

Pengaruh Persen Solid, Laju Umpan dan Tekanan Air terhadap Recovery Emas dengan menggunakan Alat *Knelson Concentrator*

The Influence of Solid Percent, Feed Rate and Water Pressure on the Recovery of Gold Ore by using *Knelson Concentrator*

¹Annisa Kumala Sari, ²Pramusanto, ³Lili Tahli

^{1,2}*Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116*

email: ¹kumalannisa@gmail.com, ²pramusanto69@gmail.com, ³lili@tekmira.esdm.go.id

Abstract. Gravitational concentration is the oldest method of mineral processing. The use of gravity techniques for gold *recovery* has declined since the development of chemical separation methods such as flotation and leaching. In recent years, because of the pressures on the concern for sustainable environmental impacts, the benefits of gravitational separation are of concern again. For that purpose, *Knelson Concentrator* was developed which can separate on small or very small size, so it can overcome the disadvantages of gravitational separation. The *Knelson Concentrator* separates minerals by utilizing the dynamic balance between gravity and centrifugal forces. One of the regions that have primary gold ore reserve is Cigaru, Kertajaya Village, Pelabuhan Ratu sub-district, Sukabumi district, West Java Province. Gold deposits in primary ores have fine or very fine spread characteristics (<75 μm) in quartz veins or in complex sulphide minerals. To be able to separate the gold from the impurities, a primary gold ore test was performed by using *Knelson Concentrator* with size -100 #. The study was conducted with variable% solid (X); 20% (X₁); 25% (X₂); 30% (X₃), Feed rate (Y); 0.5 kg / min (Y₁); 0.7 kg / min (Y₂); 0.9 kg / minute (Y₃), water pressure (Z); 2.0 kg / cm² (Z₁); 2.5 kg / cm² (Z₂); 2.8 kg / cm² (Z₃). The study used 27 samples, each sample weighed 2 kg. Analysis of feed content, concentrate and tailings results using fire assay method. The results showed that the optimum process variables obtained levels and *recovery* were X₂Y₂Z₂ (25% solid, 0.7 kg / min, 2.5 kg / cm²). Optimal *recovery* is 86.90% with a concentration of 14.15 g / t which is increased from baseline level of 5.01 g / t.

Keywords: Gravity, *Knelson Concentrator*, Recovery

Abstrak. Konsentrasi secara gravitasi adalah metode pengolahan mineral yang paling tua.. Penggunaan teknik gravitasi untuk *recovery* emas menurun sejak berkembangnya metode pemisahan secara kimia seperti flotasi dan leaching. Belakangan ini, karena tekanan terhadap kepedulian dampak lingkungan yang berkelanjutan, keuntungan pemisahan secara gravitasi menjadi perhatian kembali. Untuk itu dikembangkan *Knelson Concentrator* yang dapat memisahkan pada ukuran kecil atau sangat kecil, sehingga dapat mengatasi kelemahan pemisahan secara gravitasi. *Knelson Concentrator* memisahkan mineral dengan memanfaatkan keseimbangan dinamis antara gaya gravitasi dan sentrifugal. Salah satu daerah yang memiliki cadangan bijih emas primer yaitu Cigaru, Kelurahan Kertajaya, Kecamatan Pelabuhan Ratu, Kabupaten sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Cadangan emas pada bijih primer memiliki karakteristik tersebar halus atau sangat halus (<75 μm) pada urat kuarsa atau pada mineral sulfida kompleks. Untuk dapat memisahkan emas dari pengotornya maka dilakukan penelitian bijih emas primer menggunakan *Knelson Concentrator* dengan ukuran bijih -100 #. Penelitian dilakukan dengan variabel % solid (X); 20% (X₁); 25% (X₂); 30% (X₃), laju Umpan (Y) ; 0,5 kg/menit (Y₁); 0,7 kg/menit (Y₂); 0,9 kg/menit (Y₃), tekanan air (Z) ; 2,0 kg/cm² (Z₁); 2,5 kg/cm²(Z₂); 2,8 kg/cm²(Z₃). Penelitian menggunakan 27 sampel, setiap sampel mempunyai berat 2 kg. Analisa kadar feed, hasil konsentrat dan tailing menggunakan metode fire assay. Hasil penelitian menunjukkan variabel proses yang optimum memperoleh kadar dan *recovery* adalah X₂Y₂Z₂ (25% solid, 0,7 kg/menit, 2,5 kg/cm²). *Recovery* optimal yaitu sebesar 86,90 % dengan kadar 14,15 g/t yang ditingkatkan dari kadar awal sebesar 5,01 g/t.

Kata kunci: Gravity, *Knelson Concentrator*, Recovery

A. Pendahuluan

Kebutuhan dunia akan emas pada saat ini cukup meningkat seiring dengan kemajuan teknologi. Emas merupakan salah satu sumber daya

bahan galian yang bersifat sekali ambil akan habis (*non renewable resources*). Untuk itu perlu pengelolaan yang tepat dan terencana, serta memperhatikan konservasi mineral untuk generasi yang

akan datang.

Emas merupakan logam berharga yang bernilai ekonomis tinggi, sehingga banyak metode dikembangkan untuk pencarian deposit emas. Metode ekstraksi yang saat ini banyak digunakan adalah metode sianidasi dan amalgamasi (*Hiskey 1985 dan Lee 1994*). Penggunaan kedua metode tersebut memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu perlu alternatif untuk pemisahan emas dengan memberikan *recovery* yang tinggi

Recovery emas dapat dilakukan dengan metode gravitasi. Kelebihan metode ini adalah memiliki alur yang sederhana, berkapasitas besar, biaya produksi rendah dan tidak menggunakan zat kimia. Sedangkan kelemahannya, proses gravitasi tidak mampu mendapatkan *recovery* partikel emas yang halus. Untuk itu dikembangkan alat *Knelson Concentrator* yang dapat memisahkan pada ukuran kecil atau sangat kecil. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Mengetahui mineral ikutan yang terdapat pada bijih emas sebagai umpan pada alat *Knelson Concentrator*.
2. Mengetahui kadar emas dalam umpan maupun hasil konsentrat pengolahan dengan menggunakan alat *Knelson Concentrator*.
3. Mengetahui besar *recovery* dan keadaan optimum pada proses pengolahan menggunakan alat *Knelson Concentrator*

B. Landasan Teori

Pemisahan secara *gravity* adalah metode pemisahan mineral yang paling tua dilakukan oleh manusia. Dilakukan dengan memanfaatkan perbedaan massa jenis dari dua mineral dengan cara respon pergerakan relatif mineral terhadap gaya gravitasi dan atau gaya

lainnya. Secara umum proses pemisahan gravitasi berdasarkan dua aksi yaitu stratifikasi pada media yang bergetar dan bergerak, biasanya dengan ukuran feed yang besar seperti pada *jig concentrator*, dan film sizing dengan aliran tipis fluida dan biasanya ukuran feed lebih kecil seperti pada spiral. Biasanya tahan terhadap gerakan yang diberikan oleh fluida seperti air atau lumpur. Selain faktor masa jenis seperti ukuran; bentuk dan berat partikel mempengaruhi gerakan relatif dan pemisahan. Kemudahan dan kesulitan pemisahan tergantung pada perbedaan relatif dari faktor-faktor tersebut. Besarnya perbedaan masa jenis antara mineral berharga dan pengotor serta hubungannya dengan masa jenis fluida dapat dilihat pada persamaan Concentration Criteria (CC) 3.1 berikut :

$$KK = \frac{(SH-R)}{(SL-R)} \dots\dots\dots 3.1$$

Keterangan :

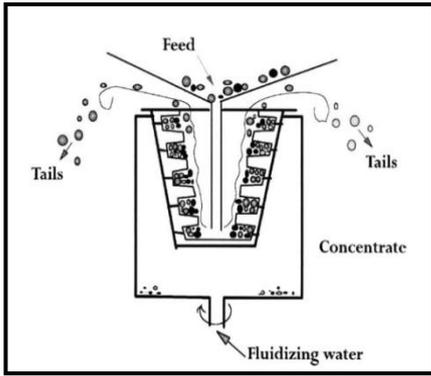
KK = Kriteria Concentration

SH = berat jenis mineral berat (g/cm³)

SL = berat jenis mineral ringan (g/cm³)

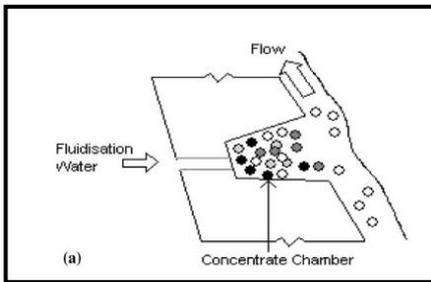
R = berat jenis media pemisah (g/cm³)

Knelson (1988) mengklaim bahwa *Knelson Concentrator* menerapkan prinsip dari *hindered settling* dan *interstitial trickling* yang ditingkatkan dengan gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal akan menyebabkan terperangkapnya material pada takikan yang sebagiannya akan dikeluarkan oleh *fluidization water* yang diinjeksikan secara tangensial ke dalam *bowl* melalui lubang kecil yang paralel di dalam takikan. Mekanisme pemisahan dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2



Sumber : (Laplante dan Shu, 1992)

Gambar 1. Mekanisme Pemisahan Pada *Knelson Concentrator*



Sumber : (Laplante dan Shu, 1992)

Gambar 2. Mekanisme Pemisahan Pada *Concentrate Chamber*

Perolehan (*recovery*) merupakan parameter yang penting untuk menunjukkan performa *Knelson Concentrator* dan dinyatakan dalam persentase perbandingan kuantitas mineral berharga dalam produk dengan yang ada dalam umpan (*feed*). Ada dua kategori nilai perolehan, yaitu perolehan aktual dan perolehan teoritis.

Perolehan aktual mengacu pada rasio antara berat logam dalam konsentrat yang diperoleh sebenarnya terhadap berat logam dalam umpan yang sebenarnya. Perolehan aktual dirumuskan sebagai berikut:

$$R = \frac{(C \cdot c)}{(F \cdot f)} \cdot 100\% \dots\dots\dots 3.2$$

Dari rumus di atas, maka dapat dinyatakan bahwa perolehan maksimum 100% dapat dicapai jika seluruh mineral logam yang diinginkan dan terkandung dalam ore dapat dipisahkan dan dikumpulkan dalam konsentrat atau $C \cdot c = F \cdot f$

Sedangkan, perolehan teoritis merupakan nilai R yang diperoleh dari perhitungan kadar logam dalam umpan dan produk, yaitu konsentrat dan tailing. Perhitungan perolehan teoritis ini berdasarkan pada prinsip kesetimbangan berat dan kesetimbangan kandungan.

Kesetimbangan Berat :

$$F \cdot f = C \cdot c + T \cdot t \dots\dots\dots 3.3$$

Kesetimbangan Kandungan :

$$F \cdot f \cdot c = C \cdot c \cdot c + T \cdot t \cdot t \dots\dots\dots 3.4$$

Bila mengembangkan rumus (3.4) lebih lanjut, berdasarkan rumus (3.3), maka

$$F \cdot f \cdot c = C \cdot c \cdot c + (F - C) \cdot t \cdot t \dots\dots\dots 3.5$$

$$F \cdot f \cdot c = C \cdot c \cdot c + F \cdot t \cdot t - C \cdot t \cdot t \dots\dots\dots 3.6$$

$$F \cdot (f - t) = C \cdot (c - t) \dots\dots\dots 3.7$$

Persamaan (3.7) disubstitusikan ke dalam persamaan (3.2) akan menghasilkan

$$Recovery = \frac{100c(f-t)}{f(c-t)} \dots\dots\dots 3.8$$

Selain itu, rasio konsentrasi juga dapat diperoleh yaitu:

$$K = \frac{F}{C} = \frac{c-t}{f-t} \dots\dots\dots 3.9$$

Keterangan : K = Rasio Konsentrasi

Ratio of concentration dapat dianggap sebagai kuantitas *feed* yang dibutuhkan untuk bisa memperoleh sejumlah konsentrat yang diharapkan.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Karakterisasi Bijih Emas

Karakterisasi bijih emas menggunakan analisis *fire assay*, analisis mineragrafi, dan analisis ayak dan derajat liberasi

Analisis Fire Assay

Analisis *fire assay* dilakukan untuk mengetahui kadar emas dari umpan untuk pengolahan menggunakan alat *Knelson Concentrator*. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Hasil analisis *fire assay*

Kode Conto	Kadar Au g/ton
HS1	4,75
HS2	5,27

Analisis Mineragrafi

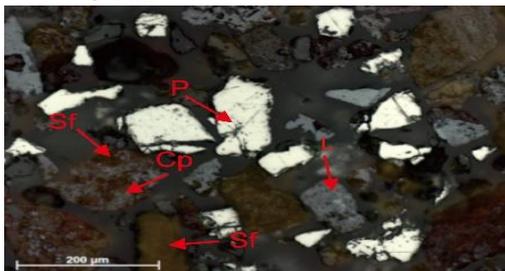
Analisis mineragrafi yang bertujuan untuk mengetahui senyawa mineral di dalam bijih emas. Hasil mineragrafi dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Analisis Mineragrafi

Jenis Mineral	Formula	Berat Jenis	Ket.
Kovelit	CuS	4,6 – 4,8	Cv
Sfalerit	ZnS	3,9 – 4,2	Sf
Pirit	FeS ₂	4,95 – 5,1	P
Kalkopirit	CuFeS ₂	4,1 – 4,3	Cp
Limonit	FeOOH	2,9 – 4,3	L

1. Sampel kode V/Mn/ HS Mineral- mineral yang ditemukan adalah sebagai berikut:
 - a. Limonit (FeOOH) warna abu-abu keruh, relief rendah, bentuk tidak beraturan, merupakan mineral logam dominan.
 - b. Pirit (FeS₂), warna krem pucat, relief tinggi, isotropik, sebagian porus, bentuk kristalin kubik, berbutir halus sebagian besar ditemukan sebagai butiran tunggal.
 - c. Sfalerit (ZnS) warna abu-abu kecoklatan, isotropik, berbutir halus, sebagian berikatan dengan kalkopirit dan sebagian sebagai butiran tunggal.
 - d. Kovelit (CuS), warna biru, an-isotropik kuat, relief rendah, berbutir halus ditemukan beberapa butir halus berikatan dengan sfalerit

Sedangkan gambar jenis mineral tersebut dapat dilihat pada gambar 3 dan 4



Gambar 3. Hasil Pengujian Analisis Mineragrafi



Gambar 4. Hasil Pengujian Analisis Mineragrafi

2. Sampel kode V/Mn/K Ditemukan emas (E) warna kuning, inklusi dengan sfalerit relief rendah, isotropic, berukuran 0,034mm. Dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Emas (Au)

Kriteria Konsentrasi

Hasil perhitungan Kriteria konsentrasi adalah untuk menentukan butiran emas dapat terpisah dari mineral-mineral ikutannya. Kriteria konsentrasi dapat dihitung menggunakan rumus :

$$KK = \frac{(SH-R)}{(SL-R)}$$

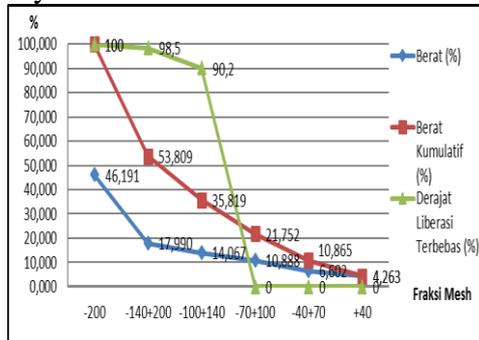
Pada $KK > 2,5$ pengolahan bijih emas bisa dipisahkan dengan semua ukuran partikel.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kriteria Konsentrasi Emas dan Mineral Ikutannya

No	Mineral	Kriteria Konsentrasi
1	Emas – Kovelit	4,83
2	Emas – Spalerit	5,73
3	Emas – Pirit	4,47
4	Emas – Kalkopirit	5,56
5	Emas – Limonit	5,56
6	Emas – Kuarsa	11,12

Analisis Ayak

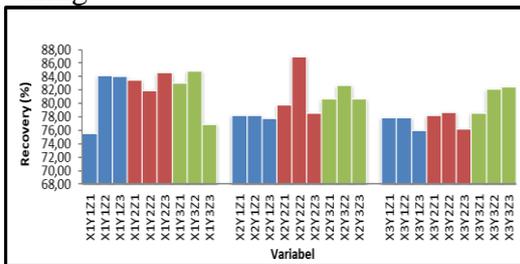
Hasil dari analisa ayak dan liberasi dapat dilihat pada grafik 1. Grafik tersebut menunjukkan mineral banyak mulai terliberasi dari -100 mesh



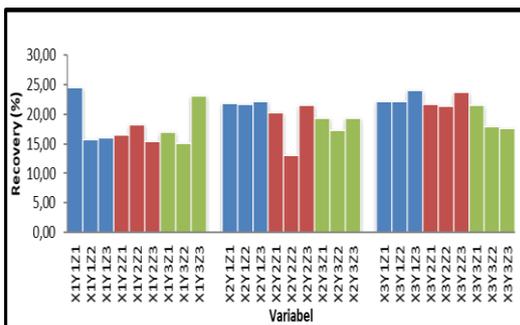
Gambar 6 . Grafik Hubungan Berat, Berat Kumulatif dan Deraja Liberasi (%)

Pengolahan Bijih Emas

Pengolahan bijih emas menggunakan alat *Knelson Concentrator* dengan variabel persen solid, laju umpan dan tekanan air, yang dikombinasikan dapat dilihat pada grafik 2 dan grafik 3. Grafik tersebut berupa hasil *recovery* konsentrat dan tailing



Gambar 7. Grafik Perolehan Konsentrat

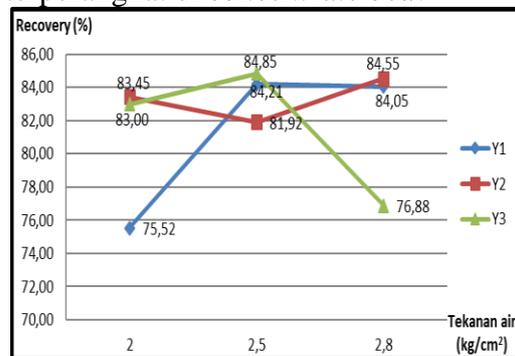


Gambar 8. Grafik Perolehan Tailing

Pengaruh Tekanan Air dan Laju Umpan Pada Persen Solid 20%

Pada grafik 4 *recovery* mengalami kenaikan hingga titik keseimbangan dinamis pada tekanan air Z_2 ($2,5 \text{ kg/cm}^2$), kecuali pada laju umpan Y_2 ($0,7 \text{ kg/ menit}$) *recovery* mengalami penurunan. Hal tersebut terjadi karena pada kondisi persen solid 20% dengan laju pengumpanan $0,7 \text{ kg/ menit}$ dan tekanan air $2,5 \text{ kg/cm}^2$, terjadi peningkatan *interparticle collisions* tetapi gaya *drag* yang dihasilkan oleh tekanan air juga besar sehingga banyak mineral yang terlempar. Walaupun laju pengumpanan besar tetapi besar kecilnya ukuran partikel emas tidak diketahui maka akan mempengaruhi *recovery*. Ketika laju pengumpanan besar tetapi ukuran partikel emas halus dan dengan gaya *drag* yang besar maka *recovery* akan menurun seperti halnya pada kondisi persen solid 20% dengan laju pengumpanan $0,7 \text{ kg/ menit}$ dan tekanan air $2,5 \text{ kg/cm}^2$.

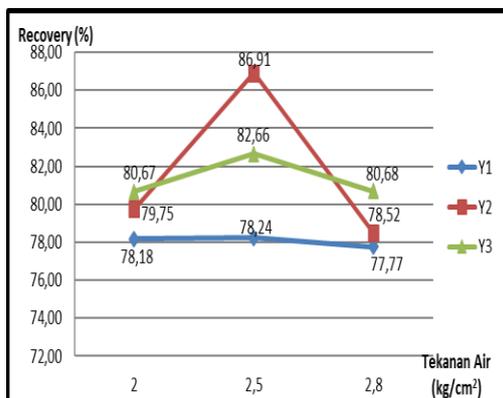
Berbeda dengan kondisi pada laju umpan Y_3 ($0,9 \text{ kg/menit}$), *recovery* yang didapat meningkat berbanding lurus dengan semakin besarnya laju pengumpanan karena ukuran partikel emas pada kondisi ini tidak terlalu dipengaruhi oleh besarnya gaya *drag* yang dihasilkan oleh tekanan air sehingga banyak partikel mineral yang terperangkap di *concentrate bed*.



Gambar 9. Grafik Pengaruh Tekanan Air Terhadap Recovery Pada Perbedaan Laju Umpan dengan Persen Solid 20%

Pengaruh Tekanan Air dan Laju Umpan Pada Persen Solid 25%

Pada grafik 5 titik keseimbangan dinamis terdapat pada tekanan Z_2 ($2,5 \text{ kg/cm}^2$) sama halnya dengan titik keseimbangan pada grafik 3, tetapi pada grafik 4 *recovery* yang didapat dari laju pengumpanan Y_2 lebih besar dari laju pengumpanan Y_3 . *Recovery* menurun ketika laju pengumpanan dinaikkan sebesar $0,9 \text{ kg/menit}$. Menurunnya *recovery* karena pada laju umpan yang besar *concentrate bed* lebih cepat penuh oleh *gangue* partikel dan menyebabkan partikel emas lebih banyak terbangun ke dalam *tailing launder*. Serta dipengaruhi juga dengan ukuran partikel emas yang halus, pada saat *concentrate bed* penuh maka partikel emas yang terbangun ke dalam *tailing launder* merupakan emas yang memiliki partikel halus.

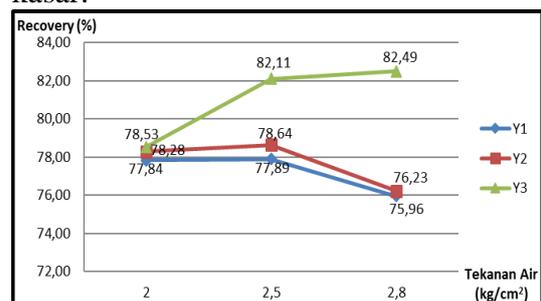


Gambar 10. Grafik Pengaruh Tekanan Air Terhadap Recovery Pada Perbedaan Laju Umpan dengan Persen Solid 25%

Pengaruh Tekanan Air dan Laju Umpan Pada Persen Solid 30%

Pada grafik 6 *recovery* yang didapat berbanding lurus dengan persen solid, laju umpan maupun tekanan air. Semakin besar persen solid, laju umpan dan tekanan air maka semakin besar *recovery* yang di dapat. Tetapi *recovery* yang dipengaruhi oleh tekanan air akan menurun ketika mencapai titik

keseimbangan. Berbeda dengan kondisi pada laju umpan Y_3 ($0,9 \text{ kg/menit}$), semakin besar tekanan air yang diberikan maka semakin besar *recovery* yang didapat dan belum mengalami penurunan. Hal tersebut terjadi karena pada kondisi persen solid 30% dan laju umpan Y_3 ($0,9 \text{ kg/menit}$) yang mana keduanya mempunyai nilai yang paling besar diantara variabel lainnya, sehingga tekanan air belum mencapai titik keseimbangannya sehingga *recovery* belum mengalami penurunan. pada kondisi tersebut gaya drag yang dihasilkan oleh tekanan air lebih kecil dari pada interparticle collision, sehingga ketika proses pemisahan banyak mineral yang masuk ke dalam *concentrate bed* baik yang memiliki ukuran partikel halus atau kasar.



Gambar 11. Grafik Pengaruh Tekanan Air Terhadap Recovery Pada Perbedaan Laju Umpan dengan Persen Solid 30%

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Mineral ikutan (*impruities*) yang terdapat pada bijih emas yang digunakan sebagai umpan adalah *Chacopyrite*, *Pyrite*, *Sphalerite*, *Limonite*, *Kovelite* dan Kuarsa.
2. Kadar emas pada umpan adalah $5,01 \text{ g/ton}$ yang didapat dari nilai rata-rata kadar bijih emas $4,75$ & $5,27 \text{ g/ton}$, sedangkan hasil konsentrat hasil pengolahan

menggunakan knelson Concentrator kadar emas mengalami peningkatan menjadi sebesar 20.51 g/ton

3. Persen solid, laju umpan, dan tekanan air mempengaruhi proses konsentrasi bijih emas Cigaru, Kelurahan Kertajaya, Kecamatan Pelabuhan Ratu, Kabupaten sukabumi, Provinsi Jawa Barat menggunakan *Knelson Concentrator*. Hasil percobaan menunjukkan peningkatan % solid, laju umpan dan tekanan air dapat meningkatkan *recovery* sampai pada titik keseimbangan dinamis optimal, kemudian *recovery* akan menurun seiring peningkatan besarnya % solid, laju umpan dan tekanan air diatas keseimbangan dinamis optimal. Sehingga variabel optimun dicapai pada kondisi persen solid 30 %, laju umpan 0,9 kg/menit dan tekanan air 2,5 kg/cm² sampai 2,8 kg/cm²

E. Saran

1. Diharapkan dilakukan penelitian lebih lanjut lagi terhadap konsentrat atau tailing hasil konsentrasi gravity dari alat *Knelson Concentrator* dengan menggunakan meja goyang atau alat lain sebagai tahap cleaner dari hasil produk yang didapat
2. Dapat juga dilakukan pemurnian untuk lebih meningkatkan kadar dari konsentrat hasil pengolahan menggunakan *Knelson Concentrator*.
3. Kesetabilan tekanan air berpengaruh terhadap *recovery*, sehingga perlu pemilihan pompa yang sesuai.
4. Untuk mendapatkan *recovery* yang lebih besar dapat menggunakan *Knelson Concentrator* yang perputaran

concentrate bed pada alatnya dapat diatur

Daftar Pustaka

- Abols, J. A and P.M Grady. 1995. "Maximizing Gravity Recovery through the Application of Multiple Gravity Devices". Gekko Systems, 1538 Rand Aveancouver, B.C., Canada V6P 3G2.
- Bagnold R.A. 1954. "Experiments on a gravity-free dispersion of large solid spheres in a Newtonian fluid under shear", Proc. Royal Soc., London. Sec. A. 225.
- Burt, R. O. 1984. "Gravity Concentration Technology", Elsevier, New York, p. 340.
- Drzymala Jan. 2007. "Mineral Processing" Wroclaw University of Technology.
- Förster, Andreas. 2012. "ProcessNet – Mineral Processing" DECHEMA e.V. Germany.
- Hiskey, JB. 1985 . Gold dan Silver Extraction : the application of Heap –Leaching cyanidation", arizona bureau of Geology and Mineral Tehnology Field Note 15 (4) 1-5
- Huang L. 1996. "Upgrading of Gold Gravity Concentrates A study of the Knelson Concentrator". Ph.D Thesis, McGill University
- Knelson B and Jones R. 1994. "A new generation of Knelson Concentrators". A totally secure system goes on line. Minerals Engineering Vol. 7, Nos.2/3, pp.201-207.
- Laplante A. R., and Shu Y. 1992. "The Use of a Laboratory Centrifugal Separator to study gravity recovery in Industrial Circuits". Proceedings-24th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors, Paper12, Ottawa.

- Lee, JD. 1994 “Concise Inorganic ” chemistry 4th ed, Chapman & London
- Ling J. 1998. “*Variable Speed Knelson Concentrator*”. Ph.D. Thesis, McGill University, pp. 244.
- Sivamohan, R. and Forssberg, K. S. E. 1986. “*Progress in gravity concentration-Theory and practice*”, Proc. Advances in mineral processing , P. Somasundaran (Ed.), SME. USA
- Sunil K. 2009. “*Effect Of Operating Variables In Knelson Concentrator*”. Department of Mining and Materials Engineering McGill University, Montreal ©August.
- Wills, B.A. 2016. “*Mineral processing technology*”, eighth edition, Oxford, New York, Pergamon Press, pp. 214-236