

# KONSEP DESAIN *CUSTOM PLANT* FLOTASI UNTUK MENGOLAH BIJIH SULFIDA MARGINAL MENGANDUNG EMAS/PERAK

## *Conceptual Design of Flotation Custom Plant to Process Marginal Sulphide Ore Containing Gold/Silver*

NGURAH ARDHA, NURYADI SALEH dan RETNO DAMAYANTI

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara  
Jalan Jenderal Sudirman 623, Bandung 40211  
Telp. 022 6030483, Fax. 022 6003373  
e-mail: ngurah@tekmira.esdm.go.id

---

### SARI

Bijih sulfida marginal mengandung emas/perak tersebar tidak merata dengan sumber daya mineral relatif kecil, berkadar rendah dan fluktuatif yang belum tereksploitasi dengan baik. Saat ini banyak penambang rakyat menggali bijih tersebut secara sporadis yang menyebabkan pemanfaatan mineral tidak optimal dan cenderung menimbulkan masalah lingkungan yang tidak terkontrol. Bijih-bijih tersebut mengandung logam Pb, Cu dan Zn rendah, mengandung Au, Ag variatif yang tidak layak diolah pada skala industri besar. *Custom plant* flotasi diharapkan dapat menjadi solusi pengolahan bijih tersebut. Konsep desain prosesnya diawali dengan pencampuran bijih dari berbagai lokasi untuk memperoleh kandungan emas dalam bijih rata-rata 5 g/ton Au yang layak olah, walau kadar rata-rata Pb, Cu, Zn masih tetap rendah. Proses flotasi mineral sulfida menghasilkan konsentrat ruah PbCu mengandung 44 g/ton Au dan 730 g/ton Ag. Konsentrat Zn mengandung 31,2 g/ton Au dan 88 g/ton Ag serta 58% Zn. Konsentrat pirit mengandung 17 g/t Au dan 50 g/ton Ag. Perolehan masing-masing logam emas, perak dan seng berurutan sekitar 65, 75 dan 80%. Prakiraan keekonomian teknologi *custom plant* flotasi ini secara umum cenderung menguntungkan. Konsep desain *custom plant* skala kecil ini dapat mengoptimalkan pemanfaatan bijih marginal dengan mengubah bijih yang semula tidak layak olah menjadi layak diusahakan.

Kata kunci : *custom plant*, bijih sulfida marginal, emas/perak, flotasi, pencampuran bijih

### ABSTRACT

*Marginal sulphide ores containing gold/silver have not been exploited yet due to fluctuated dissemination with low grade ores. Currently, artisanal miners have excavated the ores sporadically causing disadvantages of the minerals beneficiation and uncontrollable environmental impacts. These typical ores contain low grade of base metals and discrete grade of gold/silver that are uneconomically viable to be processed in a large industrial scale. Custom plant of flotation might solve these problems. Conceptual design of the process is preceded by ores blending that creates an average grade of 5 g/ton Au. Flotation of sulphide mineral produces a bulk PbCu concentrate containing 44 g/ton Au and 730 g/ton Ag. It also produces Zn concentrate containing 31.2 g/ton Au and 88 g/ton Ag. Pyrite concentrate contains 17 g/ton Au and 50 g/ton Ag. The recovery of gold, silver and zinc are 65, 75 and 80%, respectively. The general economic estimation of this flotation custom plant technology tends to generate a profit. This conceptual design of small scale custom plant would optimize the utilization of marginal ores to be economically viable.*

Keywords: *custom plant, marginal sulphide ore, gold/silver, flotation, ores blending*

---

## PENDAHULUAN

Saat ini keadaan endapan mineral sulfida timbal (galena - PbS), tembaga (kalkopirit - CuFeS<sub>2</sub>), seng (sfalerit - ZnS) yang mengandung emas/perak (Au/Ag) di kawasan Cianjur dan Sukabumi Selatan masih belum dieksploitasi dengan cara penambangan dan pengolahan yang tepat. Kenyataan menunjukkan bahwa belum ada industri dengan teknologi yang sesuai untuk meningkatkan nilai tambahnya. Kondisi ini karena besaran endapan bijih di wilayah tersebut termasuk bijih marjinal dan tidak ekonomis bila diproduksi pada skala industri. Saat ini banyak penambang rakyat yang menggali di lahan berstatus IUP (ijin usaha pertambangan) untuk mendapatkan emas dengan menggunakan gelundung (amalgamasi). Hasil pengamatan di lokasi menunjukkan bahwa pemanfaatan bijih tidak maksimal dan pencemaran lingkungan nampak tidak terkontrol.

Pokok permasalahan pada bijih sulfida Cianjur dan Sukabumi adalah berkadar logam sangat variatif (ada yang tinggi tetapi kebanyakan berkadar rendah) dengan total cadangan sumber daya diperkirakan relatif kecil yaitu  $\pm 1,15$  juta ton dan tersebar tidak merata (Kusnawan, 2012). Ada bijih yang berkadar Pb, Zn cukup tinggi tetapi Au/Ag dan Cu rendah, sebaliknya ada bijih yang mengandung Au/Ag cukup tinggi tetapi Pb, Cu, Zn rendah. Agar seluruh bijih bisa dimanfaatkan secara optimal, pembangunan *custom plant* mungkin cocok untuk diterapkan menjadi sistem peningkatan nilai tambah terhadap sumber daya mineral di kawasan Cianjur/Sukabumi tersebut. *Custom plant* atau *custom mill* (Kamus Pertambangan, 2011) adalah pabrik pengolahan bijih tadahan yang mendapatkan bijih sebagai bahan baku dengan cara membeli dari pihak luar dan/atau menerima pekerjaan mengolah bijih dari pihak luar (pelanggan) dengan memungut ongkos. Dengan kata lain, konsep *custom plant* adalah suatu pabrik yang berdiri sendiri, tidak memiliki sumber bahan baku sendiri. Bahan baku diperoleh dengan cara membeli bijih dari berbagai penambang yang ada berdasarkan prinsip kerjasama atau kontrak. Konsekuensinya, bijih yang diperoleh dari berbagai sumber sangat variatif kualitasnya, karena itu perlu dilakukan proses pencampuran (*blending*) sebelum diolah. Sebenarnya masyarakat Indonesia sudah lama mengenal cara mengolah bijih emas secara sederhana yang tersebar di berbagai kawasan di Indonesia yang menampung bijih dari penambang, namun kegiatannya terkendala oleh jumlah pasokan dan kualitas bijih yang tidak konsisten. Khusus di kawasan Cianjur/Sukabumi masyarakat

berlomba-lomba mengolah tanpa memedulikan kualitas bijih, keselamatan kerja dan lingkungan. Di India, Amerika Selatan, Afrika Selatan dan beberapa negara lainnya di Afrika bijih-bijih marjinal bekas tambang emas dieksploitasi menggunakan sistem *modular plant* dan/atau *mobile plant* skala kecil dan bisa berpindah-pindah (Price, 2010). Sistem pengolahan ini masih berlangsung hingga sekarang yang berarti masih bisa memberikan keuntungan. Oleh karena itu, pengolahan mineral sistem *custom plant* di Indonesia mungkin layak dipertimbangkan untuk diaplikasikan.

*Custom plant* dalam kajian ini khusus akan membahas sistem pabrik skala kecil-menengah mengingat pentingnya pemanfaatan bijih marjinal untuk kesejahteraan masyarakat sekitar, walaupun sebenarnya pada skala besar juga banyak melakukan sistem *custom plant* seperti dalam proses peleburan, hidromet. Kriteria *custom plant* skala kecil untuk bijih marjinal adalah jumlah sumber daya relatif kecil dan berkadar variatif, lokasinya harus dekat dengan semua sumber mineral yang akan menjadi bahan baku, dapat menampung beraneka ragam kualitas mineral, kontinuitas dan kualitas produk harus terjamin, memiliki sumber energi dan sarana penunjang yang murah (Sule, 2006; Suprpto, 2006). Dalam hal sumber daya di kawasan Cianjur-Sukabumi yang jumlah cadangan bijihnya relatif kecil maka jangka waktu operasional pabrik mungkin pendek, karena itu lokasi pabrik sebaiknya dapat berpindah-pindah dan prosesnya sederhana.

Tujuan penelitian ini adalah membuat konsep desain pabrik pengolahan sistem *custom plant* agar mendapatkan solusi pemecahan masalah teknis peningkatan nilai tambah yang tepat terhadap sumber daya mineral sulfida marjinal Pb, Cu, Zn mengandung Au, Ag. Kajian ini diharapkan dapat menjadi terobosan baru dalam pengelolaan dan pemanfaatan bijih di kawasan Cianjur dan Sukabumi Selatan yang optimal, agar menguntungkan masyarakat lokal dan tidak mencemari lingkungan. Hal ini diharapkan mampu menjawab sebagian strategi pemerintah dalam hal optimalisasi nilai tambang, penyediaan bahan baku industri logam, penyerapan tenaga lokal, peningkatan penerimaan daerah serta mendorong pengembangan wilayah yang lebih populer dengan arah kebijakan nasional yang *pro-growth*, *pro-job*, *pro-poor* dan *pro-environment*.

Karena kajian ini membahas sistem teknologi *custom plant* yang di dalamnya ada pendekatan terpadu pemanfaatan bijih marjinal dan teknologi

pemrosesan mineral dengan metode flotasi, maka ruang lingkupnya bersifat teknis umum yang meliputi: kajian teknis berupa karakterisasi dan pencampuran percontoh mineral, uji coba proses flotasi di laboratorium terhadap percontoh mineral hasil pencampuran, deskripsi proses dan bagan alir serta neraca massa *custom plant* berdasarkan data hasil percobaan. Kemudian dilakukan kajian umum berupa prakiraan keekonomian proses yaitu membandingkan hasil estimasi ongkos produksi dengan harga jual konsentrat flotasi. Selain itu dibahas juga prakiraan kemungkinan pencemaran lingkungan serta penanggulangannya. Akhirnya berdasarkan data yang diperoleh maka secara teknis konseptual dibuat sebuah pola pembuatan *custom plant*, khususnya untuk pengolahan emas/perak sebagai logam berharga yang keberadaannya lebih merata dan lebih tinggi kadarnya dibandingkan dengan logam sulfidanya.

## METODOLOGI

Percontoh bijih diperoleh menggunakan metode *grab sampling* pada 19 lokasi endapan bijih di 2 kabupaten yaitu: (1). Kawasan Sukabumi Selatan di daerah Cigalugur, Cikaresek, Borojong, Cisaat, Pasir Manggu, Mataram, Cigaru (blok Cigaru meliputi Hunamas jalur 1.1; 2.1; 2.2; 2.3; 3.1; Ciawitali terowongan, Ciawitali sumur, Golden dan Golden Pit-C); (2). Kawasan Cianjur Selatan di daerah Tanggeung, Cikondang-Campaka, Cikondang-Terowongan dan Celak. Percontoh tersebut dikeringanginkan, digerus, di-*sampling*, dianalisis secara kimia dengan metode AAS dan *fire assay* serta dianalisis secara mineralogi dengan metode mikroskop optik. Percontoh yang telah diketahui komposisi kimia dan besaran kandungan logam-logamnya kemudian diseleksi, hanya mineral bijih potensial berkadar Pb,Cu,Zn  $\geq 1\%$  dan berkadar Au  $\geq 0,7$  g/ton saja yang dipilih, karena diketahui bijih-bijih emas yang ditambang di beberapa negara umumnya berkadar Au sekitar 0,5 – 16 g/ton (Canadian Gold Mining Co., 2013a; Today's Seniors, 2013). Oleh karena itu, penentuan kadar rata-rata logam emas dalam bijih untuk penelitian ini ditetapkan  $\pm 5$  g/ton Au.

Perhitungan parameter berat tiap percontoh yang akan dicampur dikorelasikan dengan kadar setiap percontoh menggunakan *excel solver* berdasarkan rumus sederhana:

$$A_{blend} \cdot X_{blend} = (A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3 \dots + A_n X_n)$$

A = berat (tonase) bijih

X = kadar bijih

Campuran percontoh bijih kemudian dihomogenisasi dalam bejana silinder dengan metode aduk putar di atas 2 batang *roller* selama 30 menit. Hasil campuran yang sudah homogen di *sampling* dengan metode *splitting* dan *coning-quartering* untuk mendapatkan percontoh rata-rata sekitar 1 kg berukuran lolos 150 mesh sebagai umpan uji coba flotasi di laboratorium. Percobaan flotasi dilakukan dengan menggunakan tahapan flotasi bertingkat dan reagen kimia standar untuk bijih sulfidis (Bulatovic, 2007). Percobaan flotasi diawali dengan flotasi ruah PbCuZn, konsentrasinya dilakukan pemisahan dengan cara flotasi PbCu dan Zn. Ampas flotasi ruah PbCuZn dilakukan flotasi pirit. Data terbaik hasil uji flotasi dijadikan patokan untuk memprakirakan bagan alir beserta neraca massanya, juga dilakukan prakiraan keekonomian proses *custom plant* secara umum. Selanjutnya berdasarkan data sebaran lokasi endapan bijih yang potensial di kawasan Cianjur-Sukabumi dapat ditentukan titik sentral sebagai lokasi terbaik *custom plant* dengan bantuan *map info*. Di samping itu dilakukan pula prakiraan kemungkinan pencemaran lingkungan akibat *custom plant* dan upaya penanggulangannya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pengolahan mineral skala kecil-menengah yang berdiri sendiri tanpa memiliki sumber bahan baku dari tambang sendiri (*custom plant*) sangat rentan terhadap kualitas/kuantitas produksinya sebagai akibat dari bahan baku yang cenderung beraneka ragam dan tidak konsisten dari berbagai pemasok bijih. Oleh karena itu, untuk kasus bijih sulfidis Cianjur/Sukabumi perlu dipelajari karakteristik bijih, pencampuran bijih dan proses pengolahan dengan cara flotasi, sehingga diharapkan memperoleh konsep teknis pola pembuatan *custom plant* flotasi.

### Karakteristik Bijih

Endapan bijih sulfida di kawasan Cianjur dan Sukabumi Selatan terdiri dari mineral galena, kalkopirit, sfalerit dan pirit mengandung Pb, Cu, Zn, Fe, Au dan Ag yang terbentuk sebagai mineralisasi tipe epithermal di dalam urat kuarsa (Simanjuntak dkk., 2003). Logam-logam dasar tersebut kadarnya rendah, adapun logam mulia Au dan Ag sebagai logam *native* berkadar sedang. Hasil analisis kimia dari 19 lokasi batuan kadarnya sangat variatif yaitu

mengandung Pb = 0,002 – 1,28%; Cu = 0,002 – 1,42%; Zn = 0,002 – 1,94%; Au = 0,05 – 10,8 g/ton; Ag = 0,75 – 394 g/ton. Kandungan Au pada semua percontoh relatif rendah hingga sedang (< 6,9 g/ton) kecuali bijih Cikondang sekitar 10 – 11 g/ton. Mineral-mineralnya didominasi oleh mineral pirit (FeS<sub>2</sub>), sfalerit (ZnS), sedikit galena (PbS), kalkopirit (CuFeS<sub>2</sub>) dan arsenopirit (FeAsS). Hasil karakteristik mineral ini relatif sama dengan hasil kajian Simanjuntak dkk. (2003). Mineral non-sulfidis sebagai mineral sekunder adalah hematit-limonit {FeO(OH) nH<sub>2</sub>O – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>}, dan kuarsa (SiO<sub>2</sub>) sebagai batuan induknya. Prakiraan sumber daya total bijih sulfida di kawasan Cianjur dan Sukabumi Selatan sekitar 1,155 juta ton (Kusnawan, 2012).

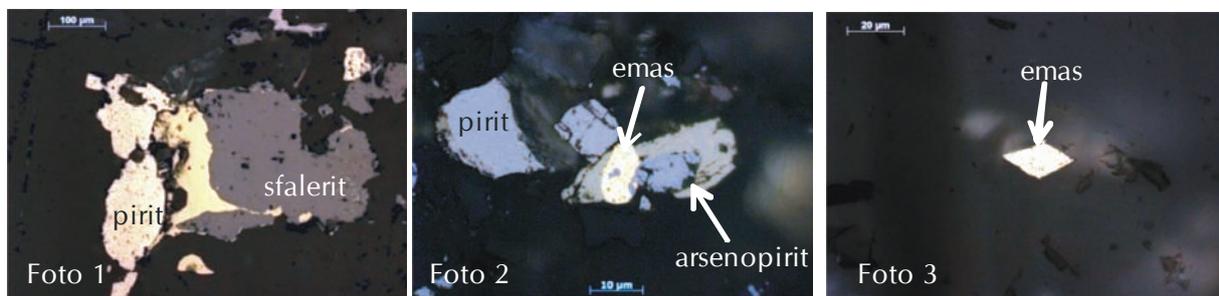
Gambar 1 memperlihatkan bentuk ikatan antar mineral dari hasil pengamatan mikroskop optik. Dalam bijih Cikondang nampak emas berukuran sangat kecil ( $\pm 10 \mu\text{m}$ ) berikatan dengan arsenopirit dan pirit, tetapi dalam bijih Mataram ada butiran emas ( $\pm 20 \mu\text{m}$ ) di dalam kuarsa. Untuk mineral sfalerit nampak berikatan sederhana dengan pirit pada ukuran yang relatif kasar ( $\pm 200 \mu\text{m}$ ). Berdasarkan data fotomikro ini, dipastikan sfalerit dan pirit mudah terliberasi pada ukuran relatif kasar, sebaliknya emas akan sulit terliberasi dan akan tetap berikatan dengan pirit atau arsenopirit dan mungkin juga dengan kalkopirit bahkan dengan kuarsa. Walaupun emas bisa terliberasi jika bijih digerus hingga berukuran butir 10 – 20  $\mu\text{m}$ , namun tidak dilakukan karena dipastikan biaya penggerusan akan sangat mahal. Oleh karena itu, percobaan flotasi akan menggunakan bijih berukuran sekitar 106  $\mu\text{m}$  (150 mesh) sebagai ukuran butiran standar untuk proses flotasi, dengan harapan butiran emas yang masih berasosiasi dengan mineral-mineral sulfidis akan terambil meninggalkan ampas kuarsa. Emas dalam

ampas kuarsa yang jumlahnya mungkin tidak terlalu banyak akan diolah lebih lanjut pada penelitian yang lain. Konsentrat hasil flotasi diharapkan mengandung emas dengan kadar tinggi, sehingga untuk proses lanjutannya menjadi lebih efisien, optimal dengan recovery yang setinggi mungkin.

Hasil analisis kimia dan mineralogi bijih di setiap lokasi endapan menunjukkan kadar Au/Ag lebih merata dan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan PbCuZn sulfida yang tidak nyata sebarannya. Oleh karena itu, kajian konsep desain *custom plant* ini cenderung akan lebih fokus pada pengolahan emas/perak.

### Proses Pencampuran Bijih (*Blending*)

Semula ada 19 percontoh bijih yang di-*sampling* dari lokasi endapan, tetapi bijih yang terseleksi untuk di campur hanya 11 percontoh bijih yang berkadar Au > 0,7 g/ton. Perhitungan parameter berat tiap percontoh yang akan dicampur dikorelasikan dengan kadar setiap percontoh menggunakan perangkat lunak *excel solver*. Hasil pencampuran menunjukkan rendemen berat (tonase) tiap lokasi bijih dapat dilihat seperti Tabel 1 yang menghasilkan kadar campuran rata-rata sekitar 5 g/ton Au dan 65,9 g/ton Ag. Komposisi rendemen ini relatif sesuai dengan besarnya cadangan logam di setiap lokasi. Jadi jelas terlihat bahwa bijih yang semula tidak layak olah karena kadar Au rendah, kemudian setelah melalui proses pencampuran menjadi layak olah. Sebaliknya jika dilihat dari faktor kandungan logam dasarnya ternyata kadar rata-rata Pb, Cu dan Zn masih terlalu rendah (0,25 – 0,34%). Oleh karena itu, kajian terhadap bijih Cianjur/Sukabumi akan difokuskan hanya pada peningkatan kadar Au/Ag dengan konsep *custom plant* flotasi mineral sulfida pembawa emas/perak.



Gambar 1. Hasil pengamatan mikroskop optik terhadap bijih daerah Sukabumi/Cianjur.

Foto 1. Percontoh Cigaru (Sukabumi) menunjukkan sfalerit berikatan dengan pirit pada ukuran kasar (> 100  $\mu\text{m}$ ).

Foto 2. Percontoh Cikondang (Cianjur), nampak emas ( $\pm 10 \mu\text{m}$ ) berikatan dengan pirit dan arsenopirit.

Foto.3. Percontoh Mataram (Sukabumi), nampak butiran emas ( $\pm 20 \mu\text{m}$ ) dalam kuarsa.

Tabel 1. Hasil pencampuran bijih

Asal bijih dan hasil campuran	Rendemen berat (%)	Au, g/ton	Ag, g/ton	%Pb	%Cu	%Zn
Cikaresek	2	0,87	1,77	0,004	0,006	0,006
Cisaat Beben	11,7	3,86	394	0,26	0,018	0,68
Wilton Pasir Manggu	8,6	3,3	20,6	0,013	0,029	0,03
Mataram	11,2	6,19	2,85	0,002	0,016	0,011
Hunamas jalur 1.1	5,5	1,43	19,9	1,28	0,1	0,79
Hunamas jalur 2.1	6,5	1,5	14	0,014	0,027	0,008
Hunamas jalur 2.3	7,5	2,09	14,1	0,049	0,049	0,045
Ciawitali sumur	8,5	4,31	45	0,77	0,44	1,94
Golden	7,3	2,74	12,9	0,13	0,19	0,22
Campaka-Cikondang	17,8	10,08	30	0,2	0,88	0,096
Celak-Cianjur	13,4	6,96	33,7	0,27	0,19	0,078
Total bijih hasil campuran	100	5,07	65,91	0,25	0,25	0,34

### Flotasi Mineral Bijih Hasil Pencampuran

Uji coba flotasi dilakukan di laboratorium dengan tahapan-tahapan proses standar yaitu flotasi ruah galena-kalkopirit-sfalerit (Pb-Cu-Zn sulfida), flotasi semi ruah galena-kalkopirit (Pb-Cu sulfida) dengan menekan sfalerit (Zn sulfida), flotasi selektif *differential* sfalerit (Zn sulfida) dan flotasi selektif *differential* pirit (Fe sulfida) (Bulatovic, 2007). Proses diawali dengan flotasi ruah PbCuZn, kemudian terhadap konsentrat ruah dilakukan flotasi mineral semi ruah PbCu sedangkan mineral Zn ter-*depress*. Selanjutnya terhadap ampas flotasi mineral PbCu dilakukan flotasi selektif mineral Zn. Terhadap ampas flotasi mineral PbCuZn dilakukan flotasi selektif mineral Fe (Rivett dkk, 2007). Rangkaian proses flotasi ini dilakukan karena emas diketahui dominan berasosiasi pada pirit/arsenopirit dan kalkopirit, walau ada sebagian kecil berasosiasi dengan kuarsa.

Uji flotasi ruah mineral PbCuZn menggunakan reagen kimia  $\text{Ca(OH)}_2$  agar kondisi luluhan ada pada pH 10,5;  $\text{CuSO}_4 = 300 \text{ g/ton}$ , *sodium isobutyl xhantate* = 150 g/ton, *dithiophosphate* = 50 g/ton, *pine oil* = 20 g/ton. Untuk flotasi mineral semi-ruah PbCu menggunakan reagen  $\text{NaCN} = 300 \text{ g/ton}$ ,  $\text{ZnSO}_4 = 900 \text{ g/t}$ . Flotasi mineral Zn terhadap ampas flotasi mineral PbCu menggunakan reagen *Na-humate* (*humic acid* -  $\text{C}_9\text{H}_8\text{Na}_2\text{O}_4$ ) = 50 g/ton. Flotasi pirit dari ampas flotasi ruah PbCuZn tidak menggunakan reagen namun hanya memerlukan penurunan pH luluhan dari pH 10,5 menjadi sekitar pH 7 (Bulatovic, 2007). Waktu flotasi penyesah dan pembersih masing-masing 8 dan 5 menit.

Hasil uji flotasi (Tabel 2) menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan kadar emas/perak yang cukup signifikan terhadap bijih hasil pencampuran yang semula berkadar sekitar 4,5 - 5 g/ton Au menjadi konsentrat PbCu berkadar 40,8 g/ton Au; 682 g/ton Ag; dengan perolehan Au sekitar 22% dan Ag sekitar 60%. Konsentrat mineral Zn juga membawa emas pada rendemen perolehan 7% dengan kadar 29 g/t Au; 82 g/ton Ag. Demikian pula konsentrat Fe membawa emas pada rendemen perolehan sekitar 5% dengan kadar 15,8 g/ton Au; 47 g/ton Ag. Pada ampas akhir masih ada tertinggal emas dengan kadar 1,9 g/ton Au; 5,3 g/ton Ag. Secara umum fenomena peningkatan kadar emas yang berasosiasi dengan mineral sulfida relatif sesuai dengan penelitian Chryssoulis dkk (2003). Namun demikian perlu dicatat bahwa unjuk kerja proses flotasi ini belum optimal, karena data hasil percobaan menunjukkan sebagian emas/perak masih tertinggal dalam ampas sebagai tipikal emas yang berasosiasi dengan kuarsa. Dalam hal ini kuarsa sebagai mineral non-sulfidis memang tidak terapung. Walaupun demikian pengerjaan terhadap emas/perak dalam ampas kuarsa relatif akan lebih mudah dan murah. Demikian pula dengan emas/perak yang ada dalam konsentrat mineral Pb,Cu,Zn dan Fe sulfida akan menjadi lebih mudah dan efisien untuk diproses lebih lanjut karena kadarnya sudah tinggi, jumlah berat (tonase) kecil, jumlah pengganggu proses ekstraksi khususnya sulfur sudah rendah.

Tabel 3 menunjukkan hasil uji flotasi yang dihitung untuk sistem tertutup (*closed circuit*) menggunakan data dari hasil uji sistem terbuka (Tabel 2). Sistem

Tabel 2. Hasil uji flotasi bijih campuran sistem aliran terbuka

Tingkat Flotasi	Berat (%)	Kadar (%)			Kadar (g/ton)			Distribusi (%)				
		Pb	Cu	Zn	Au	Ag	Pb	Cu	Zn	Au	Ag	
CPbCu	2.40	7.59	10.1	1.14	40.78	682.15	29.85	63.76	3.64	21.56	59.21	
TPbCu	1.55	1.02	3.66	39.7	28.6	88	2.59	14.93	82.05	9.76	4.93	
CZn	1.08	1.37	1.79	55.89	29	82	2.43	5.09	80.48	6.9	3.2	
TZn	0.47	0.22	7.96	2.5	27.68	101.79	0.17	9.84	1.57	2.87	1.73	
CPbCuZnCl	3.95	5.01	7.57	16.27	36	449	32.44	78.69	85.69	31.32	64.14	
TPbCuZnCl	1.20	5.31	0.32	2.62	21.84	148.58	10.45	1	4.2	5.77	6.45	
CPbCuZnRo	5.15	5.08	5.88	13.09	32.7	379	42.89	79.69	89.88	37.09	70.59	
TPbCuZnRo	94.85	0.37	0.08	0.08	3.01	8.57	57.11	20.31	10.12	62.91	29.41	
CFe	7.35	1.37	0.59	0.35	15.8	47	3.08	2.13	0.64	4.77	2.33	
TFe ( <i>Final Tail</i> )	87.50	0.28	0.04	0.06	1.94	5.35	54.03	18.18	9.48	58.14	27.08	
Umpan	100	0.61	0.38	0.75	4.54	27.65	100	100	100	100	100	

Catatan:

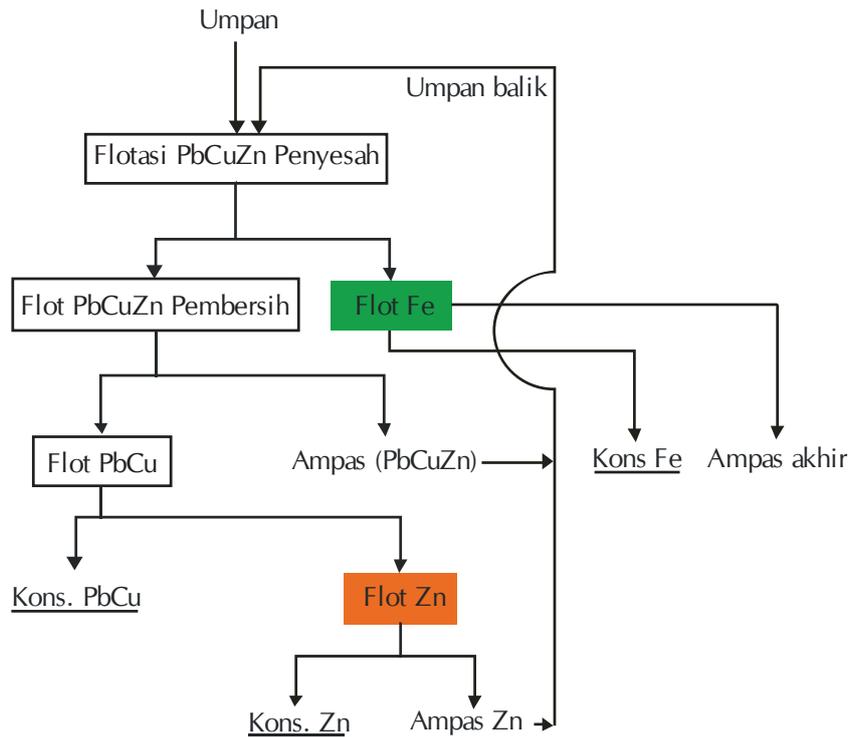
CPbCu = konsentrat galena-kalkopirit, TPbCu = ampas flot galena-kalkopirit,  
 CZn = konsentrat sfalerit, TZn = ampas flot sfalerit,  
 CPbCuZnCl = kons galena-kalkopirit-sfalerit cleaner, TPbCuZnCl = ampas flot galena-kalkopirit-sfalerit cleaner,  
 CPbCuZnRo = kons galena-kalkopirit-sfalerit rougher, TPbCuZnRo = ampas flot galena-kalkopirit-sfalerit rougher,  
 CFe = konsentrat pirit.

Tabel 3. Data flotasi sistem aliran tertutup

Tingkat Flotasi	Berat (%)	Kadar (%)			Kadar (g/ton)			Distribusi (%)				
		Pb	Cu	Zn	Au	Ag	Pb	Cu	Zn	Au	Ag	
CPbCu	2.44	8.35	11.28	1.19	43.88	730.42	29.99	63.56	3.64	21.54	59.20	
TPbCu = FZn	1.58	1.12	4.09	41.42	30.79	94.26	2.61	14.88	81.79	9.76	4.93	
CZn	1.10	1.51	2.00	58.32	31.22	87.84	2.44	5.07	80.23	6.89	3.20	
TZn	0.48	0.24	8.89	2.61	29.79	109.00	0.17	9.81	1.56	2.86	1.73	
CPbCuZnCl = FPbCu	4.02	5.52	8.46	16.97	38.74	480.83	32.60	78.44	85.42	31.30	64.13	
TPbCuZnCl	1.22	5.85	0.36	2.73	23.51	159.16	10.49	1.01	4.18	5.77	6.45	
CPbCuZnRo	5.24	7.39	6.57	13.66	35.20	405.90	43.09	79.45	89.60	37.07	70.58	
TPbCuZnRo = F Fe	96.46	0.40	0.09	0.09	3.24	9.19	56.91	20.55	10.40	62.93	29.42	
CFe	7.48	1.51	0.66	0.37	17.00	50.32	16.58	11.37	3.42	25.56	12.49	
TFe = Ampas akhir	88.99	0.31	0.04	0.06	2.09	5.73	40.34	9.18	6.98	37.37	16.93	
Umpan = CPbCuZnRo + F Fe	101.70	0.67	0.43	0.78	4.89	29.61	100	100	100	100	100	

tertutup adalah sistem proses yang mewakili aliran sluri pada skala pabrik yang sesungguhnya, ampas dari tingkat flotasi pembersih dikembalikan (*recycle*) ke umpan awal flotasi (Gambar 2). Hasil perhitungan (Tabel 3) menunjukkan bahwa dengan adanya pengembalian ampas pembersih ke aliran umpan awal, maka persen berat/tonase umpan flotasi menjadi 101,7%, berat/tonase masing-masing tingkatan

flotasi juga sedikit meningkat dibandingkan dengan data pada Tabel 2. Misalnya terlihat kadar konsentrat PbCu meningkat cukup signifikan yaitu kadar emas/perak pada flotasi sistem terbuka hanya 40,8 g/ton Au dan 682 g/ton Ag menjadi sekitar 43,88 g/ton Au dan 730 g/ton Ag pada flotasi sistem tertutup dengan perolehan logam yang relatif sama.



Gambar 2. Konsep bagan alir proses flotasi sistem tertutup

### Deskripsi Proses

Berdasarkan hasil uji proses flotasi, maka *custom plant* dapat dideskripsikan sebagai berikut: bijih/batuan yang dibeli dari beberapa penambang dikumpulkan di dalam ruang *stockpile* bersuhu kamar (tidak kena panas matahari atau hujan untuk menghindari bijih cepat teroksidasi). Bijih dari setiap lokasi dikumpulkan secara terpisah, diremukkan hingga berukuran sekitar 5 cm dengan *crusher* primer. Selanjutnya masing-masing bijih dianalisis kadar logamnya. Setelah itu dilakukan perhitungan dan pencampuran bijih agar diperoleh kadar emas campuran sekitar 5 g/ton Au. Bijih campuran dimasukkan ke dalam *coarse ore bin*. Dari *coarse ore bin* bijih dikeluarkan melalui *feeder* dan *screen* sesuai dengan laju tonase yang diinginkan. Bijih yang berukuran > 5 cm diremukkan kembali oleh *crusher* primer (kapasitasnya harus 2 kali lebih besar dari kapasitas umpan proses), sementara bijih yang berukuran < 5 cm diremukkan oleh *crusher* sekunder (*cone crusher*) dengan kapasitas yang sama dengan *crusher* primer. Produk *cone crusher* yang berukuran kerikil  $\pm 1$  cm ditampung dalam *fine ore bin*. Bijih halus dari *fine ore bin* selanjutnya dikeluarkan melalui *feeder* kemudian dicuci melalui proses awalanau (pelepasan *slime*) dengan alat *scrubber* dan/atau sejenis *spiral clas-*

*sifier*. Bijih yang sudah bersih dari lanau masuk ke proses penggilingan (*ball mill*) yang terintegrasi dengan *hydrocyclone*. Limpahan bawah *hydrocyclone* dikembalikan menjadi umpan tambahan *ball mill* dengan beban sirkulasi > 250% terhadap umpan utama *ball mill*. Kapasitas *ball mill* harus 2,5 kali dari kapasitas umpan bijih. Limpahan atas *hydrocyclone* ditampung dalam tangki sluri untuk mengatur padatan sekitar 33%. Sluri kemudian mengalir ke tangki *conditioner* PbCuZn dan ditambahkan reagen kimia. Sluri terus mengalir ke unit sel flotasi ruah PbCuZn tingkat penyesah hingga ke unit sel flotasi PbCuZn tingkat pembersih. Konsentrat PbCuZn masuk ke tangki *conditioner* PbCu dan ditambahkan lagi reagen kimia tertentu, sluri terus mengalir ke unit sel flotasi PbCu tingkat pembersih untuk menghasilkan konsentrat PbCu, sementara Zn ter-depress. Ampas flotasi PbCu dialirkan ke tangki *conditioner* Zn dan ditambahkan lagi sedikit reagen kimia tertentu untuk dilakukan flotasi Zn dan menghasilkan konsentrat Zn. Ampas ruah PbCuZn dominan mengandung pirit yang masih mengandung emas/perak, lalu pirit diflotasi menghasilkan konsentrat pirit mengandung Au/Ag. Konsentrat PbCu (rendemen tonase 2,4%), konsentrat Zn (rendemen tonase 1,08%) dan konsentrat pirit (rendemen tonase 7,35%) yang mengandung Au/Ag selanjutnya dikeringkan untuk dijual dan/

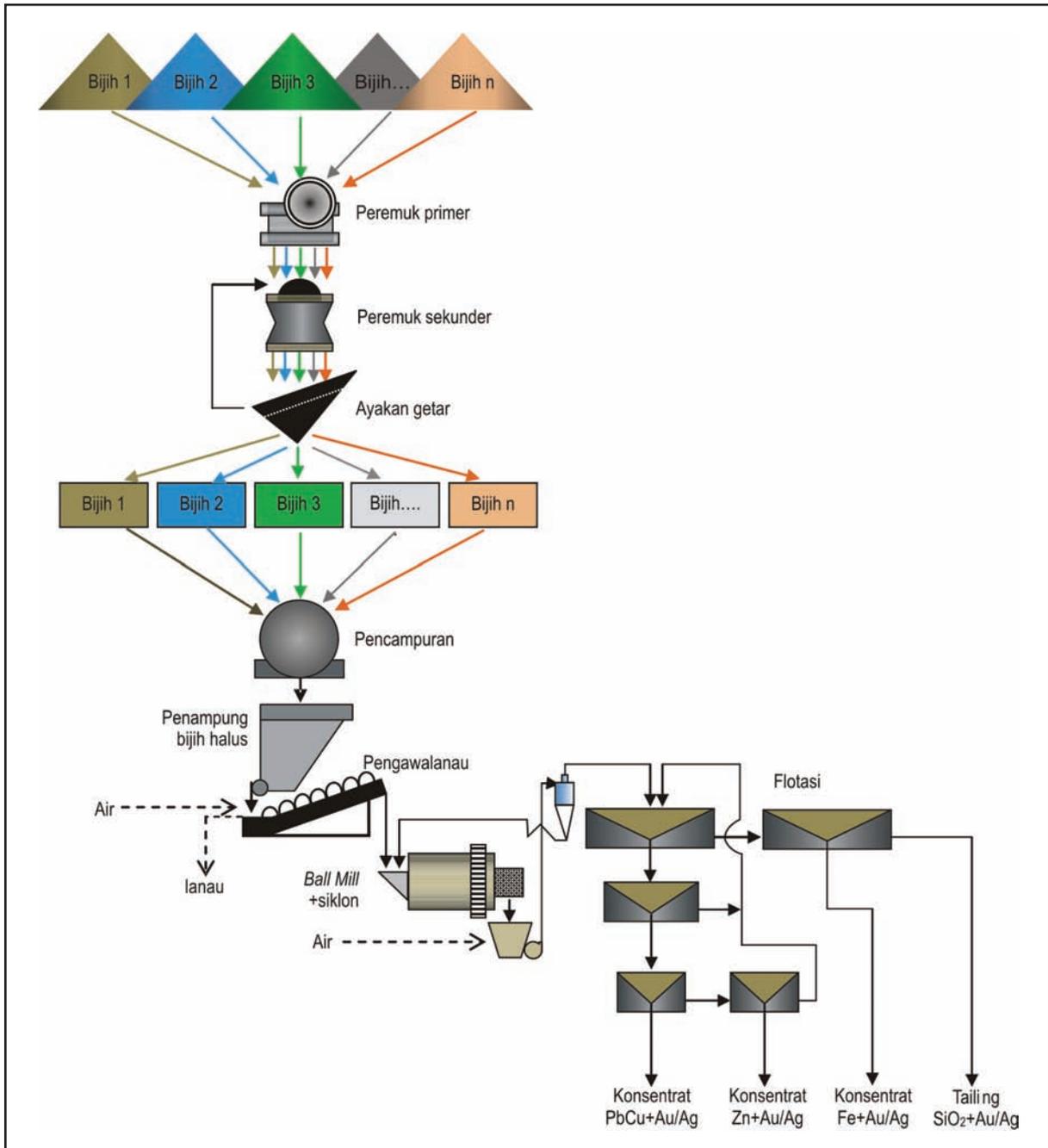
atau diproses lebih lanjut misalnya dengan cara peleburan imperial, proses hidrometalurgi, sianidasi intensif dan elektrolisis. Konsep aliran bijih pada tiap peralatan proses flotasi sistem *custom plant* disusun seperti disajikan pada Gambar 3.

Ampas flotasi pirit adalah ampas akhir dengan rendemen tonase 87,5%, namun masih mengandung emas/perak yang berasosiasi dengan kuarsa, karena itu ampas flotasi ditampung dalam tangki sluri atau

*thickener* untuk diproses lebih lanjut, misalnya dengan cara sianidasi in-situ (*heap leaching*) yang perlu dipelajari pada kesempatan lain.

**Prakiraan Neraca Massa**

Cadangan bijih sulfida marjinal di Kabupaten Cianjur/Sukabumi Selatan sekitar 1,15 juta ton (Kusnawan, 2012). Jika pabrik diasumsikan berkapasitas 250 ton/hari, maka jangka waktu beroperasi pabrik



Gambar 3. Konsep aliran bijih pada tiap peralatan proses flotasi sistem *custom plant*

sekitar 14 - 15 tahun. Bijih mengandung lanau yang berasal dari kandungan lempung sekitar 7,5 - 8 %, maka membutuhkan bijih awal sekitar 270 ton/hari. Untuk mengetahui debit bijih dan debit air, maka secara keseluruhan neraca massa custom plant dapat dihitung dan ditabulasikan pada Tabel 4.

Konsentrat Zn mengandung Au 31,22 g/ton dan Ag 87,84 g/ton serta Zn sebesar 58,3% yang layak untuk diekstrak lebih lanjut. Sebaliknya konsentrat PbCu dan konsentrat Fe tidak mengandung logam Zn yang signifikan sehingga kemungkinan dicampur menjadi konsentrat PbCuFe dengan tonase sekitar 25,2 ton/hari, sedangkan konsentrat Zn mungkin dipisah tersendiri karena mengandung kadar Zn yang bernilai ekonomis. Campuran konsentrat PbCu + konsentrat Fe akan menjadi konsentrat PbCuFe dengan karakteristik seperti terlihat pada Tabel 5.

### Kebutuhan Peralatan

Peralatan-peralatan pabrik yang dibutuhkan dalam membangun custom plant adalah: Grizzly atau ayakan batang (lubang 15 – 5 cm), bin bijih kasar (volume 35 m<sup>3</sup>), apron coarse ore feeder (1 unit), jaw crusher primer (1 unit) untuk memecah batuan berukuran > 50 mm menjadi < 50 mm, belt con-

veyor (tergantung level dan jarak antar alat yang dipasang), ayakan getar (2 unit) yaitu 1 unit ukuran lubang ayakan 50 mm dan 1 unit ukuran lubang ayakan 10 mm, water sprayer (1 unit) untuk penyemprot bijih pada permukaan ayakan getar untuk mencegah debu dan sebagai proses pra - awalanau, cone crusher (1 unit) untuk memecah batuan berukuran > 10 mm yang berasal dari batuan yang tidak lolos ayakan 10 mm menjadi berukuran < 10 mm, bin bijih halus sebagai tempat cadangan bijih hasil peremukan, vibrating feeder (1 unit), spiral classifier (1 unit) untuk peng-awalanau, tangki air + pompa untuk penambah/pengatur jumlah air agar bijih menjadi sluri (pengatur % padatan), ball mill (1 unit) untuk menggerus bijih agar berukuran -150 + 200 mesh, hidrosiklon (1 unit), sump dan pompa sluri (1 unit), tangki sluri (storage tank), untuk pengatur persen padatan sluri, tangki conditioner (4 unit) untuk masing-masing flotasi ruah PbCuZn, flotasi PbCu dan flotasi Zn dan flotasi pirit, reagent feeders (10 unit) tergantung ragam jenis reagen, unit sel flotasi ruah PbCuZn penyesah, unit sel flotasi PbCuZn pembersih, unit sel flotasi PbCu, unit sel flotasi Zn, unit sel flotasi pirit, pengering putar (1 unit) untuk mengeringkan konsentrat, thickener (2 unit), untuk pengendapan lanau dan pengendapan ampas, pompa air bersih untuk keperluan cuci (safety) karena bahan kimia.

Tabel 4. Neraca massa custom plant

No.	Umpan/produk	Tonase bijih/konsentrat (ton/hari)	Volume air (m <sup>3</sup> /hari)
1.	Umpan bijih hasil pencampuran	270	-
2.	Peremukan	270	-
3.	Awa lanau (10% padatan)	270	2430
	Lanau + air	20,4	2367,6
	Bijih bersih dari lanau (80% padatan)	249,6	62,4
4.	Umpan ball mill + circulating load (65% padatan)	873,6	470,4
	Penambahan air ke ball mill	-	408
	Keluaran ball mill yang masuk ke inlet hidrosiklon (48,6% padatan)	873,6	924
	Penambahan air ke produk ball mill	-	453,6
	Under flow hidrosiklon (60% padatan) recycled ke ball mill	624	416
	Over flow hidrosiklon (33% padatan)	249,6	508
5.	Umpan flotasi PbCuZn penyesah	253,8	508
6.	Ampas akhir	225,85	452
7.	Konsentrat PbCu + AuAg	6,2	-
8.	Konsentrat Zn + AuAg	2,8	-
9.	Konsentrat pirit + AuAg	19	-

Tabel 5. Karakteristik campuran konsentrat PbCu+konsentrat Fe, konsentrat Zn

Produk konsentrat	Berat/Tonase	Berat (%)	Au (g/ton)	Ag (g/ton)	Zn (%)
Kons.PbCu+ AuAg	6.2	24.60	43.88	730.42	-
Kons. Fe + AuAg	19	75.40	17	50.32	-
Campuran (kons.PbCuFe)	25.2	100.00	23.61	217.65	-
Kons.Zn + AuAg	2,8	-	31,22	87,84	58,32

### Prakiraan Umum Keekonomian Proses *Custom Plant*

Suatu usaha memerlukan sarana produksi yang harus dibangun dengan menggunakan sejumlah dana untuk membiayainya. Modal untuk pengadaan sarana yang sifatnya fisik dan/atau bukan fisik yang akan menjadi asset perusahaan disebut sebagai investasi (Mullar dan Poulin, 1998). Prakiraan besaran investasi total untuk mendirikan *custom plant* berkapasitas 270 ton bijih/hari sekitar Rp. 9,5 milyar. Selanjutnya suatu perusahaan yang telah berdiri tentu harus berkembang, untuk itu perlu membuat kebijakan yang tepat agar perusahaan menjadi efisien dengan sistem kerja yang lebih efektif dengan perolehan keuntungan yang signifikan. Salah satu kebijakan yang perlu diketahui adalah penetapan harga pokok produksi. Hasil perhitungan dari prakiraan biaya bahan baku (seperti bijih, reagen kimia, pengelolaan limbah) juga prakiraan biaya-biaya langsung (seperti BBM, listrik dari PLTU Pelabuhan Ratu, air dari sungai terdekat, tenaga kerja), biaya tak langsung seperti prakiraan nilai depresiasi, maka diketahui bahwa biaya untuk memproduksi 270 ton bijih/hari agar menghasilkan konsentrat PbCu + AuAg sebanyak 6,2 ton/hari dan menghasilkan konsentrat Zn + AuAg sebanyak 2,8 ton/hari serta menghasilkan konsentrat pirit + AuAg sebanyak 19 ton/hari (lihat Tabel 4 dan Tabel 5) adalah Rp.44,25 juta/hari atau biaya produksi per unit produk sekitar Rp. 1,58 juta/ton konsentrat.

Data harga konsentrat emas yang akurat memang relatif sulit diperoleh karena sangat tergantung pada kandungan logam utama dan kandungan logam ikutannya. Kesulitan mendapatkan data harga konsentrat juga disebabkan karena para penambang emas jarang menjual produk dalam bentuk konsentrat. Hampir semua tambang akan mengolah bijih/konsentrat emasnya menjadi produk minimal dalam bentuk bullion emas. Namun demikian Canadian Gold Mining Co. (2013b) melaporkan bahwa harga konsentrat emas yang berkadar Au  $\pm$  15 g/ton di Kanada pada tahun 2012 adalah

sekitar US\$ 135/ton. Jika dikonversi dengan kurs 1 US\$ = Rp.10.000 maka harganya sekitar Rp. 1.350.000/15 g emas dalam 1 ton konsentrat. Informasi lain adalah China pada tahun 2013 membeli konsentrat emas dari Polymetal's Mayskoye gold mine di Rusia Timur (Chukotka region – East Russia) sebanyak 50.000 ton yang berkadar 55 g/ton Au dengan harga US\$ 250/oz emas per ton konsentrat (Bullion Street, 2013). Dalam nilai rupiah diperkirakan China membeli konsentrat emas seharga Rp. 2.500.000/28,35 g emas dalam 1 ton konsentrat atau dengan kata lain Cina membeli konsentrat emas dari Rusia yang berkadar 15 g/ton harganya menjadi sekitar Rp. 1.323.000/15 g emas dalam 1 ton konsentrat. Jadi harga konsentrat emas di Rusia/ Cina dan Kanada relatif sama. Data hasil percobaan flotasi terhadap bijih hasil pencampuran asal Cianjur/Sukabumi (Tabel 5) menunjukkan bahwa konsentrat PbCu + Fe yang berkadar Au 23,61 g/ton, diperkirakan berharga sekitar Rp. 2.146.363/ton. Konsentrat Zn mengandung Au 31,22 g/ton dengan perkiraan harga sekitar Rp. 2.838.182/ton. Jika harga ½ ton konsentrat PbCuFe ditambah harga ½ ton konsentrat Zn menjadi total 1 ton konsentrat, maka perkiraan harga rata-rata menjadi sekitar Rp.2.492.272/ton. Oleh karena itu, perbandingan antara ongkos produksi konsentrat sekitar Rp 1,58 juta/ton dengan perkiraan harga jual konsentrat sekitar Rp. 2,5 juta/ton, maka terlihat ada margin keuntungan yang sangat signifikan, bahkan belum diperhitungkan nilai jual kandungan logam perak, serta logam seng berkadar 58,32% Zn pada konsentrat seng yang dipastikan akan memberikan nilai tambah semakin tinggi.

Produk-produk konsentrat PbCuFe dan Zn yang mengandung Au/Ag cukup tinggi (Tabel 5, Au = 23–31 g/ton; Ag = 87–217 g/ton) mungkin bisa dijual ke pabrik ekstraksi emas yang ada di Indonesia dan/atau mendirikan unit ekstraksi emas/perak sendiri, apakah dengan cara proses sianidasi intensif dan elektrolisa, peleburan imperial atau metode lainnya yang memerlukan pengkajian lebih lanjut. Hal ini penting karena sesuai dengan undang-undang

Minerba No.4/2009 yang mewajibkan industri pertambangan mendirikan unit pengolahan dan pemurnian.

### Prakiraan Lokasi Pabrik Custom Plant

Pabrik (*custom plant*) yang membutuhkan bahan baku bijih dari berbagai lokasi perlu ditentukan letak yang paling tepat. Secara ideal *custom plant* harus terjangkau pada jarak sedekat mungkin dari sumber bahan baku (bijih) agar mendapatkannya dengan harga relatif murah karena ongkos angkut yang rendah. Dari hasil pemetaan diperoleh lokasi sentral terletak di Desa Nangerang, Kecamatan Jampang Tengah, Kabupaten Sukabumi, pada koordinat garis bujur  $106^{\circ} 48' 33,84''$  BT dan Garis Lintang  $7^{\circ} 6' 31,33''$  LS (Gambar 4). Jarak lurus rata-rata dari semua lokasi sumber bijih menuju ke Desa Nangerang adalah sekitar 26,4 km (Kusnawan, 2012).

Aksesibilitas lokasi Desa Nangerang sudah memiliki jalan aspal yang bisa dilewati keluar-masuk kendaraan truk. Sarana dan prasarana lainnya seperti sumber listrik bisa berasal dari PLTU yang saat ini sedang dibangun di Pelabuhan Ratu, sedangkan sumber air dekat dengan sungai.

### Prakiraan Dampak Pengolahan Bijih Sulfida Sistem Custom Plant Terhadap Lingkungan

Keberadaan pabrik pengolahan mineral sistem *custom plant* ini kemungkinan menimbulkan pencemaran, namun jenis pencemarannya relatif kecil karena kapasitas produksinya kecil dan mudah ditanggulangi. Walaupun proses flotasi menggunakan reagen kimia seperti modifier, kolektor dan *frother*, namun jumlahnya sangat kecil dan habis terserap oleh permukaan mineral.

Kemungkinan faktor-faktor pencemar yang potensial adalah (Norgate and Rankin, 2003):

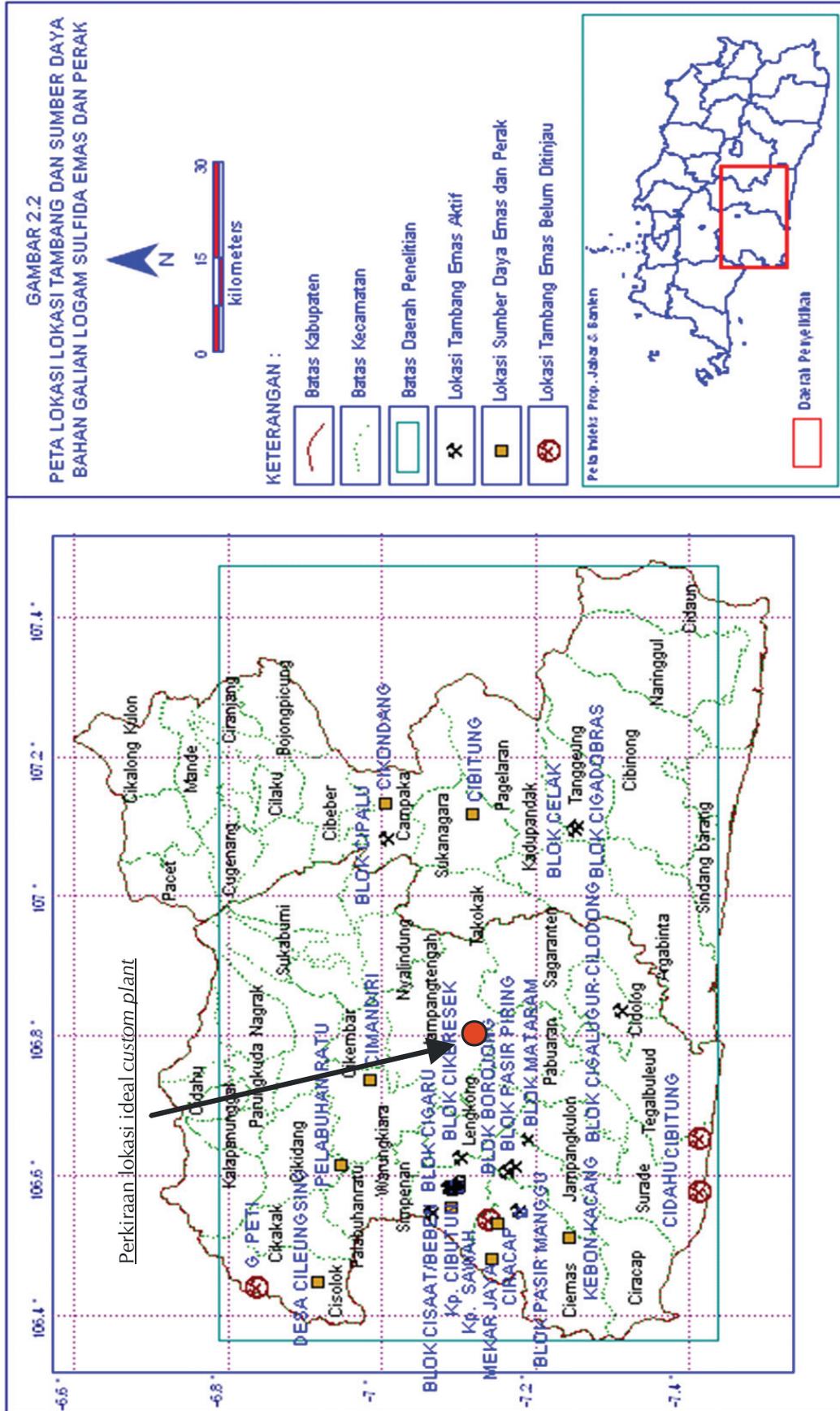
- Debu berpotensi keluar dari pengangkutan bijih menggunakan *dump truck*, *forklift* dll., yang berlalu-lalang dari tambang (penjual) ke lokasi *custom plant*, juga kemungkinan berasal dari proses peremukan bijih sistem kering menggunakan *crusher*, pengayakan, penumpahan bijih ke *ore bin*.
- Lumpur, berpotensi keluar dari pabrik berupa lumpur lanau sangat halus yang berasal dari proses pengawalanuan, selain itu jika tidak dikontrol kemungkinan ada lumpur ampas proses flotasi yang bocor keluar dari dam penampung ampas.

- Air bersifat basa sebagai akibat penggunaan kapur dalam proses flotasi, karena lumpur mineral yang diproses dalam kondisi pH sekitar 8 - 11.
- Pencemar yang relatif ringan adalah kebisingan akibat beroperasinya peralatan-peralatan pabrik, juga ada sedikit pembabatan tumbuhan dan semak di sekitar pabrik.

### Upaya Penanggulangan Terhadap Kemungkinan Pencemaran

Upaya penanggulangan kemungkinan pencemaran yang disebutkan di atas relatif mudah dan murah yaitu:

- Mencegah debu di jalan dan/atau di area *stockpile* dapat menggunakan mobil tangki air sebagai penyemprot jalan/area *stockpile* secara rutin. Sedangkan debu dalam area pabrik yang berasal dari proses peremukan bijih dilakukan dengan cara *fogging*.
- Mencegah lumpur halus hasil dari proses pengawalanuan dapat dilakukan dengan cara pengendapan menggunakan *thickener* serta penambahan sedikit flokulan. Pengendapan ini menghasilkan air jernih yang dapat dimanfaatkan kembali untuk proses pengolahan di pabrik sekaligus untuk efisiensi penggunaan air. Sedangkan hasil lumpur pekatnya mungkin dapat dimanfaatkan sebagai bata atau jenis lain berbasis mineral sebagai produk ekonomi kreatif. Hal yang sama juga dilakukan untuk mencegah kebocoran lumpur ampas flotasi dengan cara pengendapan menggunakan *thickener*. Lumpur pekat ampas masih mengandung Au/Ag di dalam kuarsa, karenanya harus dikelola dengan baik untuk diolah kembali.
- Air basa (pH sekitar 8 – 11) sebagai akibat penggunaan kapur dalam proses flotasi dapat berupa air jernih dari limpahan atas *thickener* dalam proses pengendapan ampas dan/atau pengentalan/pengeringan konsentrat. Air basa ini pada prinsipnya digunakan kembali dalam proses flotasi agar menghemat penggunaan kapur. Namun sebagian mungkin perlu dinetralkan pHnya dengan disimpan dalam tangki air dan ditambahkan air jernih yang baru dan/atau ditambahkan asam sulfat konsentrasi rendah.
- Kebisingan akan menurun intensitasnya pada jarak sekitar 100 m dari sumber (pabrik). Untuk pekerja pabrik dapat menggunakan *ear-plug*. Pembabatan tumbuhan dan semak di sekitar pabrik sangat kecil karena lahan tempat lokasi pabrik relatif sempit ( $\pm 1$  Ha) dan tidak akan mengurangi keanekaragaman hayati dan satwa di daerah tersebut.



Sumber : Gambar dan perhitungan jarak tengah menggunakan perangkat lunak map-info oleh Kusnawan (2012).

Gambar 4. Lokasi ideal custom plant pada jarak sentral dari sumber-sumber bijih di kawasan Cianjur-Sukabumi

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan rangkaian survey dan pengambilan percontoh di lapangan ditambah dengan kajian konseptual teknologi pengolahan, dilanjutkan dengan uji coba teknis di laboratorium dan pradesain prosesnya maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Saat ini sumber daya mineral sulfida PbCuZn marjinal di kawasan Cianjur/Sukabumi Selatan dengan perkiraan cadangan  $\pm 1,15$  juta ton mengandung emas/perak variatif berkadar Au = 0,05 – 10,8 g/ton; Ag = 0,75 – 394 g/ton yang umumnya diusahakan oleh penambang rakyat secara berkelompok, belum diolah secara optimal dan tidak layak dieksploitasi sebagai industri skala besar. Adapun kandungan Au/Ag lebih merata dibandingkan dengan PbCuZn, karena itu kajian ini fokus pada pengolahan Au/Ag.
- Pengolahan/pemanfaatan bijih marjinal dapat dioptimalisasi nilai tambangnya melalui terobosan baru yaitu penerapan pabrik sistem *custom plant*. Konsep desain pabrik sistem *custom plant* ini diawali dengan membeli bijih yang berkadar variatif dari berbagai tambang di sekitarnya, lalu dicampur agar berkadar  $\pm 5$  g/ton Au dan  $\pm 65$  g/ton Ag sebagai bijih umpan pabrik. Dari proses pencampuran ini menghasilkan karakteristik bijih baru yang dapat mengubah bijih yang semula tidak layak olah menjadi layak olah. Jalur prosesnya adalah pencampuran bijih, peremukan/penggerusan dan flotasi selektif diferensial.
- Konsep pabrik *custom plant* flotasi ini didesain dengan kapasitas umpan bijih hasil pencampuran 270 ton/hari, umur pabrik sekitar 14 tahun, menghasilkan konsentrat PbCu + Au/Ag, pirit + Au/Ag dan Zn + Au/Ag berkadar Au = 20 – 45 g/ton dan Ag = 80 – 730 g/ton dengan tonase total konsentrat sekitar 28 ton/hari.
- Prakiraan biaya produksi dibandingkan dengan harga jual konsentrat menunjukkan margin keuntungan yang signifikan. Lokasi pabrik sebaiknya di tengah-tengah kawasan sumber bijih yaitu di desa Nangerang (Jampang Te-

ngah). Kemungkinan pencemaran relatif ringan dan dapat ditanggulangi dengan mudah.

### Saran

Beberapa faktor yang mungkin memengaruhi kinerja *custom plant* dan perlu mendapat perhatian adalah:

- Perlu proses pencampuran bijih yang baik dan akurat agar bijih berkadar  $\pm 5$  g/ton Au, semakin tinggi kadar semakin mudah diolah tetapi semakin sedikit bijih yang dapat diolah dan umur pabrik lebih pendek; sebaliknya semakin rendah kadar semakin sulit diolah tetapi umur pabrik semakin lama.
- Bijih yang dibeli sebaiknya bijih yang berasal dari tambang berstatus IUP
- Lokasi pabrik harus sedekat mungkin dengan sumber bijih.
- Sumber energi yang murah, dalam kajian ini menggunakan listrik dari PLTU batubara yang sedang dibangun di Pelabuhan Ratu. Sedangkan sumber air sebaiknya dekat sungai, buangan air sisa pabrik harus dilengkapi dengan unit pengolahan/penjernihan air.
- Hubungan antara *custom plant* dengan pemasok bijih dan pembeli produk konsentrat sebaiknya berbasis kontrak resmi, Pemda (BUMD) setempat sebagai pengawas.
- Pemda sebaiknya memberikan ijin resmi untuk wilayah pertambangan rakyat (WPR) jika masih ada lahan, agar bermanfaat bagi para penambang liar berubah menjadi penambang "legal" sebagai pemasok bijih secara rutin ke *custom plant*.
- Perlu sosialisasi bentuk dan sistem dari konsep *custom plant* kepada pemangku kepentingan, khususnya dalam mengelola bijih marjinal.
- Perlu dilakukan penelitian mengekstrak AuAg dari konsentrat flotasi dengan metode sianidasi intensif, juga perlu penelitian *recovery* AuAg dalam ampas yang mungkin bisa dilakukan dengan sianidasi sistem *heap leach* yang masih dalam kerangka konsep *custom plant*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Kusnawan sebagai geologiawan yang banyak membantu survey lapangan, pengambilan percontohan bijih dan memplot kemungkinan posisi sentral lokasi *custom plant*. Terima kasih disampaikan pula kepada Drs. Jafril yang membantu mengoreksi perhitungan keekonomian proses *custom plant* ini, serta kepada sdr Suheri Pendi sebagai teknisi yang membantu penulis di Laboratorium Pengolahan Mineral.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bulatovic, S.M., 2007. *Handbook of flotation reagents*, Vol. 1, Elsevier Science & Tech. Books.
- Bullion Street, 2013. *China to buy 50,000 tons of gold concentrate from Polymetal*, June 11th, <http://www.bullionstreet.com/news/china-to-buy-50000-tons-of-gold-concentrate-from-polymetal/4968>, diunduh tgl. 26/7/2013.
- Canadian Gold Mining Co, 2013a. *Average gold ore values*, [www.goldminerpulse.com](http://www.goldminerpulse.com), diunduh tgl 27/7/2013.
- Canadian Gold Mining Co, 2013b. *Gold mining company comparison on the basis of ore value per tonne*, [www.goldminerpulse.com/gold-chart-ore-value.php](http://www.goldminerpulse.com/gold-chart-ore-value.php), diunduh tgl. 16/11/2013.
- Chryssoulis S.L., Venter, D., and Dimov, S., 2003. On the floatability of gold grains, Paper 28, *Proceedings 35th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors*, The Westin, Ontario, Canada, January 21-23, p.455 – 472.
- Kamus Pertambangan, 2011. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara "tekMIRA", 925 hlm, editor: Nguhrah Ardha, Nining S.Ningrum, Retno Damayanti, Slamet Suprpto, Sri Handayani, Tatang Wahyudi, ISBN 979-8641-00-0, hlm. 508.
- Kusnawan, 2012. *Tinjauan sumber daya bahan galian logam sulfida di kabupaten Cianjur dan Sukabumi, Laporan Intern Sumber Daya Mineral*, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, 14 halaman.
- Mullar A.L., and Poulin, R., 1998. *Capcosts: a handbook for estimating mining and mineral processing costs and capital expenditures and aiding mineral project evaluation*, Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.
- Norgate T.E. and Rankin W.J., 2003. *An environmental assessment of lead and zinc production processes*, CSIRO paper, LCA-PbZn.
- Price G, 2010. *Gold mining without a mine, Materials Works Magazine*, 01 June, The Institutes of Materials, Minerals and Mining, UK.
- Rivett, T., Wood, G., and Lumsden, B., 2007. Improving fine copper and gold flotation recovery – a plant evaluation, *Ninth Mill Operators' Conference*, Fremantle, WA, March.
- Simanjuntak, Y., Manurung, S., Tampubolon, A., dan Kisman, 2003. Inventarisasi dan eksplorasi mineral logam di daerah kabupaten Cianjur dan kabupaten Sukabumi, Jawa Barat, *Kolokium Hasil Kegiatan Inventarisasi Sumber Daya Mineral*, Bandung.
- Sule, D., 2006. Optimalisasi pemanfaatan batubara Indonesia dengan konsep "Custom Plant", *Seminar Batubara Nasional*, Jakarta.
- Suprpto J.S., 2006. Sumber daya emas primer skala kecil untuk pengembangan wilayah pertambangan rakyat dengan konsep "custom mill", *Buletin Sumber Daya Geologi*, Vol. 1, No. 3.
- Today's Seniors, 2013. *Gold Mining, What is the average gold mining grade*, <http://www.todaysseniors.com/wp/gold-silver-platinum/what-is-the-average-gold-mining-grade/>, diunduh tgl/17/7/2013.