**

Sampel pertama diambil pada koordinat 6°59'54,55" LS dan 107°29'53,81" BT dengan elevasi 833 mdpl. Sampel tersebut memiliki warna kecoklatan dengan tekstur halus. Sampel tersebut memiliki struktur yang mudah hancur. Genesa dari sampel tersebut termasuk kedalam ekstrusif dengan komposisi mineral kuarsa dan plagioklas. Sampel tersebut termasuk kedalam jenis batuan asam dengan nama batuan dasit.

Sampel kedua diambil pada koordinat 6°59'55,5" LS dan 107°29'54,6" BT dengan elevasi 835 mdpl. Sampel tersebut memiliki warna putih dengan tekstur halus. Sampel tersebut memiliki struktur yang masif. Genesa dari sampel tersebut termasuk kedalam ekstrusif dengan komposisi mineral kuarsa, plagioklas dan pirit. Sampel tersebut termasuk kedalam jenis batuan asam dengan nama batuan dasit.

#### **Analisis Petrografi dan Mineragrafi**

Berdasarkan hasil analisis petrografi pada sampel batuan pertama, sayatan batuan menunjukkan batuan telah mengalami ubahan hidrotermal yang sangat intensif. Hal tersebut terlihat dari tekstur batuan asal yang tampak berupa porfiritik dengan fenokris plagioklas dan mineral mafik yang telah tergantikan seluruhnya oleh mineral sekunder maupun mengalami pencucian (*leaching*). Hal tersebut mengakibatkan terbentuknya rongga/*vugs* dan massa dasar batuan juga mengalami penggantian secara intensif.

Mineral – mineral sekunder hasil dari ubahan hidrotermal yang dijumpai berupa kuarsa, mineral lempung, serisit dan mineral opak. Selain itu, batuan juga mengalami oksidasi yang ditunjukkan dengan kehadiran oksida besi.

Mineral – mineral logam yang ditemukan antara lain Hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Gutit ( $\text{FeO}[\text{OH}]$ ), Pirit ( $\text{FeS}_2$ ) dan Pirolusit ( $\text{MnO}_2$ ).

Berdasarkan hasil analisis petrografi pada sampel batuan kedua, sayatan batuan menunjukkan batuan telah mengalami ubahan hidrotermal yang intensif. Hal tersebut terlihat dari tekstur batuan asal yang tampak berupa porfiritik dengan fenokris plagioklas dan mineral mafik yang telah tergantikan seluruhnya oleh mineral sekunder dan massa dasar batuan yang juga mengalami penggantian secara intensif. Mineral – mineral sekunder hasil ubahan hidrotermal yang dijumpai berupa kuarsa, serisit, kalsit dan mineral opak.

Mineral – mineral logam yang ditemukan antara lain Pirit ( $\text{FeS}_2$ ), Kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), Galena ( $\text{PbS}$ ), Sflerit ( $\text{ZnS}$ ) dan Elektum ( $\text{Au,Ag}$ ).

### Hasil Uji Giling dan Analisis Ayak

Kegiatan penggilingan dilakukan dengan menggunakan alat giling *rod mill* dan digerakkan dengan menggunakan dinamo 1 PK (735,5 watt) dengan menghasilkan 70 putaran permenit (rpm). Sebelum dilakukan kegiatan penggilingan dengan menggunakan *rod mill*, sampel terlebih dahulu melalui tahap kominusi (pengecilan ukuran tahap pertama) dengan menggunakan *jaw crusher*. Kriteria yang dipakai sebagai dasar untuk mendapatkan besaran energi yang dibutuhkan untuk menggerus sampai ukuran 200 mesh adalah hasil pengujian pada ukuran butir lolos 80%.

Percobaan pertama dilakukan selama 15 menit dengan konsumsi energinya sebesar 183,875 watt atau 0,184 kWh.

**Tabel 1.** Distribusi Ukuran Sampel Alterasi Lemah Waktu Penggilingan 15 Menit

Ukuran Lubang Ayakan		Berat		Berat Kumulatif		Berat Kumulatif	
Mesh	Mikron	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Lolos (gr)	Lolos (%)
+50	+297	108,52	16,376	108,520	16,376	554,160	92,361
-50 +100	-297 +149	261,54	39,467	370,060	55,843	292,620	83,624
-100 +140	-149 +105	84,44	12,742	454,500	68,585	208,180	44,157
-140 +200	-105 +74	53,72	8,106	508,220	76,692	154,460	31,415
-200	-74	154,46	23,308	662,680	100,000	0,000	23,308

**Tabel 2.** Distribusi Ukuran Sampel Alterasi Sedang Waktu Penggilingan 15 Menit

Ukuran Lubang Ayakan		Berat		Berat Kumulatif		Berat Kumulatif	
Mesh	Mikron	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Lolos (gr)	Lolos (%)
+50	+297	0,46	0,061	0,460	0,061	758,320	100,000
-50 +100	-297 +149	184,08	24,260	184,540	24,321	574,240	99,939
-100 +140	-149 +105	120,12	15,831	304,660	40,151	454,120	75,679
-140 +200	-105 +74	44,92	5,920	349,580	46,071	409,200	59,849
-200	-74	409,2	53,929	758,780	100,000	0,000	53,929

Dikarenakan pada pengujian sebelumnya belum memenuhi kriteria lolos 80% pada 200 mesh, sampel kemudian digiling selama 30 menit dengan konsumsi energinya sebesar 367,75 watt atau 0,368 kWh.

**Tabel 3.** Distribusi Ukuran Sampel Alterasi Lemah Waktu Penggilingan 30 Menit

Ukuran Lubang Ayakan		Berat		Berat Kumulatif		Berat Kumulatif	
Mesh	Mikron	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Lolos (gr)	Lolos (%)
+50	+297	2,24	0,322	2,240	0,322	692,750	100,000
-50 +100	-297 +149	4,91	0,706	7,150	1,029	687,840	99,678
-100 +140	-149 +105	118,44	17,042	125,590	18,071	569,400	98,971
-140 +200	-105 +74	211,32	30,406	336,910	48,477	358,080	81,929
-200	-74	358,08	51,523	694,990	100,000	0,000	51,523

**Tabel 4.** Distribusi Ukuran Sampel Alterasi Sedang Waktu Penggilingan 30 Menit

Ukuran Lubang Ayakan		Berat		Berat Kumulatif		Berat Kumulatif	
Mesh	Mikron	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Lolos (gr)	Lolos (%)
+50	+297	0,71	0,106	0,710	0,106	667,710	100,000
-50 +100	-297 +149	0,48	0,072	1,190	0,178	667,230	99,894
-100 +140	-149 +105	3,33	0,498	4,520	0,676	663,900	99,822
-140 +200	-105 +74	45,6	6,822	50,120	7,498	618,300	99,324
-200	-74	618,3	92,502	668,420	100,000	0,000	92,502

Karena pada dua pengujian sebelumnya sampel masih belum memenuhi kriteria lolos 80% pada 200 mesh, sampel kemudian digiling selama 45 menit dengan konsumsi energinya sebesar 551,625 watt atau 0,552 kWh.

**Tabel 5.** Distribusi Ukuran Sampel Alterasi Lemah Waktu Penggilingan 45 Menit

Ukuran Lubang Ayakan		Berat		Berat Kumulatif		Berat Kumulatif	
Mesh	Mikron	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Lolos (gr)	Lolos (%)
+50	+297	0,88	0,123	0,880	0,123	712,190	100,000
-50 +100	-297 +149	1,94	0,272	2,820	0,395	710,250	99,877
-100 +140	-149 +105	14,76	2,070	17,580	2,465	695,490	99,605
-140 +200	-105 +74	105,05	14,732	122,630	17,197	590,440	97,535
-200	-74	590,44	82,803	713,070	100,000	0,000	82,803

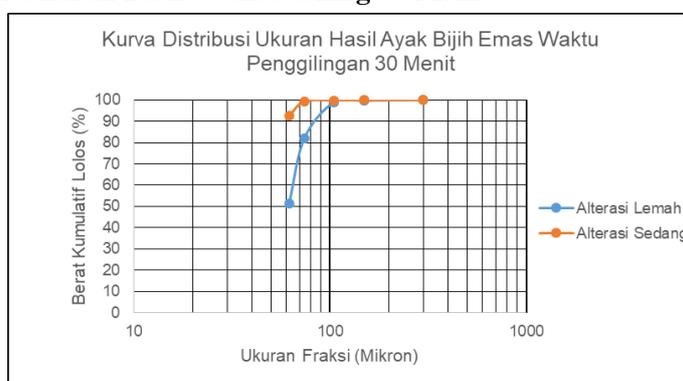
**Analisis Distribusi Ukuran Butir Waktu Giling 15 Menit**



**Gambar 1.** Kurva Distribusi Ukuran Hasil Ayak Bijih Emas Waktu Penggilingan 15 Menit

Pada Gambar 1, menunjukkan perbandingan berat kumulatif lolos (%) terhadap ukuran fraksi (mikron). Dari kurva diatas menunjukkan bahwa kedua sampel belum memenuhi kriteria lolos 80% pada ukuran 200 mesh (74 mikron). Pada grafik tersebut lebih dari 50% sampel alterasi sedang lolos pada 200 mesh, sedangkan hanya sekitar 20% dari sampel alterasi lemah yang lolos pada 200 mesh. Hal tersebut dikarekan karakteristik yang berbeda dari kedua sampel, dimana sampel alterasi sedang lebih lunak sedangkan sampel alterasi lemah cenderung lebih keras.

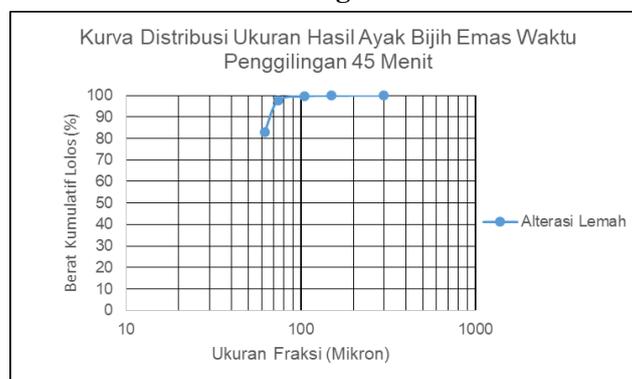
**Analisis Distribusi Ukuran Butir Waktu Giling 30 Menit**



**Gambar 2.** Kurva Distribusi Ukuran Hasil Ayak Bijih Emas Waktu Penggilingan 30 Menit

Pada Gambar 2, sampel alterasi sedang sudah memenuhi kriteri lolos 80% pada 200 mesh (74 mikron), dimana lebih dari 90% sampel alterasi sedang lolos 200 mesh. Sementara itu, lebih dari 50% sampel alterasi lemah sudah lolos 200 mesh. Karena perbedaan karakteristik sampel tersebut sehingga energi yang dibutuhkan untuk sampel alterasi lemah akan lebih besar bila dibandingkan dengan sampel alterasi sedang.

#### Analisis Distribusi Ukuran Butir Waktu Giling 45 Menit

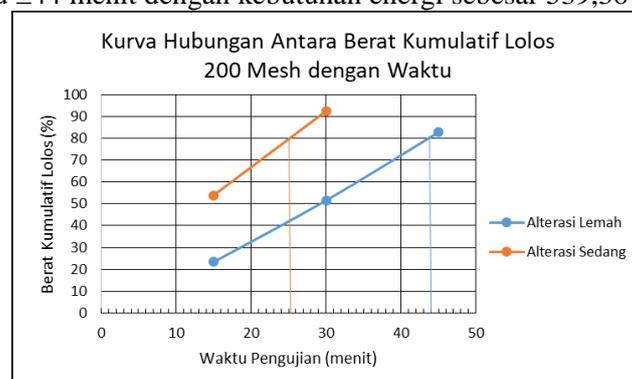


**Gambar 3.** Kurva Distribusi Ukuran Hasil Ayak Biji Emas Waktu Penggilingan 30 Menit

Pada Gambar 3 hanya terdapat satu sampel yaitu sampel alterasi lemah. Hal tersebut dikarenakan pada saat proses penggilingan selama 30 menit, sampel alterasi lemah belum mencapai hasil 80% lolos 200 mesh. Pada Grafik 3, lebih dari 80% sampel alterasi lemah lolos 200 mesh sehingga sampel dikatakan memenuhi kriteria lolos 80% pada 200 mesh membutuhkan waktu 45 menit.

#### Konsumsi Energi Giling

Pada sampel alterasi sedang, untuk mencapai produk lolos 200 mesh sebanyak 80% membutuhkan waktu  $\pm 25$  menit dengan kebutuhan energi sebesar 306,458 watt (0,3065 kWh). Sedangkan pada sampel alterasi lemah, untuk mencapai produk lolos 200 mesh sebanyak 80% membutuhkan waktu  $\pm 44$  menit dengan kebutuhan energi sebesar 539,367 watt (0,5394 kWh).



**Gambar 4.** Kurva Hubungan Antara Berat Kumulatif Lolos dengan Waktu

#### 4. Kesimpulan

Sampel vein bijih emas yang diambil dari desa Kutawaringin, memiliki tingkat alterasi yang berbeda yaitu alterasi lemah dan alterasi sedang. Karakteristik dari sampel alterasi lemah memiliki warna sampel yang berwarna putih atau belum mengalami oksidasi sehingga tidak berubah menjadi kecokelatan, serta sifat sampel yang masih keras. Berdasarkan hasil analisis petrografi, sampel alterasi lemah juga telah mengalami perubahan hidrotermal, namun tidak seintensif sampel alterasi sedang sehingga sampel alterasi lemah hanya sedikit teralterasikan. Sedangkan untuk karakteristik dari sampel alterasi sedang memiliki warna sampel yang kecokelatan dan bersifat lunak. Berdasarkan analisis petrografi, sampel AS mengalami perubahan hidrotermal yang sangat intensif dan telah mengalami oksidasi yang ditunjukkan dengan adanya oksida besi. Berdasarkan hasil analisis mineragrafi, keberadaan emas dalam

sampel di desa Kutawaringin berupa elektum yang berukuran 0,05 mm yang dijumpai sebagai inklusi dalam pirit dan berkaitan dengan sfalerit. Pada sampel alterasi sedang untuk mereduksi sampel hingga lolos 200 mesh sebanyak 80% memerlukan waktu selama 30 menit. Sedangkan untuk sampel alterasi lemah memerlukan waktu hingga 45 menit. Perbedaan waktu pengecilan ukuran tersebut didasarkan pada karakteristik dari masing-masing sampel, dimana sampel alterasi sedang cenderung lunak sehingga memerlukan waktu yang lebih singkat bila dibandingkan dengan sampel alterasi lemah yang cenderung masif. Pada sampel alterasi lemah energi yang dibutuhkan untuk menggiling sampel vein bijih emas dengan hasil giling 80% lolos ayakan 200# membutuhkan energi sebesar 539,367 watt atau 0,5394 kWh dengan waktu pengolahan  $\pm 44$  menit. Sedangkan pada sampel alterasi sedang untuk menghasilkan produk hasil giling 80% lolos ayakan 200# membutuhkan energi sebesar 306,458 watt atau 0,306 kWh dengan waktu pengolahan sebesar  $\pm 25$  menit.

Perlu dilakukan pengelompokkan sampel terlebih dahulu terutama berdasarkan karakteristiknya baik berupa kekerasan, warna maupun yang lainnya sebelum dilakukannya proses penggilingan. Setelah dilakukan pengelompokkan, perlu diketahui hingga fraksi berapa mineral emas dapat terlepas ikatan dengan pengotornya. Setelah itu maka dapat ditentukan waktu penggilingan yang mana waktu penggilingan ini berbanding lurus dengan kebutuhan energi. Untuk sampel yang lunak tentu membutuhkan waktu giling yang lebih singkat dibandingkan dengan sampel yang keras dan membutuhkan energi yang lebih kecil.

#### Daftar Pustaka

- [1] Badan Geologi. 2011. Kajian Sumberdaya Geologi Pulau Jawa. Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- [2] Bateman, A.M. dan Jensen, M.L. 1981. Economic Mineral Deposit. Australia : John Wiley & Sons, limited.
- [3] C. A Rowland, Jr. 1968. Application of Dry Grinding Rod Mills. New York : A.I.M.E Annual Meeting.
- [4] Corbett and Leach. 1997. Southwest Pacific Rim Gold-Copper System : Structure, Alteration and Mineralization. North Sydney Australia.
- [5] Diantoro, Yimi. 2010. Emas Investasi dan Pengolahannya. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- [6] Guilbert, J.M. 1970. Lateral and Vertical Alteration Mineralization Zoning in Porphyry Ore Deposits: Economic Geology, volume 65.
- [7] Klien, C and C.S. Hurbut. 1985. Manual of Mineralogy. New York : Jonh Willey and Sons.
- [8] Lindgren, W. 1993. Mineral Deposits, 4th ed. New York.
- [9] Morrison. 1997. Epigenetic Magmatic-Related Mineral Deposits: Epithermal Gold Mineralisation. Leacture in Jakarta.
- [10] Pirajno, F. 2009. Hidrotermal Process and Mineral System, Springer Science, Chapter 5.
- [11] Rahmawati, Saumi. 2014. Hubungan Kondisi Geologi terhadap Alterasi Hidrotermal dan mineralisasi pada endapan epitermal daerah Bunikasih, Kecamatan Talegong, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Publikasi Tugas Akhir Universitas Diponegoro, Semarang.
- [12] Ruslan, 2016. Data Curah Hujan di Kabupaten Bandung (2017-2018). Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung. 13. Ruslan, 2019. Kabupaten Bandung Dalam Angka 2019. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung.
- [13] Rustandi, Andi. 1998. Bahan Ajar Kuliah Pengolahan Bijih Logam. Departemen Metalurgi & Material. Depok.
- [14] Widodo, Aminuddin. 2015. Amalgamasi Tidak Langsung Meningkatkan Perolehan Emas. Flyshgeost : Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
- [15] Wills, B. A. Mineral Processing Technology 7th Edition. October 2006. Publisher by : Elsevier Science & Technology Books.
- [16] Abdulah, Ashari Yunus, Maryanto. (2021). *Rencana Produksi Pengangkutan Overburden Berdasarkan Pola Hujan di PT X Site Asam-Asam, Desa Riam Andungan, Kecamatan*

*Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Jurnal Riset Teknik Pertambangan, 1(1), 8-21.*