

# Pemurnian Emas dari Bijih Emas Berkadar Rendah Menggunakan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa

Ani Mulyasuryani<sup>\*)</sup> Bambang Ismuyanto dan Danar Purwonugroho

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Jawa Timur 65145

Diterima 23-06-2010 Disetujui 23-05-2011

## ABSTRACT

The activated carbon from the coconut shell can be used as an adsorbent for the recovery of gold. The optimum condition for gold recovery was obtained at pH 3 (for adsorption) and pH 5 (for desorption) with 1 M thiocyanate solution and a 5 cm length of column (the mass of activated carbon is 20 grams). In this condition, the average gold recovery is 90.00%, silver 7.28% and copper 4.93%, that were used several gold ore samples. The average purity degree of gold is 49.67%, depend on the concentration of gold, silver and copper in the gold ore sample.

**Keywords:** activated carbon, coconut shell, gold ores, gold recovery

## PENDAHULUAN

Bijih emas mengandung perak (10–15%), sedikit tembaga dan besi serta logam Bi, Pb, Sn, Zn dan platinum dalam jumlah mikro. Dalam bijih emas mensona, kandungan emas sekitar 1,20 gram per ton bijih, tembaga sekitar 0,99%/ton bijih dan perak 2,32 gram per ton bijih (Adam 2005). Di alam, emas sering dijumpai, baik dalam keadaan bebas maupun dalam bentuk senyawanya, misalnya calaverite ( $\text{AuTe}_2$ ), sylvanite ( $\text{AuAgTe}_2$ ) dan petzite ( $[\text{AuAg}_2\text{Te}]$ ) (Marsden & House 2006). Proses pelarutan emas biasanya menggunakan sianida sebagai ligan menghasilkan ion kompleks  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  ( $K_{st} = 2 \times 10^{38}$ ). Pada proses tersebut, tidak hanya emas yang larut sebagai sianida tetapi juga tembaga dan perak yang terdapat dalam bijih emas membentuk ion kompleks  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$  ( $K_{st} = 10^{24}$ );  $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^-$  ( $K_{st} = 3,98 \times 10^{28}$ );  $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$  ( $K_{st} = 1,99 \times 10^{30}$ ) dan  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  ( $K_{st} = 1,26 \times 10^{21}$ );  $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^-$  ( $K_{st} = 6,31 \times 10^{21}$ );  $[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}$  ( $K_{st} = 5,01 \times 10^{20}$ ) (Jiang *et al.* 2001; Klein & Hurbult 1985). Oleh karena itu, perlu dilakukan pemisahan ion kompleks  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  dari ion logam sianida lain sehingga diperoleh emas murni.

Pemisahan ion kompleks  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  dapat dilakukan dengan menggunakan resin penukar anion yang dilusi dengan NaOH. Sementara ini resin merupakan bahan sintetik yang cukup mahal, sehingga perlu dicari bahan alternatif sebagai adsorben. Karbon aktif telah dikembangkan sebagai adsorben pada *recovery*  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  (Suzuki *et al.* 1991). Salah satu sumber karbon aktif adalah arang tempurung kelapa.

Karbon aktif merupakan adsorben yang bersifat non polar, sehingga lebih mudah mengadsorpsi molekul yang bersifat non polar. Oleh karena itu emas hasil pelindihan yaitu,  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ , yang bersifat polar, terlebih dahulu direaksikan dengan  $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{N})^+ \cdot \text{Br}^-]$ , menghasilkan  $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{N})^+ \cdot [\text{Au}(\text{CN})_2]^-]$  yang bersifat non polar. Reaksi pembentukan molekul  $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{N})^+ \cdot [\text{Au}(\text{CN})_2]^-]$  dipengaruhi oleh pH larutan, sehingga untuk mendesorpsi  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  kembali dapat dilakukan dengan mengatur pH desorpsi (Navarro *et al.* 2006). Pada proses desorpsi dilakukan penggantian  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  oleh  $\text{SCN}^-$ . Jumlah  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  yang dapat digantikan tergantung pada jumlah  $\text{SCN}^-$ .

Pada penelitian ini telah dilakukan optimasi pemisahan emas (I) sianida dari perak (I) dan tembaga (I) sianida yang meliputi pengaturan pH, pengaturan konsentrasi  $\text{SCN}^-$ , dan panjang kolom adsorpsi. Dari hasil penelitian diketahui bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa dapat digunakan sebagai adsorben pada pemurnian emas.

Kondisi optimum pemurnian emas dengan menggunakan sampel emas murni diperoleh pada pH adsorpsi 3, pH desorpsi 5, konsentrasi eluen ( $\text{SCN}^-$ ) 1 M dan panjang kolom 5 cm dengan berat karbon aktif 20 gram. Pada kondisi tersebut diperoleh *recovery* rata-rata emas sebesar 90,00%, perak 7,28% dan tembaga 4,93%, dengan menggunakan berbagai sampel bijih emas. Tingkat kemurnian emas maksimum mencapai 49,67%, tergantung pada konsentrasi emas, perak dan tembaga yang terkandung dalam sampel bijih emas.

\*Telp: +628179603028

Email: mulyasuryani@yahoo.com

## BAHATANMETODE

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini dengan derajat pro analis kecuali yang disebut khusus: larutan baku Au; Ag dan Cu masing-masing 1000 ppm, yang merupakan hasil pelarutan logam Au, Ag dan Cu standar, sampel bijih emas, cetyltrimethyl ammoniumbromide (CTAB), kalium sianida (KCN), kalium tiosianat (KSCN), asam asetat, asam borat, asam fosfat, ammonium hidroksida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) 25% (bj = 0,88 g/ml), karbon aktif granule, akuades.

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik merek Mettler AE166; bola hisap; seperangkat alat SSA merk Shimadzu AA 6200; pH meter merek Scott Gerat CG-820; kolom adsorpsi; pompa vakum; aerator; pengaduk magnet; serta peralatan gelas.

Pemisahan dilakukan dengan menggunakan kolom gelas dengan diameter 2,5 cm yang berisi karbon aktif dengan tinggi 5 cm. Untuk mengatur kecepatan alir eluen pada saat adsorpsi dan desorpsi digunakan pompa vakum. Pelarutan bijih emas, dilakukan dengan menambahkan larutan kalium sianida 0,5 M ke dalam serbuk bijih emas. Oksidasi dilakukan dengan mengalirkan udara menggunakan aerator (Heinen *et al.* 1978). Penentuan kadar emas, perak dan tembaga digunakan spektrofotometer serapan atom.

Adsorpsi pada saat optimasi menggunakan larutan bijih emas, sebanyak 1 l (20 gram dalam 1 l larutan sianida). Ke dalam larutan tersebut telah ditambahkan CTAB 0,5 mM. Adsorpsi dilakukan pada pH antara 3 hingga 7, desorpsi dilakukan pada pH antara 5 hingga 10. Larutan untuk desorpsi digunakan larutan  $\text{SCN}^-$  dalam buffer dengan pH bervariasi antara 5 hingga 9 sebanyak 20 ml. Konsentrasi  $\text{SCN}^-$  yang digunakan 1 M. Kecepatan alir desorpsi rata-rata berkisar antara antara 1–1,5 ml/menit.

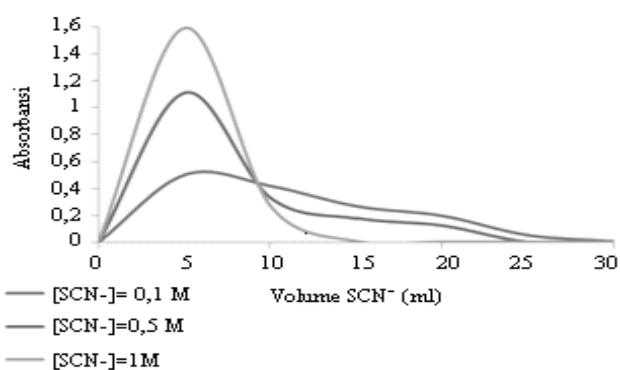
## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Penentuan konsentrasi  $\text{SCN}^-$  optimum.** Pengaturan konsentrasi  $\text{SCN}^-$  yang digunakan untuk desorpsi emas yang telah teradsorpsi di permukaan karbon aktif, bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pemekatan konsentrasi emas. Dalam proses tersebut molekul  $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{N})^+]$ .  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  yang telah terkonsentrasi dalam karbon aktif akan diganggu oleh adanya  $\text{SCN}^-$  pada pH yang berbeda dengan pH adsorpsi. Ion  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  akan tergantikan oleh  $\text{SCN}^-$ , menjadi  $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{N})^+]$ .  $[\text{SCN}]^-$ , yang teradsorpsi dalam karbon aktif. Terjadinya pergantian tersebut, sangat dimungkinkan, karena keelektronegatifan  $\text{SCN}^-$  lebih besar dari  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ . Seperti halnya pada optimasi pH desorpsi,

pada tahapan ini juga dilakukan dua tahap yaitu fraksinasi dan pengujian *recovery*. Pada tahap fraksinasi, hasil pengukuran absorbansi emas secara SSA, dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi  $\text{SCN}^-$  yang digunakan dapat meningkatkan nilai absorbansi yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah emas yang terdesorpsi dipengaruhi oleh konsentrasi  $\text{SCN}^-$ . Peningkatan konsentrasi  $\text{SCN}^-$  tidak dapat dilakukan melebihi 1 M, karena dapat menimbulkan peningkatan kekuatan ion larutan yang terlalu besar. Kekuatan ion larutan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya peningkatan penguraian ion  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  sehingga dapat mengganggu kesetimbangan adsorpsi-desorpsi.

Dari Gambar 1 diketahui bahwa pada konsentrasi  $\text{SCN}^-$  sebesar 1 M, nilai absorbansi sangat tinggi. Pada fraksi 15 ml, absorbansi emas mendekati nol, yang artinya sudah tidak ada emas yang dapat didesorpsi. sedangkan pada konsentrasi  $\text{SCN}^-$  0,1 dan 0,5 M, terjadi *tailing*. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah  $\text{SCN}^-$  pada kedua konsentrasi tersebut mempunyai kemampuan yang kurang maksimum untuk menggantikan  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ . Oleh karena itu pada tahap selanjutnya, dilakukan pengujian *recovery* pada 15 ml untuk setiap konsentrasi  $\text{SCN}^-$  yang digunakan.

Berdasarkan hasil fraksinasi dilakukan uji *recovery* (%), untuk setiap  $\text{SCN}^-$  pada 15 ml eluat pertama. Data *recovery* emas pada berbagai konsentrasi  $\text{SCN}^-$  ditampilkan pada Tabel 1. Berdasarkan data elusi dan data *recovery* dapat diketahui bahwa adanya peningkatan *recovery* emas dengan bertambahnya konsentrasi  $\text{SCN}^-$ . *Recovery* emas yang dihasilkan sebesar 47,63%, dengan menggunakan larutan  $\text{SCN}^-$  1 M pada saat desorpsi. Akan tetapi *recovery* emas yang dihasilkan masih kurang dari 50%. Hal ini mungkin disebabkan oleh kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi molekul  $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{N})^+]$ .  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  tidak sebanding dengan jumlah molekul tersebut. Pada kondisi



Gambar 1 Kurva hubungan volume  $\text{SCN}^-$  (ml) terhadap absorbansi emas hasil desorpsi yang diukur secara SSA, pada berbagai konsentrasi  $\text{SCN}^-$

ini digunakan jumlah karbon aktif sebanyak 6 gram (tinggi kolom 2 cm). Untuk meningkatkan *recovery* emas yang lebih besar dilakukan pengaturan jumlah karbon aktif yang digunakan.

**Penentuan panjang kolom optimum.** Berdasarkan hasil uji *recovery* emas, perak dan tembaga pada kondisi optimum emas, perlu dilakukan pengaturan kembali kondisi pemurnian emas dari sampel bijih emas. Konsentrasi SCN<sup>-</sup> dan pH merupakan faktor yang mempengaruhi kestabilan kompleks sianida. Pada kondisi pH optimum untuk emas, diasumsikan bahwa kompleks sianida yang paling stabil adalah [Au(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>. Oleh karena itu, pengaturan yang perlu dilakukan adalah panjang kolom. Dilakukan kembali adsorpsi larutan sampel, dan fraksinasi pada panjang kolom 2,5 cm; 5 cm dan 7,5 cm. Pengukuran absorbansi secara SSA dilakukan pada setiap 10 ml eluat yang keluar dari kolom. Berdasarkan harga absorbansi dari emas, perak dan tembaga, dengan menggunakan kurva baku, dapat dihitung *recovery* dari ketiga logam tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada panjang kolom 2,5 cm, jumlah tembaga yang diadsorpsi hanya mencapai 48%, sedangkan pada panjang kolom 5 cm, jumlah perak yang diadsorpsi kurang dari 50%. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa pada pH=4, yang paling banyak diadsorpsi adalah [(C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N)<sup>+</sup>. [Au(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>. Pada panjang kolom 7,5 cm, jumlah karbon aktif cukup memadai untuk mengadsorpsi semua molekul yang ada, sehingga baik perak maupun tembaga diadsorpsi dengan baik. *Recovery* emas, perak dan tembaga pada 20 ml eluat pertama, tercantum dalam Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada panjang kolom 2,5 cm, *recovery* emas mencapai 52,90%, akan tetapi masih terdapat perak dan tembaga. Hasil pemurnian mengandung 62% emas; 16% perak dan 22% tembaga. Dengan menggunakan panjang kolom 5 cm diperoleh 84% emas; 12% perak dan 3% tembaga, sedangkan pada panjang kolom 7,5 cm dihasilkan 41% emas; 8% perak dan 51% tembaga.

Tabel 1 Data *recovery* emas (%) pada berbagai konsentrasi SCN<sup>-</sup> yang digunakan pada saat desorpsi

[SCN <sup>-</sup> ] (M)	A	[Au] (ppm)	Massa Au (mg)	<i>Recovery</i> (%)
0,1	0,3922	19,51	0,29	29,27
0,5	0,5268	26,21	0,39	39,31
1,0	0,6383	31,76	0,48	47,63

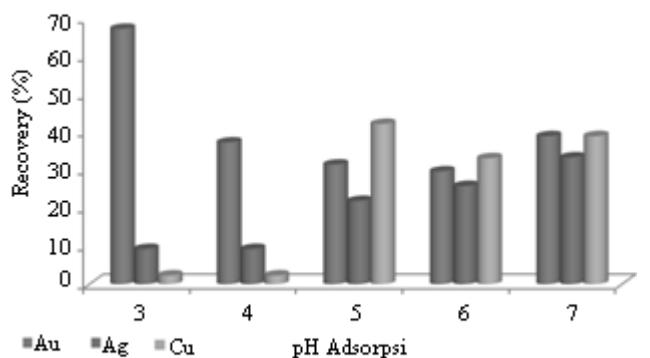
Tabel 2 Data *recovery* emas, perak dan tembaga dari sampel bijih emas pada berbagai panjang kolom

Unsur	<i>Recovery</i> (%)		
	l = 2,5 cm	l = 5 cm	L = 7,5 cm
Au	52,90	46,31	21,08
Ag	13,57	6,82	4,12
Cu	18,72	1,84	26,51

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa kadar emas yang paling baik dihasilkan pada panjang kolom 5 cm. Walaupun demikian, kemurnian emas masih lebih kecil dari 95%, sehingga perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan menggunakan sampel bijih emas yang lain.

**Pengaturan pH adsorpsi optimum.** Penentuan kondisi optimum pH adsorpsi dilakukan mengatur pH saat adsorpsi 1 l larutan sampel bijih, kemudian dilakukan desorpsi pada pH 6, Sesuai hasil penelitian terdahulu. Desorpsi dilakukan dengan menggunakan 20 ml larutan KSCN 1 M. Hasil *recovery* pada berbagai pH adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa pada proses adsorpsi dengan pH 3, emas dapat didesorpsi dengan baik pada pH 6. sedangkan perak dan tembaga tidak dapat didesorpsi. Hal ini mungkin terjadi karena pada pH 3, emas, perak dan tembaga berada sebagai ion kompleks [Au(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>; [Ag(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup> dan [Cu(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>. Pada kondisi ini ion kompleks paling tidak stabil adalah [Ag(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>, sehingga seharusnya yang paling mudah didesorpsi adalah [Ag(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>. Namun pada pH yang sedikit netral [Ag(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>, tanpa adanya CN<sup>-</sup> bebas dalam larutan dapat berubah menjadi Ag<sub>2</sub>O atau AgSCN (dalam larutan yang mengandung SCN<sup>-</sup>) yang dapat mengendap pada permukaan karbon aktif. Hal tersebut yang menyebabkan *recovery* perak menjadi rendah. Fenomena yang sama terjadi pada [Cu(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>, yang akan berubah menjadi Cu<sub>2</sub>O atau CuSCN (Marsden & House 2006). Dengan demikian pada adsorpsi pH 3, *recovery* yang paling besar adalah emas. Gejala yang sama terjadi pada adsorpsi pH 4. Terjadinya penurunan *recovery* emas pada pH 4, kemungkinan disebabkan oleh adanya sebagian tembaga dalam bentuk ion kompleks [Cu(CN)<sub>3</sub>]<sup>2-</sup>, sehingga pada saat desorpsi akan membentuk [Cu(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>. Hal tersebut akan terjadi kompetisi antara pertukaran [Au(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup> dan [Cu(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup> oleh SCN<sup>-</sup>, sehingga *recovery* emas sedikit menurun dan tembaga meningkat.



Gambar 2 Kurva pengaruh pH adsorpsi terhadap *recovery* emas, perak dan tembaga

Pada proses adsorpsi dengan pH 5, ion kompleks perak dan tembaga merupakan campuran dari  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  dan  $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}$  serta  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$  dan  $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ , diperkirakan ion kompleks  $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$  lebih banyak daripada  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$ , sehingga *recovery* tembaga lebih besar, dan sebaliknya untuk perak. Emas pada pH 5 tetap sebagai  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  dan lebih stabil dari pada  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$ , sehingga *recovery* emas lebih kecil daripada tembaga. Gejala yang hampir sama terjadi pada adsorpsi dengan pH 6, akan tetapi jumlah  $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}$  lebih banyak daripada  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ , sehingga *recovery* perak meningkat, lebih besar daripada *recovery* emas.

Pada adsorpsi pH 7, kemungkinan tembaga terdapat sebagai  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$ ;  $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$  dan  $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$ , yang dapat terdesorpsi sebagai  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$  dan  $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ , sehingga seolah-olah mempunyai dua puncak. Pada kondisi ini  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  akan semakin stabil sehingga sulit untuk didesorpsi yang mengakibatkan terjadinya *tailing*. Jumlah  $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}$  akan jauh lebih banyak daripada  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  sehingga pada saat desorpsi berubah menjadi  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ .

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa pH adsorpsi optimum *recovery* emas adalah pada pH 3. Pada kondisi tersebut *recovery* emas sebesar 67,34%, perak 9,26% dan tembaga 2,29%. Peningkatan pH dari 3 hingga 7 menurunkan *recovery* emas yaitu berkisar antara 29–39%. Adanya peningkatan pH adsorpsi dapat meningkatkan *recovery* perak dan tembaga. Hal ini dapat terjadi karena pH berpengaruh terhadap pembentukan kompleks sianida. Peningkatan pH larutan dapat mendorong terbentuknya ion kompleks sianida dan sebaliknya pada pH rendah kompleks sianida cenderung mengurai. Adanya perbedaan jumlah muatan ion kompleks dimungkinkan dapat mempengaruhi proses desorpsi sehingga dapat mempengaruhi harga *recovery*.

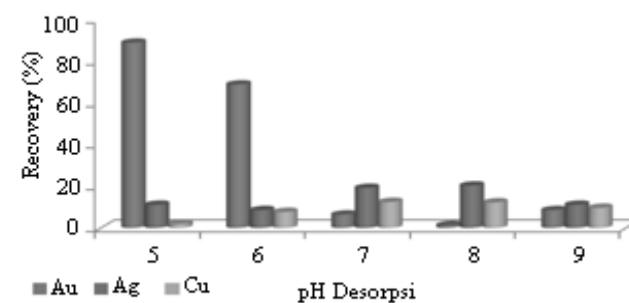
**Penentuan pH desorpsi optimum.** Pengaturan pH yang digunakan untuk desorpsi emas yang telah teradsorpsi di permukaan karbon aktif, bertujuan untuk meningkatkan *recovery* emas. Dalam proses tersebut molekul  $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{N})^+ \cdot [\text{Au}(\text{CN})_2]^-]$  yang telah terkonsentrasi dalam karbon aktif akan diganggu oleh adanya  $\text{SCN}^-$  pada pH yang berbeda dengan pH adsorpsi. Ion  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  akan tergantikan oleh  $\text{SCN}^-$ , menjadi  $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{N})^+ \cdot [\text{SCN}^-]]$ , yang teradsorpsi dalam karbon aktif. Pergantian tersebut dapat terjadi jika kestabilan ion  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  menurun dengan adanya perubahan pH (Grosse et al. 2003).

Proses adsorpsi dilakukan pada pH 3, pada kondisi ini ion-ion kompleks sianida dalam bentuk  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ ;  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  dan  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$ , yang kemudian direaksikan dengan CTAB. Molekul yang teradsorpsi pada permukaan karbon aktif adalah  $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{N})^+ \cdot \text{Au}(\text{CN})_2]^-$ ,  $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{N})^+ \cdot \text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  dan  $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{N})^+ \cdot [\text{Cu}(\text{CN})_2]^-]$ . Ion kompleks yang akan lebih dahulu ditukar oleh  $\text{SCN}^-$  adalah ion kompleks yang paling tidak stabil, dengan urutan kestabilan  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- < [\text{Cu}(\text{CN})_2]^- < [\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ .

Seperti halnya pada optimasi pH adsorpsi, pada tahapan ini juga dilakukan desorpsi dengan 20 ml larutan KSCN pada berbagai pH. Hasil pengukuran secara SSA dikonversi menjadi *recovery* berdasarkan konsentrasi emas, perak dan tembaga dalam larutan sampel bijih emas. Dari Gambar 3, diketahui bahwa jumlah emas terbanyak yang dapat didesorpsi dihasilkan pada pH 5. Pada pH tersebut, *recovery* emas > perak > tembaga, hal ini terjadi karena kestabilan  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  dan  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$  jauh lebih kecil daripada  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ , ion  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  dan  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$ .

Hasil desorpsi dapat terurai pada pH 5, membentuk AgSCN dan CuSCN dengan adanya larutan  $\text{SCN}^-$ . Kelarutan AgSCN ( $K_{sp}=1,1 \times 10^{-12}$ ) lebih besar daripada kelarutan CuSCN ( $K_{sp}=4 \times 10^{-14}$ ), akan tetapi keduanya dapat mengendap pada permukaan karbon aktif, akibatnya *recovery* perak dan tembaga sangat kecil dan *recovery* perak sedikit lebih besar daripada tembaga. Gejala yang sama terjadi pada pH 6, tetapi  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  lebih stabil, sehingga lebih sulit didesorpsi, maka *recovery* emas menurun.

Pada desorpsi pH 7 hingga 9, urutan ion kompleks yang didesorpsi berturut-turut adalah  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ ;  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$  dan  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ . akan tetapi pada media larutan yang tidak mengandung  $\text{CN}^-$  kemungkinan  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  dapat berubah menjadi  $\text{Ag}_2\text{O}$  ( $K_{sp}=3,8 \times 10^{-16}$ ) dan  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$  menjadi  $\text{Cu}_2\text{O}$  ( $K_{sp}=4 \times 10^{-30}$ ) sehingga keduanya mempunyai *recovery* yang rendah. Sedangkan  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  akan semakin stabil pada pH yang semakin basa sehingga semakin sulit untuk

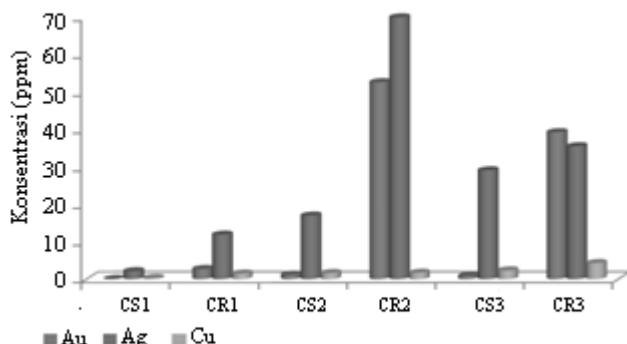


Gambar 3 Kurva pengaruh pH desorpsi terhadap *recovery* emas, perak dan tembaga

didesorpsi. Berdasarkan hasil optimasi pH desorpsi dapat diketahui bahwa *recovery* emas terbesar dihasilkan pada desorpsi dengan pH 5, pada kondisi tersebut *recovery* emas 88,87%; perak 11,11% dan tembaga 2,02%.

**Pengujian *recovery* emas dari berbagai sampel bijih emas.** Dari penentuan kondisi optimum diketahui bahwa *recovery* emas tertinggi dihasilkan pada adsorpsi pH 3, desorpsi pH 5. Sampel bijih merupakan serbuk 100 mesh, dilarutkan dalam larutan 0,5 M KCN, pelarutan atau *leaching* memerlukan oksigen, dengan lama pelarutan 48 jam. Untuk mengetahui kadar emas dalam bijih, dilakukan pengukuran absorbansi emas secara SSA pada larutan sampel bijih emas. Selain itu, dalam bijih emas terkandung pula perak dan tembaga yang dapat terlarutkan dengan KCN kompleks perak (I) sianida dan tembaga (I) sianida, oleh karena itu perlu diukur kadar perak dan tembaga yang terdapat dalam sampel.

Berdasarkan Gambar 4, diketahui bahwa konsentrasi emas, perak dan tembaga hasil *recovery* lebih besar daripada konsentrasi sampel. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi pemekatan konsentrasi dari ketiga logam tersebut. Adanya pemekatan konsentrasi mengindikasikan adanya akumulasi yang disebabkan oleh proses adsorpsi oleh karbon aktif. Pemekatan terjadi karena ion-ion kompleks logam yang teradsorpsi pada pH 3, dapat mengurai pada pH 5, sehingga terjadi desorpsi. Desorpsi berlangsung cepat oleh karena itu dengan menggunakan 20 ml larutan SCN<sup>-</sup>, ketiga ion tersebut dapat keluar dari kolom. Tingkat pemekatan konsentrasi emas rata-rata mencapai 45 kali, sedangkan untuk perak dan tembaga 3 dan 2 kali konsentrasi semula. Perbedaan tingkat pemekatan mungkin disebabkan oleh adanya perbedaan kestabilan kompleks antara ketiga ion kompleks sianida tersebut. Ion kompleks Au(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup> merupakan kompleks sianida yang paling stabil sedangkan Ag(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup> paling tidak stabil, akan tetapi konsentrasi perak dalam ketiga sampel bijih emas paling tinggi, sehingga tingkat pemekatan perak lebih besar daripada tembaga.

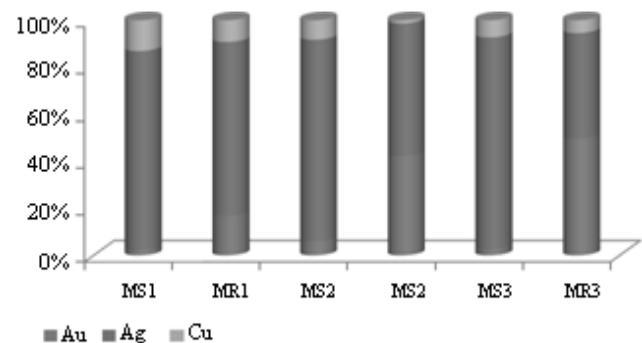


Gambar 4 Kurva konsentrasi emas, perak dan tembaga pada sampel (CS) dan hasil *recovery* (CR) pada berbagai jenis sampel

Persentase massa emas hasil *recovery* mengalami peningkatan dibandingkan persentase dalam sampel bijih emas. Untuk ketiga sampel bijih emas yang digunakan diketahui bahwa persentase yang paling tinggi dalam bijih emas adalah perak, sedangkan emas mempunyai persentase paling rendah. Hasil *recovery* persentase emas mengalami peningkatan yang cukup besar (Gambar 5). Pada sampel 1 (MS1) persentase emas dalam sampel sangat kecil, hanya 2%. Setelah *recovery* meningkat menjadi 16%, sedangkan persentase perak dan tembaga menurun. Pada sampel 2 dan 3 (MS2 dan MS3) persentase massa emas meningkat mendekati 50% (MR2 dan MR3), sedangkan perak menurun cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemurnian sangat selektif terhadap emas.

Berdasarkan dari hasil pengujian dapat diketahui % *recovery* rata-rata dari emas, perak dan tembaga masing 90,00; 7,28 dan 4,93%. Dengan menggunakan sampel bijih emas berkadar rendah pada sampel 1, tingkat kemurnian emas meningkat dari 2,37% menjadi 16,88%. Apabila konsentrasi emas dalam sampel bijih meningkat maka tingkat kemurnian emas hasil pemisahan meningkat secara signifikan, hal ini terlihat pada sampel bijih 2 dan 3 yaitu dari 5,98 menjadi 42,34% dan dari 2,6 menjadi 49,67%. Tingkat kemurnian emas yang dihasilkan sangat bergantung pada konsentrasi logam-logam lain dalam hal ini perak dan tembaga, yang terkandung dalam sampel bijih emas.

Dengan demikian metoda pemurnian yang dikembangkan cukup selektif untuk pemurnian emas. Walaupun demikian, karena dalam sampel bijih emas kadar yang paling tinggi adalah perak, maka hasil pemisahan belum menghasilkan emas murni 100%. Untuk mencapai tingkat kemurnian tersebut perlu dilakukan proses pemisahan berulang kali, sehingga dihasilkan persentase massa emas mendekati 100%. Hal lain yang mungkin dapat dilakukan adalah dengan mengembangkan teknik pelarutan bijih emas serta mengembangkan material baru adsorben, sebagai contoh menggunakan kitosan sebagai bahan dasar.



Gambar 5 Kurva persentase massa emas, perak dan tembaga dalam sampel (MS) dan hasil *recovery* (MR), pada berbagai sampel

### SIMPULAN

Karbon aktif dari tempurung kelapa dapat digunakan sebagai adsorben pada *recovery* emas yang berasal dari bijih emas berkadar rendah. *Recovery* emas maksimum diperoleh pada konsentrasi eluen ( $\text{SCN}^-$ ) 1 M dan panjang kolom 5 cm (berat karbon aktif 20 gram). Hasil uji *recovery* emas, perak dan tembaga pada sampel bijih emas yang mengandung 0,06 ppm emas, 2,14 ppm perak dan 0,88 ppm tembaga adalah 46,05%; 11,85% dan 36,98 %.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa pada proses adsorpsi *recovery* emas maksimum diperoleh pada pH 3 dan pada proses desorpsi pH 5. Pada kondisi tersebut diperoleh *recovery* rata-rata emas sebesar 90,00%, perak 7,28% dan tembaga 4,93%, dengan menggunakan berbagai sampel bijih emas. Tingkat kemurnian emas maksimum mencapai 49,67%, tergantung pada konsentrasi emas, perak dan tembaga yang terkandung dalam sampel bijih emas.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai melalui *Penelitian Hibah Bersaing XIV* tahun anggaran 2006 (Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian No : 323/SP3/PP/DP2M/II/2006) dan

2007 (Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian No : 017/SP2H/PP/DP2M/III/2007).

### DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M.D.Ed.** 2005. *Advances in Gold Processing*, Mutis Liber Pty Ltd., Guildford, WA, Australia.
- Adiwilaga, S.** 1991. A study of gold adsorption from Cimanggu thiosulfate solution by coconut shell activated carbon, *Teknologi Indonesia* **14**: 1-11.
- Grosse, A.C., Dicoski, G.W., Shaw, M.J. & Haddad, P.R.** 2003. Leaching and recovery of gold using ammoniacal thiosulfate leach liquors (a review), *Hydrometallurgy* **69**: 1-21.
- Heinen, J.D., Peterson, G. & Lindstrom, R.E.** 1978. Processing Gold ores Using heap Leachcarbon Adsorption Methods, *Bureau of Mines*, U.S. Dept. of the Interior, Washington.
- Jiang, T., Zhang, Y., Yang, Y. & Huang, Z.** 2001. Influence of copper minerals on cyanide leaching of gold, *Journal of Central South University of Technology* **8**: 24-28.
- Klein, C. & Hurlburt, C.S.** 1985. *Manual of Mineralogy*, 20<sup>th</sup> ed., John Wiley; Sons Inc., New York.
- Marsden, J.O. & House, C.L.** 2006. *The Chemistry of Gold Extraction*, 2<sup>nd</sup> ed., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Colorado; USA. Inc.
- Navarro, P., Vargasa, C., Alonsob, M. & Alguacilb, F.J.** 2006. The adsorption of gold on activated carbon from thiosulfate-ammoniacal solutions, *Gold Bulletin* **36**: 93-97.
- Suzuki, M., Matsumoto, Z. & Fukui, T.** 1991. Activated carbon for recovery of gold, *American Patent* 5019162.
- Wei, S., Li, Zh. & Yaping, Zh.** 2006. Preparation of microporous activated carbon from raw coconut, *Chinese Journal Chemical Engineering* **14**: 266-269.