

PROSES *STRIPPING* UNTUK PEMISAHAN URANIUM DARI SOLVEN TBP-HEKSANA

Ngatijo¹, Banawa Sri Galuh¹, Rahmiati¹, Torowati¹

¹Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir
Badan Tenaga Nuklir Nasional, Setu, Banten Indonesia 15346

Email : ngatijo@batan.go.id

ABSTRAK Telah dilakukan proses *stripping* untuk pemisahan uranium dari solven TBP-heksana hasil ekstraksi uranium pada preparasi analisis unsur pengotor dalam uranium oksida. Proses *stripping* pada pemisahan uranium dari fasa organik ke fasa air, bertujuan agar uranium dapat diendapkan dan dikonversi kembali menjadi uranium oksida. Kegiatan ini dilakukan untuk mendapatkan larutan yang efektif untuk proses *stripping*, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam pengolahan limbah organik yang ditimbulkan dari preparasi analisis unsur pengotor dalam uranium oksida menggunakan alat AAS. Proses *stripping* dilakukan menggunakan larutan HNO₃ 0,01M, air panas 60 °C dan H₂SO₄ 0,1M; 0,3M; 0,5M, perbandingan fasa organik dan fasa air (1:2), kecepatan pengadukan 500 rpm selama 30 menit, *stripping* dilakukan sampai 4 tingkat. Proses *stripping* menggunakan HNO₃ 0,01M menghasilkan efisiensi total sebesar 38,66% dan menggunakan air panas 60°C sebesar 47,21%. *Stripping* menggunakan H₂SO₄ 0,1M, 0,3M dan 0,5M diperoleh efisiensi total masing-masing sebesar 84,08%, 96,13% dan 99,08%. Larutan paling efektif untuk *stripping* uranium dari solven TBP-heksana adalah H₂SO₄ dengan konsentrasi 0,5M.

Kata kunci - *stripping*, uranium, limbah organik TBP-heksana, H₂SO₄

ABSTRACT *Stripping process to separate uranium from the TBP-hexane solvents results of uranium extraction has been carried out in the preparation of impurities analysis in uranium oxide. Stripping process in the separation of uranium from organic solvent to aqueous phase has aim to precipitate and convert it to uranium oxide. The objective of this work is to obtain the effective stripper solution for stripping process, that it can be used as a reference for treatment of organic waste from preparation of impurities analysis in uranium oxide by AAS. Stripping process was conducted using HNO₃ solution at 0.01M, hot water at 60°C and H₂SO₄ solution with concentration at 0.1M, 0.3M, 0.5M, the ratio of organic phase and aqueous phase was (1:2), stirring speed of 500 rpm for 30 minutes, and the stripping was carried out up to 4 stages. Stripping process with 0.01M HNO₃ solution gave results total efficiency at 38.66% and with hot water 60°C result in 47.21% of total efficiency. The total efficiency of stripping with H₂SO₄ solution at 0.1M, 0.3M and 0.5M are 84.08%, 96.13% and 99.08% respectively. The most effective stripper solution for uranium stripping from TBP-hexane solvents is H₂SO₄ solution with a concentration of 0.5M.*

Keywords - *stripping*, uranium, TBP-hexane organic waste, H₂SO₄

I. PENDAHULUAN

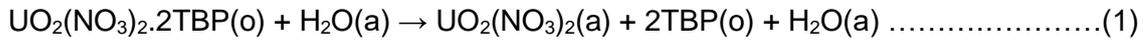
Penggunaan serbuk uranium oksida sebagai bahan bakar dalam suatu reaktor nuklir harus memenuhi kriteria derajat nuklir (*nuclear grade*). Uranium berderajat nuklir adalah uranium dengan tingkat kemurnian yang sangat tinggi terhadap unsur-unsur pengotor. Batasan maksimum jumlah pengotor yang diizinkan dalam uranium dibatasi hingga dalam jumlah yang sangat kecil (dalam orde ppm). Salah satu alat yang dapat digunakan untuk menentukan kandungan unsur pengotor dalam serbuk uranium dioksida adalah *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Seperti pada analisis kimia pada umumnya untuk analisis unsur pengotor dengan alat AAS didahului dengan perlakuan sampel. Tahapan perlakuan sampel pada analisis unsur pengotor dalam serbuk uranium dioksida menggunakan AAS meliputi pelarutan, ekstraksi uranium, pemekatan dan atau pengenceran[1]. Pada proses ekstraksi, uranium diambil sebanyak-banyaknya dari larutan uranil nitrat menggunakan ekstraktan tributil posfat (TBP)-heksana, agar kandungan uranium di fasa air sangat rendah atau bahkan habis, sehingga hanya unsur pengotor yang berada di fasa air. Fasa air yang mengandung unsur pengotor ini selanjutnya dianalisis/diukur menggunakan alat AAS. TBP-heksana digunakan sebagai ekstraktan karena memiliki persen fase ekstraksi terhadap logam tinggi dan densitas sangat rendah dibanding densitas air sehingga lebih mudah dalam pemisahan antara fasa organik dan fasa air[2].

Di laboratorium kendali-kualitas ekstraktan TBP-heksana yang mengandung uranium cukup tinggi ditampung di dalam botol penampung yang dikategorikan sebagai limbah fasa organik. Jumlah limbah fasa organik semakin bertambah seiring dengan berlangsungnya kegiatan analisis pengotor, sehingga perlu banyak botol dan ruangan yang lebih luas untuk menyimpannya. Oleh karena kandungan uranium yang tinggi serta untuk pengelolaan limbah, maka perlu diolah dengan cara dipungut kembali agar uranium dapat dimanfaatkan kembali, dan kandungan uranium dalam limbah fasa organik lebih rendah. Dengan demikian diharapkan dapat memenuhi ketentuan Pasal 22 PP No. 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif yang menyatakan bahwa penghasil limbah radioaktif wajib melakukan pengolahan zat radioaktif terbuka yang tidak digunakan dan bahan serta peralatan yang terkontaminasi dan/atau teraktivasi yang tidak digunakan[3].

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memungut uranium dalam limbah fasa organik adalah dengan proses *stripping*. Proses *stripping* adalah proses pencucian untuk memisahkan uranium dari solven organik ke fasa air dengan tujuan

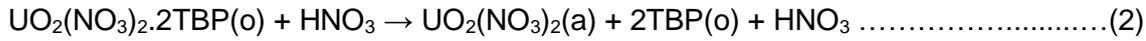
agar dapat diendapkan dan dikonversi kembali menjadi uranium oksida. Proses *stripping* dapat dilakukan menggunakan air, asam nitrat atau asam sulfat[4].

Reaksi yang terjadi dalam proses *stripping* dengan air adalah[4] :

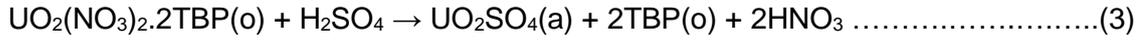


Reaksi yang terjadi di atas adalah reaksi endotermis sehingga proses *stripping* dapat berjalan lebih sempurna bila suhu reaksinya dibuat tinggi.

Reaksi yang terjadi dalam proses *stripping* dengan asam nitrat adalah:



Reaksi yang terjadi dalam proses *stripping* dengan asam sulfat adalah :



Efisiensi *stripping* dihitung dengan persamaan :

$$Ef = \frac{U_a}{U_o} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

dengan,

- Ef : efisiensi *stripping*, %
- U_a : jumlah U dalam fasa air, g
- U_o : jumlah U dalam fasa organik, g

Stripping uranium dari fasa organik TBP-kerosin pernah dilakukan menggunakan asam nitrat 0,01 M dengan proses sampai 3 tingkat memberikan efisiensi *stripping* sebesar 96,34% dan menggunakan air panas 60°C dengan efisiensi *stripping* sebesar 99,24%[5]. Pada kegiatan ini fasa organik adalah TBP-heksana dengan densitas dan titik didih heksana yang lebih rendah dibandingkan dengan kerosin[6], sehingga memiliki karakteristik *stripping* yang berbeda.

Dalam kegiatan ini dilakukan *stripping* menggunakan air panas, asam nitrat 0,01 N dan asam sulfat (0,1; 0,3; 0,5M) dengan tujuan untuk mengetahui bahan yang efektif untuk proses *stripping* sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam pengolahan limbah organik yang ditimbulkan dari analisis unsur pengotor menggunakan alat AAS.

II. METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah fasa organik TBP-heksana limbah preparasi analisis unsur pengotor, HNO₃ (Merck), H₂SO₄ (Merck), air bebas mineral (ABM).

Alat yang digunakan adalah Potensiometer (Mettler Toledo T90), gelas ukur 50 ml, gelas ukur 25 ml, gelas piala 100 ml, pengaduk magnet Heidolph Hei-Tec), corong pisah.

B. Tata Kerja

Fasa organik TBP-heksana limbah preparasi pada analisis unsur pengotor (dengan kandungan uranium telah diketahui) dilakukan *stripping* menggunakan asam nitrat 0,01 N dengan perbandingan fasa organik dan fasa air (1:2). Proses *stripping* dilakukan dengan kecepatan pengadukan 500 rpm selama 30 menit, selanjutnya dipisahkan antara fasa air dan fasa organiknya. Kandungan uranium pada fase air dianalisis menggunakan potensiometer dengan metode potensiometri *Davies Gray*. Proses *stripping* dilakukan sampai 4 *stage* dan kandungan uranium pada fase air dianalisis di setiap *stage*.

Proses *stripping* menggunakan air panas 60°C dan asam sulfat dengan konsentrasi 0,1; 0,3 dan 0,5 M dilakukan mengikuti proses *stripping* dengan asam nitrat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kadar U[7] dalam fasa organik umpan *stripping* sebesar 16,7675 g/L, oleh karena volume umpan yang digunakan untuk proses *stripping* sebanyak 25 mL maka dengan mengalikan nilai kadar U dan volume yang digunakan diperoleh berat U umpan sebesar 0,4192 g.

Tabel 1 menunjukkan nilai efisiensi *stripping* pada 4 *stage* menggunakan asam nitrat 0,01 M dengan nilai efisiensi *stripping* total sebesar 38,66%. Nilai efisiensi total *stripping* dengan asam nitrat 0,01M pada TBP-heksana lebih rendah dibanding TBP-kerosin mencapai 96,34%. Hal ini, dapat disebabkan oleh ion U terikat lebih kuat pada fasa organik TBP-heksana dibanding pada fasa organik TBP-kerosin, sesuai fungsi pengencer pelarut yaitu memperlemah ikatan ion U dengan pelarut organik[4].

Tabel 1. Hasil *stripping* uranium pada TBP-heksana menggunakan asam nitrat 0,01 M

Fasa Air	Kadar U (g/L)	Berat U (g)	Efisiensi <i>Stripping</i> (%)
Stage 1	1,1770	0,0588	14,04
Stage 2	1,3149	0,0657	15,68
Stage 3	0,6915	0,0346	8,25
Stage 4	0,0577	0,0029	0,69
Efisiensi Total			38,66

Stripping menggunakan air panas 60°C memberikan efisiensi *stripping* lebih tinggi dibanding menggunakan asam nitrat 0,01 M yaitu dengan total efisiensi *stripping* sebesar 47,21% efisiensi tiap tingkat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil *stripping* uranium pada TBP-heksana menggunakan air panas 60°C

Fasa Air	Kadar U (g/L)	Berat U (g)	Efisiensi <i>Stripping</i> (%)
Stage 1	1,2535	0,0627	14,95
Stage 2	1,4352	0,0718	17,12
Stage 3	0,8112	0,0406	9,68
Stage 4	0,4580	0,0229	5,46
Efisiensi Total			47,21

Efisiensi *stripping* uranium pada TBP-heksana dengan konsentrasi H₂SO₄ 0,1 M; 0,3M dan 0,5M per *stage stripping* secara berurutan dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil *stripping* uranium pada TBP-heksana menggunakan H₂SO₄ 0,1 M

Fasa Air	Kadar U (g/L)	Berat U (g)	Efisiensi <i>Stripping</i> (%)
Stage 1	2,8190	0,1410	33,62
Stage 2	2,4054	0,1202	28,69
Stage 3	1,2351	0,0618	14,73
Stage 4	0,5900	0,0295	7,04
Efisiensi Total			84,08

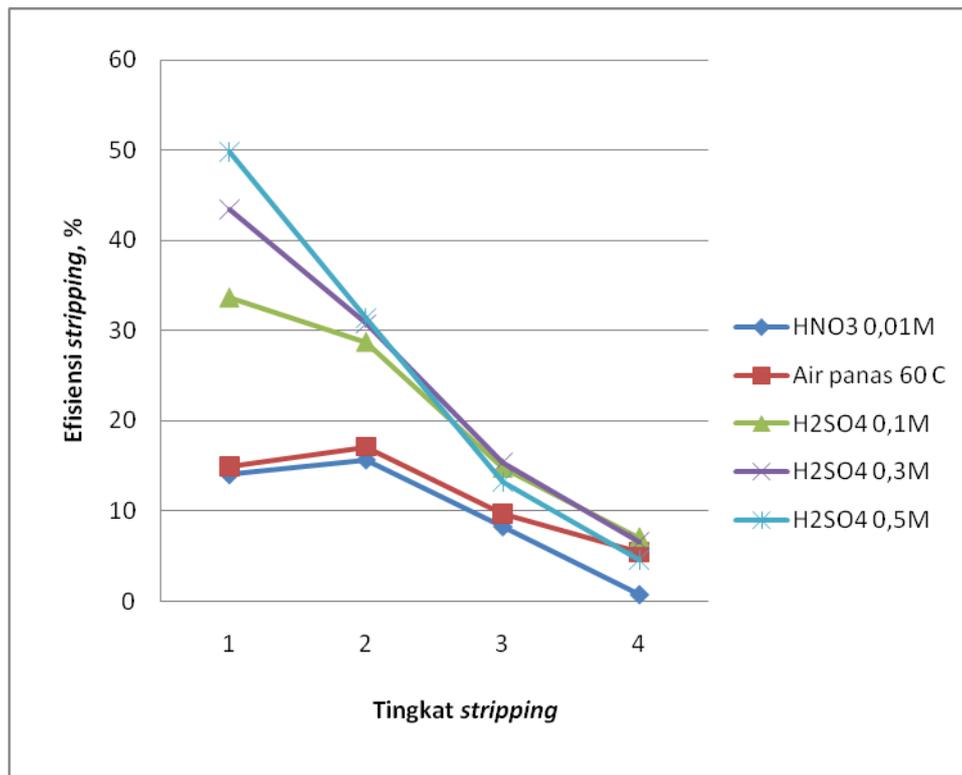
Tabel 4. Hasil *stripping* uranium pada TBP-heksana menggunakan H₂SO₄ 0,3 M

Fasa Air	Kadar U (g/L)	Berat U (g)	Efisiensi Stripping (%)
Stage 1	3,6416	0,1821	43,43
Stage 2	2,5776	0,1289	30,74
Stage 3	1,2876	0,0644	15,36
Stage 4	0,5534	0,0276	6,60
Efisiensi Total			96,13

Tabel 5. Hasil *stripping* uranium pada TBP-heksana menggunakan H₂SO₄ 0,5 M

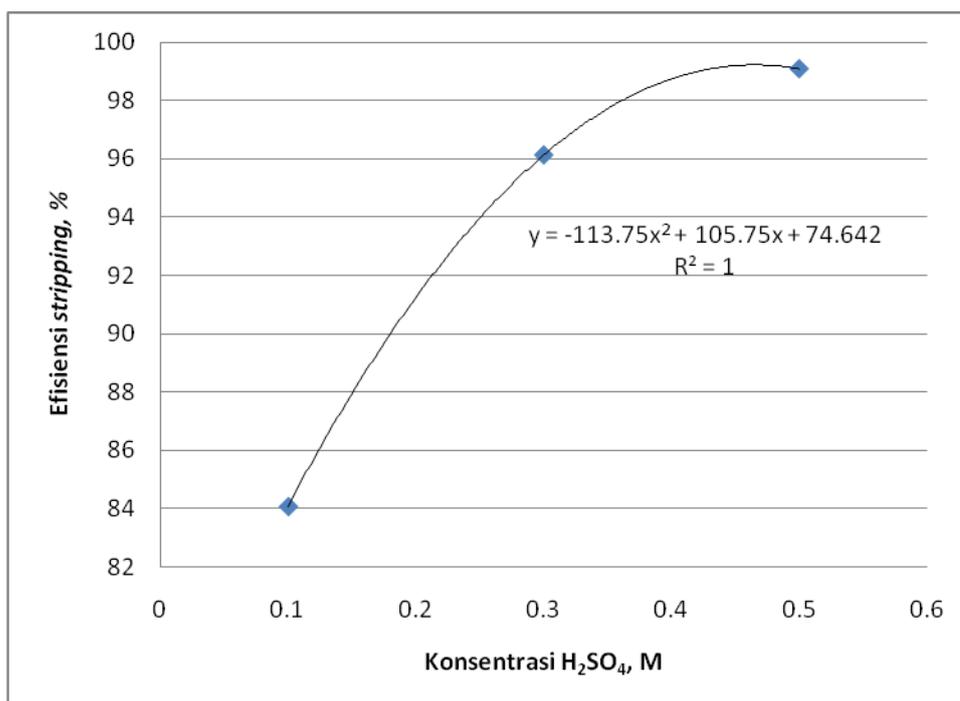
Fasa Air	Kadar U (g/L)	Berat U (g)	Efisiensi Stripping (%)
Stage 1	4,1735	0,2087	49,78
Stage 2	2,6327	0,1316	31,40
Stage 3	1,1100	0,0555	13,24
Stage 4	0,3911	0,0196	4,66
Efisiensi Total			99,08

Dari data Tabel 3 menunjukkan efisiensi *stripping* menggunakan H₂SO₄ 0,1 M stage 1, 2, 3 dan 4 masing-masing diperoleh sebesar 33,62%; 28,69%; 14,73% dan 7,04% dengan total efisiensi sebesar 84,08%. Efisiensi *stripping* menggunakan H₂SO₄ 0,3 M stage 1, 2, 3 dan 4 masing-masing diperoleh sebesar 43,43%; 30,74%; 15,36% dan 6,60% dengan total efisiensi sebesar 96,13% seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Data *stripping* menggunakan H₂SO₄ 0,5 M ditunjukkan pada Tabel 5 dan diperoleh efisiensi *stripping* stage 1, 2, 3 dan 4 masing-masing sebesar 49,78%; 31,40%; 13,24% dan 4,66% dengan total efisiensi sebesar 99,08%. Perolehan efisiensi *stripping* yang mendekati 100% menunjukkan bahwa hampir semua uranium dalam fasa organik dapat terdistribusi ke fasa air. Grafik hubungan antara tingkat *stripping* terhadap efisiensi dapat digambarkan seperti pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Grafik hubungan antara tingkat *stripping* dan efisiensi *stripping* pada proses *stripping* uranium dari solven TBP-heksana menggunakan HNO₃, air panas dan H₂SO₄

Gambar 1 menunjukkan bahwa *stripping* menggunakan asam nitrat dan air panas memberikan pola yang sama dimana pada *stripping stage* 2 memberikan efisiensi lebih tinggi dibanding pada *stripping stage* 1, hal ini dimungkinkan pada *stripping stage* 1 asam nitrat atau air masih kesulitan untuk memecah ikatan dan hanya melemahkan ikatan uranil nitrat dan TBP-heksana. Sedangkan pada *stripping stage* 2 asam nitrat atau air lebih mudah memecah ikatan uranil nitrat dan TBP-heksana karena ikatannya sudah melemah pada *stripping stage* 1. Hal tersebut tidak terjadi pada H₂SO₄ karena sifat asamnya lebih kuat sehingga daya destruktif H₂SO₄ lebih besar dibanding asam nitrat dan air. Semakin besar konsentrasi H₂SO₄ semakin besar pula nilai efisiensi *stripping*-nya. Sedangkan semakin meningkat tingkat *stripping* semakin menurun nilai efisiensinya karena jumlah uranium yang berada di fasa organik semakin berkurang. Dari hasil *stripping* menunjukkan untuk konsentrasi H₂SO₄ 0,5M memberikan nilai total efisiensi paling tinggi dibandingkan dengan H₂SO₄ 0,3M dan 0,1M. Grafik hubungan antara konsentrasi H₂SO₄ dengan total efisiensi *stripping* dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara konsentrasi H₂SO₄ dengan total efisiensi *stripping* pada proses *stripping* uranium dari solven TBP-heksana menggunakan H₂SO₄

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi H₂SO₄ maka total efisiensi *stripping* semakin tinggi pula, hal ini sesuai dengan persamaan reaksi, dimana jumlah mol uranium yang bereaksi sebanding dengan jumlah mol H₂SO₄. Untuk *stripping* fasa organik dengan kadar uranium tinggi (diatas 95 g/L) konsentrasi H₂SO₄ dapat digunakan hingga 4 M[8]. Pada proses *stripping* sebaiknya konsentrasi H₂SO₄ tidak terlalu tinggi untuk menghindari korosi terhadap peralatan yang terbuat dari *stainless steel* karena laju korosi semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi H₂SO₄[9] dan pada proses pengendapan menggunakan basa, semakin tinggi konsentrasi asam dan basa akan menimbulkan panas yang semakin tinggi pula[10].

IV. KESIMPULAN

Stripping uranium dari fasa organik TBP-Heksana limbah preparasi pada analisis unsur pengotor dalam uranium oksida dapat dilakukan dengan menggunakan HNO₃, air panas dan H₂SO₄. *Stripping* menggunakan HNO₃ dan air panas kurang efektif karena hanya memberikan efisiensi total sebesar 38,66% dan 47,21%. *Stripping* menggunakan H₂SO₄ diperoleh konsentrasi optimum 0,5M dengan efisiensi *stripping*

total sebesar 99,08%. H₂SO₄ 0,5M dapat digunakan dalam pengolahan limbah organik yang ditimbulkan dari analisis unsur pengotor menggunakan alat AAS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SOP 017.003/BN 03 03/BBN 2.3, "Standar Operasional Prosedur Pengujian Kandungan Pengotor Dalam Padatan dan Larutan Uranium Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)", PTBBN-BATAN, 2017
- [2] Samsul Bahri, Yeti Kurniasih, Ahmadi, "Pengaruh Jenis Pelarut dan Senyawa Pengemban Terhadap Efisiensi Pemisahan Logam Perak dengan Teknik Membran Cair Berpendukung", Jurnal Ilmiah Pendidikan Kimia "Hydrogen", Vol.5 No.1 (ojs.ikipmataram.ac.id).
- [3] PP No. 61 Tahun 2013 tentang "Pengelolaan Limbah Radioaktif".
- [4] Benedict, M., Pigford, T.H., Levi, H.W., "Nuclear Chemical Engineering", Mc Graw Hill Book Company, New York, 1981.
- [5] Torowati, Pranjono, Rahmiati, M.M. Lilis Windaryati, "Proses Stripping Uranium Hasil Ekstraksi Yellow Cake Menggunakan Air Hangat dan Asam Nitrat", Majalah PIN Vol. 3 No. 6, PTBBN, Oktober 2010.
- [6] <http://id.wikipedia.org>
- [7] SOP 002.003/BN 03 03/BBN 2.3, "Standar Operasional Prosedur Pengujian Kandungan Uranium Dalam Serbuk Uranium Oksida Menggunakan Potensiometer", PTBBN-BATAN, 2017.
- [8] C.A. Morais, L.A. Gomiero, W. Scassiotti Filho, H. Rangel Jr., "Uranium stripping from tertiary amine by sulfuric acid solution and its precipitation as uranium peroxide", Brazil, 2005 (www.elsevier.com/locate/mineng)
- [9] I Gusti Ayu Arwati dan Syamsul S, "Korosi logam SS 316L pada larutan asam sulfat", (publikasi.mercubuana.ac.id tanggal 21/10/2019)
- [10] Silvina Nugrahwati, dkk, "Panas Netralisasi", Laporan Tetap Praktikum Kimia Fisika, Laboratorium Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015 (academia.edu)

