

Evaluasi Kelayakan Sumber Air Baku pada Kolong yang Tercemar Tailing dari Aktivitas Remaining Bijih Timah

(Water Resource Suitability Evaluation of Any Contaminant Pond Mining Tailing from Tin Ore Remaining Activity in Bangka Island)

Janiar Pitulima¹, Irvani¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung

Abstract

Land Clearing for tin ore mining on Bangka Island for hundreds of years produces mine ponds called kolong. Water resources at the old age kolong have been utilized by the community as a source of domestic water, including the source of water by Regional Drinking Water Company (PDAM). Illegal tin ore mining since 2000 until now by the community (unconventional mining) has caused pollution of PDAM water resources by mining waste of tailings. Primary and secondary data collection has been done on Kolong PDAM Tirta Bangka, PDAM Tirta Pinang and PDAM Sejiran Setason. Physical data collection of water and sediments to obtain parameters of temperature, smell, soluble and suspended solids and turbidity. Chemical analysis of water and sediments including pH, heavy metal of Fe, Al, Pb, and Cu using AAS and XRF. Feasibility evaluation of the water using Permenkes RI Number 907/Menkes/SK/VII/2002. Heavy metals were founded on all the water of kolong are Fe, Al, Cu and Pb. Heavy metal in sediment are Fe, Cu, Pb, Sn and As. Kolong Merawang has a large distribution of Fe, Al, Cu and Pb in water and sediment. Al metal exceeds the threshold in Kolong Merawang and Pedindang (1.01 mg/L and 0.35 mg/L). The Fe composition at all kolong sediment is very large in number. The distribution of dissolved Pb metal in water exceeds the threshold at all kolong, especially on sediment of Kolong Merawang and Pedindang. Water resources at all kolong have met in physical feasibility but exclude their chemistry.

Keywords : water, evaluation, quality, kolong

1. Pendahuluan

Pembukaan lahan untuk penambangan bijih timah di Pulau Bangka yang telah dilakukan selama ratusan tahun mengakibatkan terbentuknya lubang bukaan terisi air yang disebut dengan kolong dalam ribuan hektar luasnya. Terdapat ratusan kolong yang telah berhasil diidentifikasi di Pulau Bangka, dimana jumlahnya dapat mencapai dalam ribuan kolong seiring dengan terus berlanjutnya penambangan timah. Berdasarkan penelitian Yusuf (2011), air pada kolong yang telah berumur tua dimanfaatkan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sumber air domestik, termasuk sumber air baku milik perusahaan daerah air minum (PDAM). Kolong juga dimanfaatkan sebagai tempat budidaya ikan air tawar dan tempat rekreasi. Penambangan bijih timah secara serampangan semenjak tahun 2000 sampai sekarang di Pulau Bangka oleh masyarakat yang dikenal sebagai tambang inkonvensional (TI), lahan secara besar-besaran.

menyebabkan pencemaran sejumlah besar sumber air baku PDAM oleh limbah penambangan (tailing). Tailing mengandung sejumlah besar logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia seperti logam Al, Fe, Cu, Pb jika dikonsumsi dalam jumlah besar untuk waktu yang lama.

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi kualitas sejumlah sumber air baku pada kolong-kolong PDAM yang dimiliki oleh PDAM Tirta Bangka Kabupaten Bangka, PDAM Tirta Pinang Kota Pangkalpinang dan PDAM Sejiran Setason Kabupaten Bangka Barat, yang diperkirakan turut tercemari oleh limbah tailing dari aktivitas penambangan bijih timah. Penelitian difokuskan pada evaluasi kandungan logam berat Fe, Cu, Al dan Pb pada suspensi terlarut dan sedimen kolong untuk mendapatkan sebaran logam berat yang terdapat dalam sumber air baku.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada beberapa kolong yang dimiliki atau dikelola oleh PDAM Tirta Bangka, PDAM Tirta Pinang dan PDAM Sejiran Setason. Lokasi penelitian berupa kolong yang dikelola oleh PDAM Tirta Bangka secara administrasi terletak di Kecamatan Merawang

* Korespondensi Penulis: (Janiar Pitulima) Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung, Kawasan Kampus Terpadu UBB Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka.
Email: janiar75@yahoo.com

Kabupaten Bangka. Adapun kolong-kolong yang di kelola PDAM Tirta Pinang terletak di tiga kecamatan yaitu Kecamatan Rangkui, Gerunggang dan Kecamatan Tamansari. Kolong

PDAM Sejiran Setason terletak di Kecamatan Muntok. Gambar 1 merupakan peta yang menunjukkan posisi relatif lokasi penelitian.



Gambar 1. Peta sebaran lokasi penelitian (tanpa skala)

Tinjauan Pustaka

Letak Pulau Bangka pada bagian Sabuk Timah Asia Tenggara (Cobbing, 2005), telah membawa kelimpahan potensi kekayaan bijih timah sebagai sumber bahan galian tambang selama ratusan tahun. Batuan beku asam berupa granit berumur Trias - Jura (Mangga dan Djamal, 1994 dan Margono dkk, 1995) pada saat pembentukannya diyakini sebagai pembawa bijih timah atau mineral cassiterite. Sebaran bijih timah sangatlah luas mengikuti sebaran Endapan Aluvium hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral cassiterite.

Kolong

Secara umum hampir seluruh aktivitas penambangan bijih timah dilakukan dengan penggalian lapisan sedimen bertimah (kaksa) (Sujitno, 2007), yang terdapat pada Endapan Aluvium atau pada batuan sedimen klastik kasar yang belum terkompaksikan dari Formasi Ranggam. Penggalian bijih timah membentuk lubang bukaan tambang berisi air yang mirip dengan danau (Puspita dkk, 2005). Danau tersebut dinamai dengan istilah kolong yang mudah dijumpai di Pulau Bangka. Lahan bekas penambangan bijih timah atau kolong memiliki

luasan tertentu dengan kedalaman mencapai 40 m (BPPT, 2010).

Yusuf (2011) dalam publikasinya menyatakan Pulau Bangka memiliki jumlah kolong paling besar di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, dimana kolong-kolong tersebut tersebar pada semua kabupaten dan kota yang terdapat di Pulau Bangka, dengan luas mencapai ribuan hektar. Oleh karena itu sangat mudah menjumpai kolong di Pulau Bangka. Keberadaan antara setiap kolong dapat dijumpai terpisahkan dari yang lain, ataupun terhubung satu sama lain, dan bahkan untuk kondisi penambangan bijih timah yang berdekatan dengan laut membentuk kolong-kolong yang terhubung dengan laut (Pemerintah Propinsi Bangka Belitung, 2009).

Penggolongan usia kolong telah dilakukan berdasarkan lamanya kolong terbentuk, seperti Cynthia dkk (2006) dalam Rosidah dan Henny (2012) yang membagi kolong menjadi kolong muda dan tua. Berdasarkan kondisi biogeofisik, Puspita dkk (2005) menggolongkan kolong/bekas galian menjadi kolong mentah berusia masih muda kurang dari 5 tahun, dengan kehidupan biologis hampir tidak ada; kolong setengah matang dengan usia sedang 5 - 20 tahun, dan; galian matang dengan usia tua lebih dari 20 tahun dengan kondisi biogeofisik normal.

Secara umum kolong-kolong yang terdapat di Pulau Bangka telah dimanfaatkan sebagai sumber air baku, air kolong digunakan untuk keperluan domestik rumah tangga seperti mandi, cuci, kakus, air minum serta menjadi sumber air baku perusahaan daerah air minum (PDAM) (Pemerintah Propinsi Bangka Belitung, 2009 dan Yusuf, 2011). Akan tetapi sebagai lahan eks penambangan bijih timah, dalam air kolong dapat mengandung sejumlah besar logam berat yang dapat membahayakan kesehatan manusia jika ikut dikonsumsi dalam jumlah besar, diantaranya yang telah berhasil diidentifikasi oleh Rosidah dan Henny (2012) berupa logam Fe, Al, Cu dan Zn. Air kolong berumur tua memiliki kandungan logam berat yang lebih rendah dibandingkan kolong berusia muda. Henny, 2011a mengidentifikasi hampir semua kolong mengandung logam Fe, Al, Pb, Cr dan As, dengan beberapa kolong kadarnya melampaui standar baku mutu. Kolong dengan pH rendah teridentifikasi memiliki kandungan logam berat Pb, Fe, Al dan Zn dibawah baku mutu air bersih (Henny dan Susanti, 2009). Bahkan Henny (2011b) menjumpai kandungan logam yang tinggi pada plankton dan ikan kecil yang hidup dalam kolong.

Pada penambangan bijih timah proses oksidasi terjadi pada saat pembukaan lahan. Oksidasi pada mineral sulfida seperti mineral pirit (FeS_2) dan galena (PbS) akan melepaskan logam berat dan dapat meningkatkan tingkat keasaman air (Henny, 2011a). Air asam tambang yang terbentuk dari proses oksidasi dapat memiliki konsentrasi SO_4 , logam Fe, AL, Mg, Zn, Cu dan Mn dalam jumlah yang sangat banyak (España et al., 2005).

Tailing

Tanah bekas tambang berupa hamparan rawa atau tanah kering dari tanah pasiran yang terdiri dari pasir dan kerikil disebut dengan tailing (Sujitno, 2007). Tailing dari penambangan bijih timah berdasarkan dominasi ukurannya dapat berupa pasir, lumpur dan lumpur pasiran (Ang & Ho, 2002 dan BPPT, 2010). Lahan tailing berupa hamparan wilayah yang gersang dikarenakan tingginya tingkat evapotranspirasi dan permeabilitas tanah (Zulfahmi et al., 2012), dengan kandungan unsur mineral dalam tailing cukup beragam.

Tailing akibat penambangan logam dapat timah mengandung sejumlah logam dan mineral sulfida yang berpengaruh signifikan terhadap lingkungan (European Commission, 2009). Logam berat terkonsentrasi pada tailing dimungkinkan karena konsentrasi yang tinggi pada mulanya, kondisi pH rendah serta kapasitas tanah untuk menahan air dan logam tergolong rendah (Ashraf et al., 2011). Tingkat radioaktif

yang tertinggi ditemukan pada area penambangan timah (Wahyudi, 2003), dimana Nasirian et al. (2008) mengidentifikasi unsur radioaktif dengan konsentrasi tinggi dapat dijumpai pada tailing yang dihasilkan dari penambangan bijih timah.

2. Metode Penelitian

Penelitian terhadap berbagai kolong yang menjadi sumber air baku PDAM pada Kabupaten Bangka, Kota Pangkalpinang dan Kabupaten Bangka Barat. Waktu penelitian dilakukan pada tahun 2016 melalui tahapan persiapan, survey tinjau lokasi/*reconnaissance*, pengambilan data sekunder dan primer, serta analisis laboratorium. Adapun detail tahapan penelitian kelayakan sumber air baku pada berbagai kolong yang dikelola PDAM dilakukan sebagai berikut :

- 1) Observasi pendahuluan terhadap lokasi penelitian,
- 2) Pengumpulan data lapangan dengan pengambilan sample air dan sedimen pada kolong-kolong yang dikelola PDAM Tirta Bangka Kabupaten Bangka, PDAM Tirta Pinang Kota Pangkalpinang dan PDAM Sejiran Setason Kabupaten Bangka Barat,
- 3) Analisis laboratorium untuk mendapatkan parameter fisika (suhu, bau, zat padat terlarut dan tersuspensi, serta kekeruhan), dan uji kimia terhadap sample (pH, kandungan logam berat Fe, Al, Pb, dan Cu) menggunakan AAS dan XRF,
- 4) Interpretasi data hasil analisis laboratorium untuk mengevaluasi kelayakan sumber air baku PDAM berdasarkan Permenkes RI Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002.

Pada setiap titik pengambilan data dilakukan pencatatan posisi geografis menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

3. Hasil dan Pembahasan

Komposisi logam berat yang diperoleh melalui analisis suspensi air kolong adalah logam besi (Fe), timbal (Pb), aluminium (Al), dan tembaga (Cu). Sedangkan komposisi logam pada sedimen yaitu: arsenik, sesium, tembaga, besi, timbal, antimon, timah, thorium, titanium, uranium, yitrium, dan zirkonium.

Kandungan logam berat dalam air baku, air distribusi dan sedimen pada berbagai kolong milik PDAM Tirta Bangka, Tirta Pinang dan PDAM Sejiran Setason (Gambar 2) menunjukkan variasi jumlah kandungan logam berat Al, Fe, Cu dan Pb dengan detail pada Tabel 1 dan 2.

Distribusi logam berat yang terdapat pada berbagai kolong sumber air baku PDAM menunjukkan variasi jumlah kehadiran logam berat yang terlarut (suspensi) dan terendapkan.

Logam besi (Fe) dalam air kolong paling besar dijumpai pada Kolong Kacang Pedang (0,24 mg/L) diikuti secara berturut-turut oleh Kolong Argotirto, Kolong PLN dan Pedindang, serta terendah pada Kolong Merawang (<0,013 mg/L). Jumlah logam Fe terlarut dalam semua kolong memenuhi syarat ambang baku mutu air. Kandungan Fe sangat tinggi pada sedimen kolong, berturut-turut dari Kolong Merawang (5,863%) diikuti Kolong Kacang Pedang, Pedindang, PLN dan terendah Kolong Argotirto (0,297%). Kandungan logam besi yang besar pada sedimen menunjukkan proses

sedimentasi/pengendapan Fe telah berlangsung dengan baik.

Kolong Merawang memiliki distribusi logam Fe terendah dalam air, sedangkan yang terendapkan paling besar, hal ini menunjukkan proses sedimentasi logam Fe telah berjalan dengan sangat baik. Pengendapan logam Fe yang baik juga ditunjukkan oleh Kolong Kacang Pedang, Pedindang dan Kolong PLN. Secara khusus Kolong Argotirto menunjukkan akumulasi logam Fe dalam sedimen paling rendah, demikian juga dengan logam terlarut tergolong rendah.



Gambar 2. Foto: (A) Sumber air baku Kolong Merawang, (B) Sumber air baku Kolong PLN Merawang, (C) Sumber air baku Kolong Tirta Pinang, dan (D) Sumber air baku Kolong Argo Tirto

Tabel 1. Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia air baku dan distribusi

Parameter	Kolong Argotirto		Merawang		Kolong PLN		Kacang Pedang	Pedindang	
	Air Baku	Distribusi	Air Baku	Distribusi	Air Baku	Distribusi	Air Baku	Air Baku	Distribusi
Fisika									
Bau	Tidak Berbau	Tidak Berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak Berbau	Tidak berbau
Zat padat terlarut	0,16	0,15	0,51	0,19	0,35	0,77	0,23	0,24	0,67
Zat tersuspensi	185	77	98	103	208	159	20	160	52
Kekeruhan	12,1	0,23	3,07	1,49	14,7	0,9	6,55	10	1,86
Suhu	25,1	25,1	25,2	25,1	25,0	25,1	25,2	25,1	25,1
Kimia									
pH	7,14	6,75	4,86	6,74	6,79	6,84	6,63	6,26	7,41
Al	0,04	0,04	1,01	0,04	0,11	0,06	0,08	0,35	<0,013
Fe	0,13	<0,013	<0,013	<0,013	0,07	<0,013	0,24	0,07	0,06
Cu	0,18	0,17	0,32	0,25	0,36	0,22	0,15	0,35	0,17
Pb	0,06		0,07		0,08		0,08	0,05	

Keterangan: Satuan kadar logam = mg/L

Tabel 2. Data Analisis Kuantitatif sedimen pada kolong

Kolong	As (%)	Cu (%)	Fe (%)	Pb (%)	Sn (%)
Argotirto	0.136	0.44	0.297	-	-
PLN	0.095	0.447	2.237	-	-
Pedindang	0.053	0.45	2.949	0.229	0.428
Merawang	-	0.411	5.863	1.188	-
Kacang Pedang	0.209	0.098	3.013	-	0.358

Kolong Merawang dan Pedindang teridentifikasi memiliki distribusi logam Alumunium (Al) terlarut dalam air melebihi ambang batas yaitu masing-masing sebesar 1,01 mg/L dan 0,35 mg/L. Tingginya distribusi kandungan logam Al dalam air Kolong Merawang dan Pedindang mengindikasikan air kolong telah terkontaminasi limbah tailing penambangan bijih timah secara intensif sampai pada waktu penelitian dilakukan.

Logam tembaga (Cu) dalam semua air kolong berkisar 0,15 - 0,36 mg/L, jumlahnya di bawah ambang mutu. Kandungan Cu sangat tinggi dalam sedimen pada kisaran 0,098 - 0,45 %. Kolong Pedindang memiliki kandungan logam Cu paling tinggi diikuti oleh Kolong PLN, Argotirto dan Kolong Merawang dengan selisih persentase yang kecil. Kolong Kacang Pedang memiliki distribusi logam Cu paling rendah dibandingkan kolong lain, baik yang terlarut dalam air maupun sedimen, hal ini menunjukkan secara geologi potensi logam Cu adalah yang paling rendah daripada kolong lain. Distribusi logam Cu yang rendah dalam air dan tinggi dalam sedimen menunjukkan proses sedimentasi Cu telah berlangsung dengan baik.

Distribusi logam timbal (Pb) pada semua air kolong melebihi ambang batas dengan kisaran antara 0,05 - 0,08 ppm, terbesar pada Kolong PLN dan Kacang Pedang, terendah pada Kolong Pedindang. Logam Pb dalam sedimen hanya dijumpai pada Kolong Merawang dengan jumlah sangat besar (1,188 %), diikuti Kolong Pedindang (0,229 %). Distribusi logam Pb yang besar dalam air kolong menunjukkan proses sedimentasi logam belum berjalan dengan baik. Tailing pencemar logam timbal dapat diestimasi sangat besar jumlahnya disekitar wilayah Kolong Merawang dan Pedindang.

Ditinjau dari hasil uji air distribusi yang telah dilakukan maka air distribusi dari PDAM Seiran Setason, Tirata Bangka, PLN, dan Tirta Pinang memenuhi kriteria kelayakan parameter fisika, namun tidak semuanya memenuhi kriteria kelayakan kimia. Perlu dilakukan treatment atau pengolahan untuk mengurangi kadar logam berat lebih lanjut terhadap sumber air baku sebelum didistribusikan kepada konsumen.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

maka dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut:

1. Komposisi logam berat pada suspensi air kolong meliputi logam Fe, Al, Cu dan Pb, sedangkan komposisi logam pada sedimen berupa Fe, Cu, Pb, As, dan Sn.
2. Kolong Merawang memiliki distribusi logam berat Al, Fe, Cu dan Pb yang besar baik dalam air maupun sedimen kolong. Distribusi logam Al melebihi ambang batas pada Kolong Merawang dan Pedindang (1,01 mg/L dan 0,35 mg/L). Logam Fe dan Cu pada semua endapan sedimen kolong sangat besar jumlahnya (0,297 - 5,863 %). Distribusi logam Pb yang terlarut dalam air melebihi ambang batas pada semua kolong (0,05 - 0,08 mg/L), dimana pada endapan sedimen Kolong Merawang dan Pedindang kehadirannya sangat besar (1,188 % dan 0,229 %).
3. Sumber Air baku kolong yang dikelola PDAM Seiran Setason, Tirata Bangka, PLN, dan Tirta Pinang memenuhi kriteria kelayakan parameter fisika, namun tidak seluruhnya. Sehingga disarankan untuk melakukan treatment atau pengolahan untuk mengurangi kadar logam berat.

Daftar Pustaka

- Ang, L.H. and Ho, W.M. (2002) *Afforestation of Tailing in Malaysia*. 12th ISCO Conference. Beijing.
- Ashraf, M.A., Maah, M.J. and Yusoff, I. (2011) *Heavy Metals Accumulation in Plants Growing in Ex Tin Mining Catchment*. Int. J. Environ. Sci. Tech. Vol 8 (2), P. 401-416.
- BPPT, 2010. Pengembangan Nutrient Block Untuk Mendukung Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang. Laporan Akhir Program Insentif Perekayasa KRT Tahun 2010 No. 25.
- Cobbing, E.J. (2005) *Granite*. in Barber, A.J., Crow, M.J. and Milsom, J.S. (ed.) *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*. Geological Society Memoir, No. 31.

- Espana, J. S., Pamo, E. L., Santofimia, E., Aduvire, O., Reyes, J. and Baretino, D. (2005) *Acid Mine Drainage in The Iberian Pyrite Belt (Odiel River Watershed, Huelva, SW Spain): Geochemistry, Mineralogy and Environmental Implications*. Applied Geochemistry 20, page 1320 – 1356.
- European Commission (2009) *Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities*. Diakses pada <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>.
- Henny, Cynthia (2011a) Kolong Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka: Permasalahan Kualitas Air dan Alternatif Solusi Untuk Pemnafaatan. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia, 37 (1), hal. 119-138.
- Henny, Cynthia (2011b) Bioakumulasi Beberapa Logam pada Ikan di Kolong Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka. Limnotek, 18 (1).
- Henny, Cynthia dan Susanti, Eva (2009) Karakteristik Limnologis Kolong Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka. Limnotek, Vol. 16 (2), hal. 119-131.
- Mangga, A.S. dan Djamal, B. (1994) *Peta Geologi Lembar Bangka Utara dan Bangka Selatan, Sumatra*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Margono, U., Supandjono, R.J.B. dan Partoyo, E. (1995) *Peta Geologi Lembar Bangka Selatan, Sumatra*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Nasirian, M., Bahari, I. and Abdullah, F. (2008) *Assessment of Natural Radioactivity in Water and Sediment from Amang (Tin Tailing) Processing Ponds*. The Malaysian Journal of Analytical Sciences, Vol. 12 (1), p. 150-159.
- Pemerintah Propinsi Kepulauan Bangka Belitung (2009) *Profile Development Ex Tin Mining Ponds In Bangka Belitung Archipelago Province*. Slide diakses pada www.imtgt.org/.../3rd-Mtg-WGAAE-Agenda-4-2.pdf. pada 28 April 2015.
- Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.
- Puspita, L., Ratnawati, E., Suryadiputra, I Nyoman N. dan Meutia, A.A. (2005) Lahan Basah Buatan di Indonesia. Wetlands International – Indonesia Programme, Bogor.
- Rosidah dan Henny, Cynthia (2012) Kajian Logam berat Fe, Al, Cu dan Zn pada Perairan Kolong Pasca Penambangan Timah di Pulau Bangka. Prosiding Seminar Nasional Limnologi VI, Bogor.
- Sujitno, Sutedjo (2007) Sejarah Penambangan Timah di Indonesia. Ibalat Communication, Jakarta.
- Wahyudi, B. (2003) Studi Tingkat Radioaktivitas Lingkungan dan Epidemiologi Lingkungan pada Area Pertambangan Timah Pulau Bangka Propinsi Kepulauan Bangka Belitung. Prosiding Seminar Aspek Keselamatan Radiasi dan Lingkungan pada Industri Non Nuklir. Jakarta.
- Yusuf, Maulana (2011) Model Pengembangan Kolong Terpadu Pasa Penambangan Timah di Wilayah Bangka - Belitung. Majalah Ilmiah Sriwijaya, Volume XVIII, No. 11.
- Zulfahmi, A.R., Wan Zuhairi, W.Y., Raihan, M.T., Sahibin, A.R., Wan Mohn Razi, I., Tukimat, L., Syakireen Z.S.N. and Noorulakma, A. (2012) *Influence of Amang (Tin Tailing) on Geotechnical Properties of Clay Soil*. Sains Malaysiana, Vol. 41 (3), pg. 303-312.