

PENGARUH PERBANDINGAN KONSENTRASI TBP : D2EHPA DAN KONSENTRASI PENGEMBAN DALAM FASA ORGANIK PADA EKSTRAKSI PERAK DARI LIMBAH FOTO ROENTGEN

Novita Rusmayanti A.P¹, Yeti Kurniasih², & Ahmadi³

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia FPMIPA IKIP Mataram

^{2&3}Dosen Program Studi Pendidikan Kimia FPMIPA IKIP Mataram

E-mail: vhyputriandika201194@gmail.com¹, yeti_kurniasih2000@yahoo.com²
ahmadi_kim@yahoo.co.id³

ABSTRACT : Photo *roentgen* used for examination of internal organs can produce wastes that are harmful to health and the environment because they containing silver metal ion (Ag^+) in form of silver thiosulfate complex ($[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$). Therefore it was necessary for the separation of Ag metal so that the metal does not pollute the environment and can be used economically. One way to separate the metal Ag is by solvent extraction techniques. This study aimed to determine the effect of concentration ratio of TBP : D2EHPA and carrier compound concentration in the organic phase of the percent extraction of silver metal then applied to the sample photo *roentgen* waste. Extraction of the metals Ag done by varying the ratio of the combined carrier concentration of TBP and D2EHPA in kerosene by concentration ratio was 0: 1; 0.25: 0.75; 0.5: 0.5; 0.75: 0.25 and 1: 0 M as well as by varying the carrier concentration in the organic phase ranging from 0 M; 0.5 M; 1 M and 1.5 M. Measuring the concentration of metal ions Ag^+ in water phase before and after extraction was determined by atomic absorption spectrophotometer (AAS) at a wavelength of 328,22 nm then calculated percent extraction. Based on the research that obtained the highest percent extraction on single used carrier compounds and compound concentration carrier D2EHPA in optimum water was 0.5 M with 58.22% percent extraction. Applications optimum conditions to the extraction of silver metal obtained from photo *roentgen* waste percent extraction was 10.27%.

Keywords: Solvent Extraction, Photo Roentgen waste, D2EHPA, TBP

PENDAHULUAN

Foto *roentgen* adalah suatu teknik yang digunakan untuk mencitrakan bagian dalam organ atau suatu jaringan sel pada tubuh tanpa membuat sayatan atau luka. Film *klise* dari foto *roentgen* banyak mengandung bahan-bahan kimia, salah satu diantaranya adalah lapisan perak (Ag) dalam bentuk halida yaitu AgBr (Santoso, 2010). Pada proses memfiksasi foto digunakan natrium tiosulfat untuk melarutkan endapan perak halida. Perak halida akan terlarut membentuk garam kompleks perak tiosulfat ($[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$). Perak yang terlarut dalam bentuk garam kompleks inilah yang membuat limbah foto *roentgen* berbahaya jika dibuang langsung ke lingkungan yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Meskipun demikian logam perak juga memiliki nilai ekonomis yang sangat tinggi. Sehingga sangatlah bermanfaat apabila dilakukan pemisahan logam perak dari limbah foto *roentgen*. Selain diharapkan dapat mengurangi beban lingkungan dari pencemaran logam juga diharapkan logam perak hasil pemisahan dapat dimanfaatkan kembali karena memiliki nilai jual yang tinggi.

Untuk memisahkan logam perak dari limbah foto *roentgen* yang diinginkan, diperlukan adanya suatu teknik pemisahan yang efektif dan efisien. Ekstraksi pelarut merupakan salah satu pilihan yang baik dan tepat. Hal ini dikarenakan teknik ekstraksi pelarut merupakan salah satu teknik pemisahan sederhana yang dapat dilakukan secara cepat dan bersih baik untuk zat organik maupun zat anorganik. Selain itu teknik ini bersifat fleksibel, artinya dapat didesain untuk skala kecil maupun industri dan peralatan yang digunakan juga sederhana yaitu hanya dengan menggunakan corong pisah serta faktor pemisahan yang tinggi dan dapat dipakai untuk memisahkan ion-ion logam dari kadar rendah sampai tinggi.

Penelitian pemisahan logam perak dari limbah foto *roentgen* dengan teknik ekstraksi pelarut telah dilakukan oleh Linda Fitria (2011) dan Nita Tri Wahyuningsih (2011). Linda Fitria menggunakan pengemban Tributyl Fosfat (TBP) dalam toluen dengan persen ekstraksi yang didapatkan sebesar 15,88 % sedangkan Nita Tri Wahyuningsih menggunakan pengemban asam di-2-etilheksilfosfat (D2EHPA) dalam toluen dengan persen ekstraksi yang didapatkan sebesar 9,74 %. Berdasarkan hasil penelitian

tersebut, persen ekstraksi yang dihasilkan belum optimal. Untuk memperoleh persen ekstraksi yang optimal dapat diupayakan dengan penggunaan senyawa pengemban gabungan TBP dan D2EHPA. Penggunaan pengemban gabungan ini diharapkan dapat memberikan efek sinergis yang akan meningkatkan persen ekstraksi dan meningkatkan selektivitasnya. Molekul TBP dan D2EHPA masing-masing mempunyai gugus fosfat dan pada D2EHPA juga terdapat gugus hidroksil. Efek sinergis dihasilkan apabila salah satu pengemban yaitu berupa asam yang dapat menetralkan muatan positif ion logam dan pengemban lainnya bersifat netral sehingga dapat mensolvasi kompleks yang terbentuk. Pada penggunaan senyawa pengemban gabungan ada beberapa faktor yang mempengaruhi, diantaranya adalah perbandingan konsentrasi masing-masing pengemban dalam larutan pengemban gabungan serta konsentrasi pengemban dalam fasa organik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan perbandingan dan konsentrasi senyawa pengemban yang memberikan hasil ekstraksi optimal.

Pemilihan pelarut merupakan hal yang penting dalam ekstraksi pelarut. Hal ini karena apabila pelarut yang digunakan kurang tepat akan menyebabkan sukarnya proses pemindahan solut dari fasa air ke fasa organik. Dalam penelitian ini digunakan kerosin sebagai pelarut senyawa pengemban karena selain murah dan mudah didapatkan, pelarut ini juga memiliki kelarutan yang rendah dalam fasa air jika dibandingkan dengan pelarut organik lain.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pemisahan logam perak dari limbah foto *Roentgen* dengan teknik ekstraksi pelarut pada variabel perbandingan konsentrasi TBP : D2EHPA dan konsentrasi pengemban dalam fasa organik guna mendapatkan perbandingan konsentrasi TBP : D2EHPA dan konsentrasi pengemban yang optimum untuk pemisahan logam perak sehingga dapat diaplikasikan pada limbah foto *roentgen* dari RSUD Provinsi NTB sebelum terbuang dan mencemari lingkungan.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen di laboratorium. Sampel penelitian ini yakni limbah foto *roentgen* yang diambil dari Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Provinsi NTB yang berlokasi di jalan Prabu Rangarsari Dasan Cermen Mataram. Variabel bebas dalam penelitian ini yakni perbandingan konsentrasi TBP : D2EHPA dan konsentrasi pengemban dalam fasa

organik sedangkan variabel terikatnya yakni persen ekstraksi logam perak.

Adapun teknik pengumpulan data diambil dari hasil analisis kimia yang dilakukan di laboratorium. Pengukuran konsentrasi Ag dalam fasa air sebelum dan sesudah proses ekstraksi ditentukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan lampu katoda Ag pada panjang gelombang 328,22 nm. Perhitungan konsentrasi Ag dilakukan dengan metode kurva kalibrasi. Persen ekstraksi dihitung dengan rumus :

$$\% E = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

% E = persen ekstraksi

A = Konsentrasi Ag awal dalam fasa air

B = Konsentrasi Ag akhir dalam fasa air

Data hasil penelitian dapat dianalisis menggunakan teknik statistik deskriptif. Untuk mencari kuatnya hubungan antara dua variabel, dalam statistik deskriptif ini dilakukan melalui teknik analisa korelasi (Sugiyono, 2015). Jika r hitung > r tabel dengan taraf signifikan 5% menunjukkan adanya korelasi antara dua variabel. Adapun kriteria interpretasi terhadap koefisien korelasi yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Interpretasi Nilai r

Interval Koefisien	Kategori
0,000 – 0,199	Sangat rendah
0,200 – 0,399	Rendah
0,400 – 0,599	Sedang
0,600 – 0,799	Kuat
0,800 – 1,000	Sangat kuat

HASIL dan PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Penentuan Perbandingan Konsentrasi TBP : D2EHPA dalam Fasa Organik

Untuk mempelajari pengaruh perbandingan konsentrasi senyawa pengemban TBP dan D2EHPA pada ekstraksi perak terhadap persen ekstraksi yang dihasilkan dilakukan dengan cara memvariasikan perbandingan konsentrasi senyawa pengemban TBP dan D2EHPA. Pada percobaan ini sebagai fasa air adalah 25 mL larutan Ag \pm 20 ppm, sedangkan sebagai fasa organik adalah 10 mL larutan pengemban gabungan TBP dan D2EHPA dalam kerosin dengan konsentrasi total dibuat konstan 1M sedangkan yang divariasikan adalah

perbandingan konsentrasi pengemban TBP dan D2EHPA. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 2 :

Tabel 2. Pengaruh Perbandingan Konsentrasi TBP : D2EHPA terhadap Persen Ekstraksi Logam Perak

Perbandingan Konsentrasi TBP : D2EHPA (M)	Konsentrasi Ag awal (ppm)	Konsentrasi Ag sisa (ppm)	% Ekstraksi
0 : 1	24,48	11,43	53,33
0,25 : 0,75	24,48	13,85	43,42
0,5 : 0,5	24,48	15,27	37,62
0,75 : 0,25	24,48	16,37	33,13
1 : 0	24,48	17,64	27,94

Berdasarkan tabel 2 persen ekstraksi logam perak terbesar diperoleh pada penggunaan senyawa pengemban tunggal D2EHPA yaitu 53,33 %. Sedangkan dengan penggunaan senyawa pengemban gabungan TBP dan D2EHPA persen ekstraksi logam perak mengalami penurunan. Adapun persen ekstraksi logam perak terendah terdapat

Tabel 3. Analisis Korelasi Perbandingan Konsentrasi TBP : D2EHPA terhadap Persen Ekstraksi Logam Perak

r_{hitung}	$r_{tabel} (5 \%)$	Keputusan
0,9724	0,878	$r_{hitung} > r_{tabel}$ 0,9724 > 0,878

Berdasarkan tabel 3 di atas diperoleh $r_{hitung} > r_{tabel}$ yaitu sebesar 0,9724 yang berarti terbukti adanya korelasi yang kuat antara perbandingan konsentrasi TBP : D2EHPA dalam fasa organik terhadap persen ekstraksi logam perak. Semakin besar angka koefisien korelasi, maka semakin kuat korelasi kedua variabel yang dikorelasikan.

2. Penentuan Konsentrasi Optimum Pengemban dalam Fasa Organik terhadap Persen Ekstraksi

Penambahan senyawa pengemban pada fasa organik bertujuan

Tabel 4. Pengaruh Konsentrasi D2EHPA dalam Fasa Organik terhadap Persen Ekstraksi Logam Perak

Konsentrasi D2EHPA (M)	Konsentrasi Ag awal (ppm)	Konsentrasi Ag sisa (ppm)	% Ekstraksi
0	22,33	18,76	15,99
0,5	22,33	9,33	58,22
1	22,33	9,62	56,92
1,5	22,33	15,05	32,74

3. Aplikasi Kondisi Optimum Untuk Ekstraksi Logam Perak dari Limbah Foto Roentgen

pada penggunaan senyawa pengemban tunggal TBP.

Untuk mengetahui adanya korelasi antara perbandingan konsentrasi TBP : D2EHPA terhadap persen ekstraksi logam perak dapat dilakukan uji analisis korelasi. Adapun hasil analisis korelasi secara ringkas dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini :

untuk meningkatkan persen ekstraksi. Dari percobaan I diperoleh bahwa persen ekstraksi paling besar didapatkan pada pengemban tunggal D2EHPA saja. Untuk menentukan konsentrasi optimum D2EHPA dalam fasa organik pada ekstraksi perak terhadap persen ekstraksi yang dihasilkan dilakukan melalui percobaan dengan memvariasikan konsentrasi D2EHPA dalam fasa organik mulai dari 0 M ; 0,5 M ; 1 M dan 1,5 M. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4 :

Konsentrasi ion logam perak dalam limbah foto roentgen masih sangat tinggi yaitu mencapai 8000 ppm dengan

pH = 4, sehingga untuk mendekati konsentrasi Ag optimum maka sampel perlu diencerkan sebanyak 400 kali. Larutan limbah yang diperoleh dari hasil pengenceran ini mempunyai konsentrasi

± 20 ppm dengan pH = 5. Hasil pengukuran konsentrasi Ag pada limbah sebelum dan sesudah ekstraksi dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini :

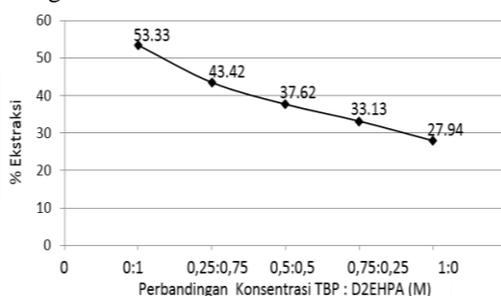
Tabel 5. Persen Ekstraksi Logam Ag dalam Sampel

Pengulangan	Konsentrasi Ag awal	Konsentrasi Ag sisa	% Ekstraksi	% Ekstraksi rata-rata
1	25.48	22.78	10.60	10.27
2	25.48	22.95	9.93	

B. Pembahasan

Penentuan Perbandingan Konsentrasi TBP : D2EHPA dalam Fasa Organik

Berdasarkan analisis korelasi, perbandingan konsentrasi TBP : D2EHPA dalam fasa organik berpengaruh terhadap persen ekstraksi logam perak. Hubungan antara perbandingan konsentrasi TBP : D2EHPA dalam fasa organik terhadap persen ekstraksi logam perak dapat dilihat pada gambar 1 :



Gambar 1. Grafik Pengaruh Perbandingan Konsentrasi TBP : D2EHPA terhadap Persen Ekstraksi Logam Perak

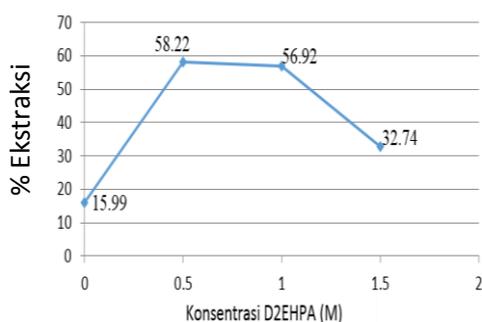
Berdasarkan gambar 1 di atas dapat dilihat bahwa semakin besar perbandingan konsentrasi TBP : D2EHPA, persen ekstraksi yang diperoleh menurun. Itu berarti bahwa pada larutan pengemban dengan fraksi TBP yang besar atau fraksi D2EHPA lebih kecil dibandingkan fraksi TBP, jumlah perak yang terekstraksi ke fasa organik kecil. Hal ini disebabkan oleh kemampuan TBP dalam mengekstraksi perak lebih kecil dibandingkan D2EHPA karena mekanisme ekstraksi pada TBP yang hanya bersifat solvasi sedangkan dengan D2EHPA ion Ag⁺ terikat sebagai senyawa kompleks yang lebih stabil. Dalam ekstraksi, senyawa pengemban D2EHPA berperan sebagai pengompleks ion Ag⁺ pada fasa air dengan pembentukan senyawa kompleks, sehingga akan menetralkan muatan positif ion logam setelah terdisosiasi melepaskan

ion H⁺nya dalam mengikat ion Ag⁺ dengan membentuk senyawa kompleks. Sedangkan TBP yang berperan sebagai pengemban netral yang mensolvasi kompleks yang telah terbentuk antara D2EHPA dengan logam perak dapat terdistribusi ke fasa organik dengan meningkatkan kelarutan dari senyawa kompleks yang telah terbentuk antara D2EHPA dengan logam perak (Ritcey dan Ashbrook, dalam Djunaidi 2006).

Berdasarkan grafik tersebut, persen ekstraksi terbesar diperoleh pada penggunaan senyawa pengemban tunggal D2EHPA yaitu 53,33 %. Sedangkan penggunaan senyawa pengemban gabungan TBP dan D2EHPA diperoleh persen ekstraksi yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan masing-masing pengemban dalam bentuk tunggalnya. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan gabungan 2 senyawa pengemban tersebut tidak menghasilkan efek sinergis dalam mengekstraksi logam perak. Tidak adanya efek sinergis ini kemungkinan disebabkan adanya kenaikan interaksi antara D2EHPA dengan TBP melalui ikatan hidrogen. Interaksi ini terjadi antara ligan netral dengan ligan bermuatan (De, Anil K dalam Cholid Djunaidi 2006).

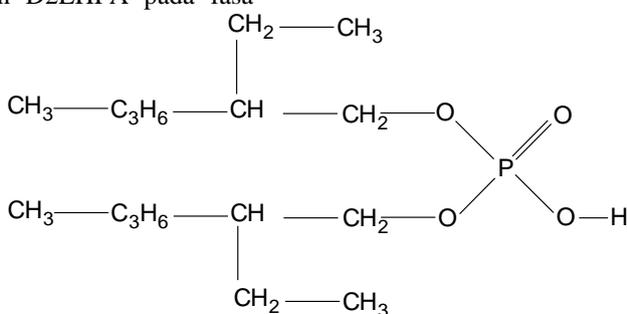
Penentuan Konsentrasi Optimum Pengemban dalam Fasa Organik terhadap Persen Ekstraksi

Penambahan senyawa pengemban dalam fasa organik bertujuan untuk meningkatkan persen ekstraksi. Hubungan antara konsentrasi pengemban D2EHPA terhadap persen ekstraksi logam perak dapat dilihat pada gambar 2 :



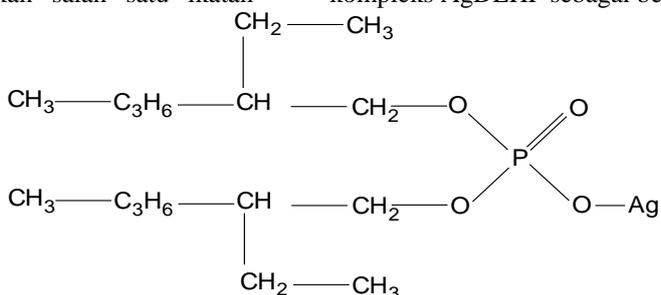
Gambar 2. Grafik Pengaruh Konsentrasi D2EHPA dalam Fasa Organik terhadap Persen Ekstraksi Logam Perak

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan senyawa pengemban D2EHPA pada fasa



Gambar 3. Struktur D2EHPA (Di-2-ethylhexylphosphoric acid)

Senyawa D2EHPA merupakan senyawa yang bersifat asam berbasas satu, sehingga bisa dituliskan sebagai HDEHP (asam di-etil heksil posfat) yang dapat melepaskan ion H^+ . Saat pembentukan kompleks dengan ion logam Ag^+ , senyawa ini akan memutuskan salah satu ikatan



Gambar 4. Struktur kompleks AgDEHP

Aplikasi Kondisi Optimum Untuk Ekstraksi Logam Perak dari Limbah Foto Roentgen

Pada tahap aplikasi ini, konsentrasi ion logam perak dalam limbah foto roentgen

organik persen ekstraksi mengalami peningkatan. Terjadinya kenaikan persen ekstraksi disebabkan karena jumlah molekul D2EHPA untuk mengikat ion Ag^+ membentuk senyawa kompleks juga semakin banyak. Hal tersebut menyebabkan jumlah ion Ag^+ yang terekstraksi ke dalam fasa organik meningkat. Konsentrasi D2EHPA optimum diperoleh pada konsentrasi 0,5 M dengan persen ekstraksinya sebesar 58,22 %. Namun pada konsentrasi yang lebih tinggi dari 0,5 M terjadi penurunan persen ekstraksi. Hal ini disebabkan karena viskositas dalam fasa organik semakin tinggi sehingga ion Ag^+ sulit menembus ke dalam fasa organik.

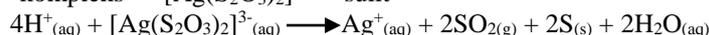
Dalam ekstraksi D2EHPA berperan sebagai pengompleks ion logam Ag^+ . Struktur D2EHPA sebagai berikut :

hidrogen dari gugus hidroksinya. HDEHP yang kehilangan ion H^+ akan bermuatan negatif dan dalam kondisi ini ion Ag^+ akan menggantikan atom hidrogen yang terlepas untuk membentuk struktur kompleks AgDEHP (De, Anil K 1970). Struktur kompleks AgDEHP sebagai berikut :

masih sangat tinggi yaitu mencapai 8000 ppm dengan $\text{pH} = 4$, sehingga untuk mendekati konsentrasi Ag optimum maka sampel perlu diencerkan sebanyak 400 kali

sehingga diperoleh larutan limbah dengan konsentrasi ± 20 ppm dan pH 5.

Berdasarkan hasil penelitian seperti pada tabel 5, dapat dilihat bahwa persen ekstraksi yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan persen ekstraksi menggunakan logam Ag murni pada saat optimasi yaitu sebesar 58,22%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena perak dalam limbah foto *roentgen* berada dalam bentuk kompleks $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ dengan pH 5 dimana kondisinya sangat stabil, sehingga ikatan kompleks $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ sulit



Pada pH rendah, ion Ag^+ dalam keadaan bebas akan semakin banyak jumlahnya karena terjadi penguraian kompleks Ag-thiosulfat, sehingga pada pH rendah D2EHPA akan semakin mudah untuk mengkomplekskan ion Ag^+ dari limbah foto *roentgen* tersebut. Pada penelitian ini tidak dilakukan optimasi pH fasa air, dimana larutan limbah yang diekstraksi berada pada pH 5 sehingga ikatan kompleks Ag-thiosulfat dalam limbah ini sulit untuk diputuskan. Karena ikatan kompleks yang kuat, maka ion Ag^+ yang terekstraksi kedalam fasa organik sangat sedikit. Selain itu juga kemungkinan pada sampel limbah foto *roentgen* ini masih terdapat ion-ion pengotor lain seperti natrium tiosulfat serta natrium bromida yang mengganggu distribusi Ag^+ ke fasa organik.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal yaitu sebagai berikut :

1. Perbandingan konsentrasi TBP : D2EHPA dalam fasa organik pada ekstraksi logam perak berpengaruh terhadap persen ekstraksi logam perak. Semakin besar perbandingan konsentrasi TBP : D2EHPA dalam fasa organik dengan konsentrasi total dibuat konstan, persen ekstraksi logam perak yang dihasilkan kecil. Persen ekstraksi tertinggi didapatkan pada penggunaan senyawa pengemban tunggal D2EHPA yaitu 53,33 %.
2. Konsentrasi pengemban berpengaruh terhadap persen ekstraksi logam perak. Konsentrasi D2EHPA optimum dalam fasa organik pada ekstraksi logam perak adalah 0,5 M dengan persen ekstraksi 58,22 %.
3. Aplikasi kondisi optimum ekstraksi terhadap limbah foto *roentgen* diperoleh persen ekstraksi = 10,27 %.

diputuskan oleh ligan D2EHPA dari fasa organik. Penguraian kompleks $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ ini dapat terjadi pada pH rendah yaitu pH 2,5 (Djunaidi, dkk 2007). Hal ini dikarenakan pada pH rendah kompleks $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ berada dalam kondisi tidak stabil dan mengalami penguraian dengan pembentukan koloidal sulfur dan sulfur oksida, sebagaimana persamaan reaksi berikut (Songkroah et al, dalam Djunaidi, dkk 2007) :

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diajukan beberapa saran, antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh parameter lain pada ekstraksi pelarut, seperti pengaruh pH dan lama pengocokan terhadap persen ekstraksi logam perak.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang ekstraksi logam perak dengan menggunakan senyawa pengemban sinergi yang lain.

DAFTAR RUJUKAN

- De, A. K., Khopkar S.M. dan Chalmers R.A., 1970. *Solvent extraction of Metal*. Van Nostrand Reinhold, London, pp.164-174.
- Djunaidi, M.C., dan Gunawan. 2006. "Ekstraksi Zn (II) dan Cu (II) dengan Ekstraktan Di-2-Ethylhexyl Phosphate Acid-Tri Buthyl Phosphate". *J.Alchemy*, Vol. 5, No. 1 Hal : 60-67. ISSN 1412-4092.
- Djunaidi, M.C., dkk. 2007. "Recovery Perak dari Limbah Fotografi Melalui Membran Cair Berpendukung dengan Senyawa Pembawa Asam Di-2-Etil Heksilfosfat (D2EHPA)". *Reaktor*, Vol.11 No.2 Hal : 98-103.
- Fitria, Linda. 2011. "Recovery Logam Perak (Ag) Dari Limbah Foto Roentgen Dengan Menggunakan Teknik Membran Cair Emulsi Menggunakan Senyawa Pengemban Tri Butil Fosfat". Skripsi, IKIP Mataram, Mataram.
- Hadikawuryan, D.S. 2005. "Pemisahan Logam Perak (I) Menggunakan Membran Cair Emulsi (ELM) dengan Pembawa Sinergi". Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kurniasih, Yeti., dkk. 2012. "Pemisahan Logam Perak Dari Limbah Foto

- Roentgen Dengan Teknik Ekstraksi Pelarut Menggunakan Senyawa Pengemban TBP dan D2EHPA (Implementasi Pembelajaran Mata Kuliah Pemisahan Analitik)*". Prosiding Seminar Nasional Sains 2012 Reorientasi Pembelajaran Sains.
- Santoso., Imam dan Buchori. 2010. "Pengaruh Matriks Terhadap Persen Ekstraksi Perak (I) Dari Limbah Cuci/Cetak Foto Dengan Menggunakan Teknik Pemisahan Emulsi Membran Cair". Indonesian Journal Of Chemistry.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, R & D*. Bandung : Alfabeta.
- Tri Wahyuningsih, Nita. 2011. "Recovery Logam Perak (Ag) Dari Limbah Foto Roentgen Dengan Menggunakan Teknik Ekstraksi Pelarut Menggunakan Senyawa Pengemban Tri Butil Fosfat". Skripsi, IKIP Mataram, Mataram.