

Pengaruh Penambahan Limbah Cangkang Telur Ayam (*Gallus Gallus Domesticus*) dan Kapur Tohor Terhadap Parameter pH dan TSS Pada Air Asam Tambang

Annas Alfandi Rifai¹⁾ and Ika Wahyuning Widiarti²⁾

^{1,2)}Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta/Jurusan Teknik Lingkungan

^{a)}Corresponding author: 114190022@student.upnyk.ac.id

ABSTRAK

Air asam tambang merupakan salah satu limbah yang dihasilkan di area pertambangan. Pengolahan AAT yang dilakukan pada penelitian ini memanfaatkan bahan campuran berupa kapur tohor dan limbah cangkang telur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian variasi dosis kapur tohor dan limbah cangkang telur terhadap parameter pH dan TSS pada AAT. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode grab sampling, metode analisis laboratorium, metode analisis regresi linear berganda dan metode deskriptif developmental. Percobaan penelitian ini dilakukan dengan menambahkan kapur tohor dan limbah cangkang telur pada AAT dengan variasi dosis dan variasi perlakuan pada bahan treatment dengan kalsinasi. Hasil penelitian yang didapatkan pengaruh pemberian variasi dosis hasil pengolahan limbah telur dan kapur tohor berpengaruh terhadap perubahan nilai pH dan TSS. Seiring dengan penambahan dosis limbah cangkang telur dan kapur tohor maka akan terjadi kenaikan untuk nilai pH dan TSS. Semakin tinggi suhu kalsinasi pada limbah cangkang telur maka pengaruhnya terhadap air asam tambang akan meningkatkan nilai pH air asam tambang. Berdasarkan hasil percobaan didapatkan pada pemberian dosis 0,045 gr/L untuk kapur tohor dan limbah cangkang telur kalsinasi 900°C mampu menaikkan pH menjadi 7,57 dan TSS sebesar 115,8 mg/L.

Kata Kunci: Air Asam Tambang, Cangkang Telur, pH, TSS

ABSTRACT

Acid mine drainage is one of the wastes generated in the mining area. The management of AAT carried out in this study utilized mixed ingredients in the form of quicklime and eggshell waste. This study aimed to determine the effect of varying doses of quicklime and eggshell waste on pH and TSS parameters in AAT. The methods used in this research are the grab sampling method, laboratory analysis method, multiple linear regression analysis methods, and development descriptive method. This research experiment was carried out by adding quicklime and eggshell waste to AAT with various doses and various treatments of calcination treatment materials. The results of the study obtained that the effect of varying the amount of egg and quicklime waste processing affected changes in pH and TSS values. Along with the addition of the dose of eggshell waste and quicklime, there will be an increase in the pH and TSS values. The higher the calcination temperature in eggshell waste, the effect on acid mine water will increase the pH value of acid mine water. Based on the experimental results obtained at a dose of 0.045 gr/L for quicklime and 900°C calcination of eggshell waste was able to increase the pH to 7.57 and the TSS to 115.8 mg/L..

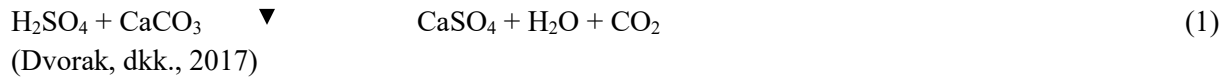
Keywords: Acid Mine Drainage, Eggshell, pH, TSS

PENDAHULUAN

Kegiatan pertambangan merupakan salah satu kegiatan yang memberikan kontribusi besar terhadap pembangunan suatu negara. Aktivitas pertambangan ini selalu memicu pro dan kontra di berbagai kalangan masyarakat. Sebagian besar orang yang setuju dengan adanya kegiatan ini karena membawa banyak lapangan pekerjaan dan membawa kemakmuran. Namun di sisi lain bagi orang-orang yang tidak setuju dengan adanya kegiatan ini mereka menganggap bahwa dengan adanya kegiatan ini akan membawa kerusakan lingkungan. PT Marunda Grahamineral merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di

bidang ini. Pertambangan yang dilakukan oleh perusahaan ini salah satunya berlokasi di Murung Raya, Kalimantan Tengah. Pertambangan diperusahaan ini dilakukan dengan sistem tambang terbuka. Metode open pit mining ini memiliki kelemahan yaitu dapat menyebabkan dampak negatif berupa kerusakan lahan yang meliputi topografi, pencemaran limbah tambang, dan terjadinya suatu penurunan kualitas fisik, kimia dan biologi pada tanah disekitarnya (Hidayatullah, 2017). Aktivitas penambangan batubara ini juga menimbulkan dampak negatif berupa timbulnya air asam tambang atau AAT (Susanto, dkk., 2019). Air asam tambang ini terbentuk akibat adanya reaksi oksidasi, mineral pirit dan mineral sulfida lainnya yang telah tersingkap kedalam permukaan tanah (Wahyudin, dkk., 2018). Mineral sulfida tersebut kemudian akan bereaksi dengan air dan juga udara yang kemudian akan membentuk air asam tambang. Permasalahan yang terjadi pada area penelitian ini adalah ditemukannya air asam tambang dengan nilai pH yang tidak sesuai baku mutu lingkungan. Kemudian pada air asam tambang yang terbentuk di daerah ini berkaitan dengan parameter lain seperti TSS nilainya sendiri sudah sesuai dengan baku mutu dikarenakan dari dominasi tekstur tanah yang berupa pasir sehingga untuk kecepatan pengendapannya relatif lebih singkat.

Proses pengolahan air asam tambang atau AAT dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu dengan metode aktif dan pasif (Onwardana, dkk., 2020). Pengolahan air asam tambang dengan metode aktif salah satunya dapat dilakukan dengan melakukan penambahan kapur tohor. Kapur tohor atau yang biasa disebut (CaO) merupakan suatu hasil pembakaran kapur mentah. Penggunaan kapur tohor telah banyak diterapkan diberbagai perusahaan dan telah teruji dapat efektif menetralkan pH air asam tambang. Pengolahan air asam tambang pada daerah penelitian ini akan dilakukan dengan kombinasi tambahan yaitu berupa hasil kalsinasi limbah cangkang telur ayam. Jika dilihat dari komposisinya cangkang telur ayam ini mengandung beberapa zat seperti kalsium karbonat (CaCO₃) kurang lebih sebesar 94%, kemudian magnesium karbonat (MgCO₃) dan kalsium fosfat (Ca₃(PO₄)₂) masing-masing sebesar 1% dan yang terakhir adalah bahan organik sebesar 4% (Rivera, dkk., 1999). Keberadaan CaCO₃ ini dapat menetralkan adanya keasaman pada air. Reaksi penetralan air asam tambang dengan penambahan CaCO₃ dapat terjadi sesuai berikut:



METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ada 2 macam yaitu metode pengambilan data dan metode analisis data. Metode pengambilan data dilakukan dengan kegiatan sampling yang dilakukan di area Settling Pond 01 Menyango PT Marunda Grahamineral yang berlokasi di Desa Batu Bua, Kecamatan Laung Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Kalimantan Tengah. Pengambilan sampling dilakukan dengan grab sampling yaitu pada waktu-waktu tertentu dan dengan pengambilan sampel tersebut sudah mampu mewakili badan air (Ramdhani, dkk., 2019). Metode analisis data dilakukan dengan analisis regresi linear berganda, analisis laboratorium dan analisis deskriptif developmental. Data yang diperoleh secara langsung dilapangan merupakan data primer dan untuk data sekunder adalah data yang diperoleh dari perusahaan atau instansi lain yang berkaitan dengan penelitian.

Metode laboratorium dilakukan dengan melakukan pengujian pH dan TSS air asam tambang sebelum adanya perlakuan dan setelah adanya perlakuan dengan penambahan limbah cangkang telur dan kapur tohor. Hasil kalsinasi limbah cangkang telur akan dilakukan analisis XRF (X-Ray Fluorescence) untuk mengetahui kandungan dari hasil kalsinasi cangkang telur yang dilakukan. Penelitian ini menggunakan kapur tohor yang merupakan produk jadi yang berasal dari pembakaran kapur mentah pada suhu 95-105°C. Produk ini memiliki ciri-ciri berupa warna putih dan sudah diayak menjadi bentuk butiran halus. Pengujian yang dilakukan menggunakan air asam tambang masing-masing 1 liter yang diberi variasi dosis mulai dari 0,0015 sampai dengan 0,0105 gram, kemudian juga ada variasi dari produk yang digunakan yaitu campuran kapur tohor dengan kalsinasi limbah cangkang telur dengan variasi suhu 0°C, 100°C, 200°C, 500°C dan 900°C. Setelah dilakukan pemberian variasi dosis limbah cangkang telur dan kapur tohor dilakukan perbandingan nilai pH dan TSS antara sebelum adanya perlakuan dan sesudah adanya perlakuan.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode analisis regresi linear berganda dan metode deskriptif developmental. Metode regresi linear berganda pada penelitian ini berguna untuk menganalisis dan menemukan adanya korelasi antara pengaruh suhu kalsinasi dan treatment pemberian variasi dosis hasil kalsinasi limbah cangkang telur dan kapur tohor terhadap pH dan TSS. Analisis data dengan metode regresi linear berganda pada data sampel air asam tambang yang dilakukan dengan software minitab dengan Y (Variabel Dependen) yaitu pH/TSS dan untuk X1 dan X2 (Variabel Independen) yaitu suhu kalsinasi dan dosis treatment. Metode analisis deskriptif ini dilakukan untuk menggambarkan atau mendeskripsikan secara sistematis dan faktual mengenai fakta-fakta yang ditemui selama penelitian. Data-data yang sudah didapatkan selama penelitian selanjutnya dilakukan analisis deskriptif developmental yaitu dilakukan dengan membandingkan suatu kriteria atau parameter dengan ketetapan atau standar yang telah ada yang pada penelitian ini menggunakan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 113 tahun 2003, tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penelitian yang dilakukan diawali dengan pengumpulan dari limbah cangkang telur yang berasal dari kantin atau tempat pembuatan makanan di area PT Marunda Grahamineral. Setelah terkumpul selanjutnya dilakukan penghalusan limbah cangkang telur tersebut. Setelah selesai dihaluskan selanjutnya akan dilakukan proses kalsinasi dari limbah cangkang telur. Proses kalsinasi ini merupakan suatu proses yang dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan tertentu atau kotoran pada suatu bahan, kemudian proses pemanasan yang dilakukan di bawah titik leburnya.

Berdasarkan hasil kalsinasi yang telah dilakukan terjadi perbedaan secara fisik akibat pengaruh dari perubahan suhu kalsinasi. Berdasarkan hasil percobaan, sampel limbah cangkang telur tanpa perlakuan kalsinasi tidak terjadi perubahan apapun atau dapat dikatakan secara fisik yang masih sama. Hasil kalsinasi pada suhu 100°C juga menghasilkan hasil produk yang belum terlalu ada perubahan yang mencolok. Hasil kalsinasi suhu 200°C dihasilkan produk dengan warna yang agak lebih tua. Produk hasil kalsinasi pada suhu 500°C dihasilkan produk berwarna ke abu-abuan dan untuk kalsinasi 900°C dihasilkan produk dengan warna putih.



Gambar 1 Hasil Limbah Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi (Tengah), Kalsinasi Suhu 100°C (Kanan) dan Kalsinasi Suhu 200°C (Kiri)

Sumber: Penulis (2023)



Gambar 2. Hasil Kalsinasi Pada Suhu 500°C (Kanan) dan Suhu 900°C (Kiri)

Sumber: Penulis (2023)

Pada proses kalsinasi yang telah dilakukan memiliki hasil seperti dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya oleh (Razali, dkk., 2021) dimana akan terjadi transformasi perubahan warna dari adanya perbedaan suhu perlakuan kalsinasi dari tanpa kalsinasi sampai dengan suhu 900°C. Mulai suhu 600°C terdapat hasil kalsinasi berwarna gelap abu-abu kehitaman, kemudian seiring dengan naiknya suhu sampai dengan suhu 900°C akan muncul warna putih hingga menyeluruh sesuai dengan Gambar 2.

Tabel 1 Pengukuran Berat Akhir Dari Kalsinasi Limbah Cangkang Telur

No.	Kalsinasi Suhu (Celcius)	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Persentase Penurunan Berat (%)
1.	Tanpa Kalsinasi	10	10	0
2.	100	10	9,915	0,85
3.	200	10	9,909	0,91
4.	500	10	9,140	8,60
5.	900	10	5,159	48,41

(Keterangan: Keseluruhan Berat Awal 10 Gram)

Pada suhu 100°C mulai terjadi proses penguapan air sehingga kandungan air pada cangkang telur telah menguap, dikarenakan pada suhu 100°C ini merupakan titik didih dari air. Hal ini dapat terlihat dari adanya penurunan berat akhir dengan persentase sebesar 0,085% dari berat total, namun berkaitan dengan warna belum ada perubahan pada sampel dengan suhu 100°C ini. Selanjutnya pada suhu 200°C mulai terjadi perubahan warna menjadi agak gelap dengan penurunan berat yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu sebelumnya. Pada proses ini mulai terjadi kerusakan pada bahan organik pada cangkang telur yang ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi lebih gelap. Senyawa organik dalam cangkang telur mudah rusak dan hilang pada suhu di atas 100°C (Razali, dkk., 2021).

Proses kalsinasi suhu 500°C, pada sampel kalsinasi cangkang telur terjadi perubahan warna menjadi abu kehitaman. Didapatkan pada suhu ini juga memiliki penurunan berat yang lebih besar dari sebelumnya yaitu sebesar 8,60% dari berat total dan kehilangan bahan organik pada cangkang telur semakin besar. Proses kalsinasi dengan suhu di bawah 600°C proses dekomposisi bahan organik pada cangkang telur

ayam belum sempurna (Abdilah dan Mentik, 2020). Warna abu kehitaman pada sampel kalsinasi cangkang telur pada suhu 500°C tersebut terjadi dikarenakan proses pembentukan CaO pada proses kalsinasi yang berlangsung tidak sempurna sehingga masih terdapatnya kandungan CO₂ pada produk yang dihasilkan. Serbuk gelap pada proses tersebut menandakan bahwa proses karbonasi belum selesai (Razali, dkk., 2021).

Limbah cangkang telur yang dikalsinasi pada suhu 900°C mengalami penurunan yang cukup signifikan yaitu sebesar 48,41%. Penurunan ini terjadi diakibatkan karena terjadinya proses penguapan air, dekomposisi bahan organik dan proses kalsinasi yang melepaskan CO₂ yang terjadi dengan sempurna. Proses kalsinasi pada suhu ini dihasilkan produk kalsinasi dengan warna putih. Dalam proses kalsinasi suhu 900°C yang berlangsung diperkirakan terjadi sempurna dengan kandungan CaO dengan persentase paling tinggi pada produk ini. Kandungan CaO yang sedemikian tinggi maka dapat diamati secara fisik bahwa CaO yang dihasilkan memiliki tingkat keputihan yang tinggi (Meilianti, 2017). Semakin tinggi temperatur dari proses kalsinasi maka akan semakin banyak persentase oksida logam yang terbentuk (Abdilah dan Mentik, 2020). Terbentuknya serbuk putih menunjukkan adanya oksida logam, jika semakin banyak serbuk putih yang terbentuk maka oksida logam yang terbentuk juga akan semakin banyak (Mohadi, dkk., 2016). Oksida logam ini merupakan suatu padatan kristal yang mengandung kation logam, jika bereaksi asam akan membentuk garam (netral) salah satunya adalah CaO.

Tabel 2. Hasil XRF Hasil Kalsinasi Cangkang Telur Suhu 900°C dalam waktu 1 Jam

Unsur	Kandungan
Mg	0,126%
Al	0,2%
S	450,5 ppm
Ca	69,822%
Fe	129,5 ppm
Cu	15,8 ppm
Sr	411,6 ppm
Y	23,4 ppm
Zr	25,5 ppm
Sn	132,9 ppm
Te	52,4 ppm
La	98,9 ppm
Ce	389,8 ppm
Pr	43,7 ppm
Nd	110,1 ppm
Yb	16,4 ppm

Sumber: Penulis (2023)

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kondisi kalsinasi yang paling tepat adalah pada suhu 900°C. Hal ini dapat dilihat pada suhu 900°C memiliki presentasi terbentuknya oksida logam dengan warna putih pekat terbanyak dibandingkan dengan suhu lainnya. Proses kalsinasi dengan suhu dibawah 900°C, seperti suhu 800°C limbah cangkang telur yang dikalsinasi berwarna hitam dengan sebagian memiliki warna putih, dan suhu 600°C yang keseluruhannya berwarna hitam pekat (Razali, dkk., 2021). Berdasarkan hasil pengujian XRF yang dilakukan didapatkan untuk persentase unsur Ca sebesar 69,822%. Proses kalsinasi pada suhu ini sudah tidak ditemukan lagi adanya unsur C yang menandakan bahwa proses karbonasi sudah berlangsung sempurna dan terbentuk unsur CaO. Terjadinya perubahan fisik dengan perbedaan warna pada sampel diakibatkan oleh adanya perbedaan perlakuan pada suhu kalsinasi. Proses penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa produk kalsinasi yang dihasilkan dipengaruhi oleh adanya perbedaan suhu dan waktu dalam proses kalsinasi.

Kualitas air asam tambang sebelum adanya perlakuan adalah 3,35 untuk pH dan 107 mg/L untuk TSS. Berdasarkan pengujian laboratorium yang dilakukan terhadap air asam tambang dengan parameter pH dan TSS didapatkan hasil pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Hasil Percobaan Variasi Dosis dan Suhu Kalsinasi Pada 1000 ml Air Asam Tambang untuk Parameter pH

Kalsinasi Suhu (Derajat Celcius)	Blanko		Dosis A (Gram)		Dosis B (Gram)		Dosis C (Gram)		Dosis D (Gram)		Dosis E (Gram)		Dosis F (Gram)		Dosis G (Gram)	
	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor
0	(0)	(0)	(0,015)	(0,015)	(0,030)	(0,030)	(0,045)	(0,045)	(0,060)	(0,060)	(0,075)	(0,075)	(0,090)	(0,090)	(0,105)	(0,105)
100	3,35		3,94		5,35		6,54		7,14		7,3		7,41		7,51	
200			4,57		5,77		6,75		7,25		7,57		7,69		7,86	
500			4,85		6,1		6,84		7,3		7,71		7,87		8,01	
900			5,46		6,35		6,91		7,49		7,73		8		8,08	
			5,73		6,98		7,57		7,96		8,25		8,36		8,47	

(Sumber : Penulis. 2023)

Tabel 4 Hasil Percobaan Variasi Dosis dan Suhu Kalsinasi Pada 1000 ml Air Asam Tambang untuk Parameter TSS

Kalsinasi Suhu (Derajat Celcius)	Blanko		Dosis A (Gram)		Dosis B (Gram)		Dosis C (Gram)		Dosis D (Gram)		Dosis E (Gram)		Dosis F (Gram)		Dosis G (Gram)	
	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor	Cangkang Telur	Kapur Tohor
0	(0)	(0)	(0,015)	(0,015)	(0,030)	(0,030)	(0,045)	(0,045)	(0,060)	(0,060)	(0,075)	(0,075)	(0,090)	(0,090)	(0,105)	(0,105)
100	107,1 mg/L		114 mg/L		117 mg/L		122,8 mg/L		124,6 mg/L		128 mg/L		136,8 mg/L		143,8 mg/L	
200			112,2 mg/L		115,8 mg/L		119,2 mg/L		121,2 mg/L		126,2 mg/L		131,6 mg/L		138,6 mg/L	
500			112 mg/L		114,2 mg/L		119 mg/L		121 mg/L		124,6 mg/L		128 mg/L		135 mg/L	
900			110,4 mg/L		114 mg/L		117,4 mg/L		119,2 mg/L		122,8 mg/L		126,2 mg/L		133,2 mg/L	
			108,8 mg/L		112,2 mg/L		115,8 mg/L		117,4 mg/L		119,2 mg/L		124,6 mg/L		129,8 mg/L	

(Sumber : Penulis. 2023)

Berdasarkan hasil analisis data dengan metode regresi linear berganda pada data sampel air asam tambang yang dilakukan dengan software minitab didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$Y \text{ (Perubahan pH)} = 4,084 + 0,000950X_1 + 40,89X_2 \quad (2)$$

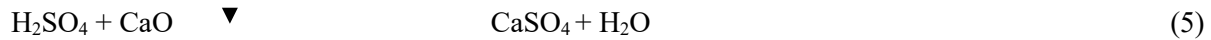
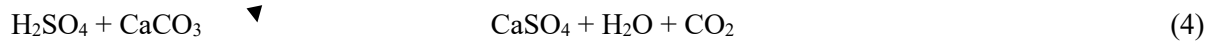
$$Y \text{ (Perubahan TSS)} = 109,520 - 0,00729X_1 + 253,7X_2 \quad (3)$$

Hasil analisis regresi linear berganda pada Persamaan 2, yang menunjukkan 4,084 memiliki nilai positif yang menunjukkan adanya pengaruh searah antara variabel independen dan dependen. Nilai positif pada variabel X1 dan X2 menunjukkan bahwa seiring dengan kenaikan suhu kalsinasi dan pemberian dosis menunjukkan bahwa nilai pH akan semakin naik. Nilai p value yang menunjukkan angka < 0,05 menunjukkan bahwa terdapat variasi dari hasil percobaan. Hasil p value yang yang diperoleh menunjukkan bahwa suhu kalsinasi dan pemberian dosis treatment secara parsial tidak mempengaruhi dari kenaikan nilai pH air asam tambang. Berdasarkan hasil perhitungan koefisien determinasi didapatkan nilai 82,78%. Hal ini menunjukkan signifikansi penggunaan bahan treatment dengan variasi suhu dan dosis secara simultan berpengaruh terhadap kenaikan dari nilai pH air asam tambang.

Hasil analisis regresi linear berganda pada Persamaan 3, yang menunjukkan 109,520 memiliki nilai positif yang menunjukkan adanya pengaruh searah antara variabel independen dan dependen. Nilai negatif pada variabel X1 berupa suhu dapat diartikan telah terjadi penurunan nilai TSS seiring dengan kenaikan suhu kalsinasi. Nilai positif pada X2 menunjukkan bahwa seiring dengan kenaikan dosis menunjukkan bahwa nilai TSS akan semakin naik. Nilai p value yang menunjukkan angka < 0,05 menunjukkan bahwa terdapat variasi dari hasil percobaan. Hasil p value yang yang diperoleh menunjukkan bahwa suhu kalsinasi dan pemberian dosis treatment secara parsial tidak mempengaruhi dari kenaikan nilai TSS air asam tambang. Berdasarkan hasil perhitungan koefisien determinasi didapatkan nilai 84,18%. Hal ini menunjukkan signifikansi penggunaan bahan treatment dengan variasi suhu dan dosis secara simultan berpengaruh terhadap kenaikan dari nilai TSS pada air asam tambang.

Pada pengamatan yang dilakukan secara langsung pada saat di laboratorium, pH dan TSS akan cenderung

naik saat dilakukan penambahan dosis treatment. Hal ini dikarenakan semakin banyak kapur dan hasil kalsinasi limbah cangkang telur yang ditambahkan ke dalam sampel maka kadar kapur CaCO_3 maupun CaO ke dalam air asam tambang juga semakin banyak. Hal ini tentu memicu terjadinya reaksi:



Kemudian kenaikan pH juga terjadi seiring dengan semakin tingginya perlakuan suhu kalsinasi terhadap limbah cangkang telur. Hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu kalsinasi maka persentase oksida logam yang terbentuk juga semakin banyak, hal ini dapat ditandai dengan adanya serbuk warna putih pada hasil kalsinasi. Berdasarkan grafik tersebut terjadi peningkatan yang signifikan mulai dari dosis A sampai dosis E, namun mulai pada dosis F dan G peningkatan nilai pH cenderung lebih kecil dan bisa dikatakan menuju konstan. Hal ini terjadi dikarenakan bahan kapur tohor dan hasil kalsinasi limbah cangkang telur sudah mulai mendekati pada titik jenuh. Nilai pH yang cenderung konstan menunjukkan bahwa bahan ini telah berada pada titik jenuh (Metboki, dkk., 2018).

Penambahan dosis limbah cangkang telur dan kapur tohor juga berpengaruh terhadap nilai TSS. Berdasarkan data hasil percobaan didapatkan nilai TSS akan semakin naik dengan seiring dengan penambahan dosis treatment, hal ini dikarenakan semakin banyak penambahan dosis treatment akan menyebabkan adanya bahan yang tidak terlarut semakin banyak. Berdasarkan hasil percobaan nilai TSS akan berkurang seiring dengan semakin tingginya suhu kalsinasi, dikarenakan hal ini semakin tinggi suhu kalsinasi maka tingkat kelarutan pada air asam tambang juga semakin tinggi, tentunya hal ini dapat dilihat dari Tabel 4 nilai TSS akan semakin menurun seiring dengan adanya peningkatan pada suhu. Penurunan nilai TSS akibat kenaikan suhu kalsinasi ini dikarenakan pada suatu zat dengan fasa padat, semakin tinggi suhu maka jarak antar molekul zat padat menjadi lebih renggang, hal ini tentunya menyebabkan ikatan bahan treatment berupa hasil kalsinasi limbah cangkang telur menjadi lebih renggang dan mudah terlepas oleh gaya tarik molekul-molekul pada air.

Berdasarkan dari data hasil percobaan penggunaan campuran kapur tohor dan kalsinasi limbah cangkang telur ini dapat digunakan untuk bahan penetral AAT. Jika mengacu pada baku mutu untuk nilai pH baku mutunya adalah 6-9 sedangkan nilai TSS adalah dibawah 400 mg/L. Dapat dilihat dari tabel hasil uji data untuk mencapai pH diatas 6-9, diperlukan dosis C (0,045 gram kapur tohor dan kalsinasi cangkang telur) pada suhu 0-100°C, kemudian untuk suhu kalsinasi 200°C - 900°C hanya diperlukan dosis B (0,030 gram kapur tohor dan kalsinasi cangkang telur). Nilai TSS dari adanya penambahan dosis B dan C tersebut masih sesuai dengan baku mutu. Berdasarkan data percobaan tersebut didapatkan bahwa pada suhu 900°C yang dinilai memiliki tingkat pengaruh tertinggi, hal ini dapat dilihat dari adanya perubahan pH yang paling signifikan dari bahan yang lainnya. Produk hasil kalsinasi suhu 900°C inilah yang memiliki nilai TSS terendah dibandingkan dengan produk hasil kalsinasi suhu lain.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa adanya perlakuan penambahan bahan pengolahan air asam tambang berupa limbah cangkang telur dan kapur tohor berpengaruh terhadap adanya perubahan nilai pH dan TSS. Seiring dengan penambahan dosis limbah cangkang telur dan kapur tohor maka akan terjadi kenaikan untuk nilai pH dan TSS. Semakin tinggi suhu kalsinasi pada limbah cangkang telur maka pengaruhnya akan meningkatkan nilai dari pH air asam tambang. Didapatkan bahwa pada suhu kalsinasi limbah cangkang telur sebesar 900°C memiliki pengaruh tertinggi berkaitan dengan parameter pH dengan menetralkan pH yang awalnya 3,35 menjadi 7,57 dengan dosis 0,045 gr/liter sedangkan nilai TSS akan naik dari 107,1 mg/liter menjadi 115,8 mg/liter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada dosen Jurusan

Teknik Lingkungan UPN “Veteran Yogyakarta atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama menyusun penelitian, kepada seluruh jajaran divisi KPLH PT Marunda Grahamineral dan kepada kedua orangtua yang selalu memberikan dukungan, bantuan, doa, semangat dan materi, saudara-saudai teknik lingkungan 2019 serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adbilah, F., Mentik, H. 2020. Efektivitas Cangkang Telur untuk Menurunkan Bilangan Peroksida dan Asam Lemak Bebas pada Minyak Jelantah. *Jurnal Fullerene* Vol. 5 (2).
- Dvorak, P., Palicka, O., Fotju, R., Vavrova, Z., Niedoba, M. 2017. Reducing SO₂ Emissions in the Czech Republic in Accordance with Legislation Valid from 2021. *Earth and Environment Science* 92 (2017).
- Hidayatullah S.R., Dwi W.E. & Hidayat, Y. 2017. Karakterisasi Fisik Dan Kelembaban Tanah Pada Berbagai Umur Reklamasi Lahan Bekas Tambang. *Buletin Tanah dan Lahan* Vol 1 (1) Hal. 72-78.
- Menteri Indonesia. 2003. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara. Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Meilianti. 2017. Isolasi Kalsium Oksida (CaO) Pada Cangkang Sotong dengan Proses Kalsinasi Menggunakan Asam Nitrat Dalam Pembuatan Precipitated Calcium Carbonat (PCC). *Jurnal Distilasi* Vol. 2 (10).
- Metboki, M., Lake, Yohana. 2018. Analisis Masa Pakai Kapur (CaCO₃) dan Zeolite Alam Sebagai Bahan Penetral Air Asam Tambang dan Penyerap Logam Fe pada Kolam Pengendapan (Settling Pond) PT. SAG KSO PT. Semen Kupang. *Prosiding Rekayasa Nasional Teknologi Industri dan Informasi XIII Tahun 2018*.
- Mohadi, R., Anggraini, K., Riyanti, F., Lesbani, A. 2016. Preparation Calcium Oxide (CaO) From Chicken Eggshells. *Sriwijaya Journal of Environment* Vol. 1 (2).
- Onwardana, M., Andari, R., Tibri, T., Ardiansyah, E. 2020. Studi Efektivitas Penggunaan Kapur Tohor (CaO) Dan Soda Kaustik (NaOH) Pada Pengelolaan Air Asam Tambang. *Jurnal Saintek ITM* Vol. 33 (1).
- Ramdhani, J., Asrifah, D., Wahyuning W.I. 2019. Pengolahan Air Lindi Menggunakan Metode Constructed Wetland di TPA Sampah Tanjungrejo, Desa Tanjungrejo, Kecamatan Jekulo, Kabupaten Kudus. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan* Vol 1(2) ISSN 2460-691X.
- Razali, N., Musa, F.A., Jumadi, N., Jalani, A.Y. 2021. Production of Calcium Oxide from Eggshell: Study on Calcination Temperature, Raw Weight and Contact Time. *Proceedings of RSU International Reserch Conference 2021*.
- Rivera, E.M., Araiza, M., Brostow, W., Castano, V.M., Estrada, J.R.D., Hernandez, R., Rodriguez, J.R. 1999. Synthesis Of Hydroxyapatite From Eggshells. *Materials Letters* 41 (1999) Hal. 128-134.
- Susanto, D., Stevano A.Y., Ratminah, W.D. 2019. Kajian Teknis Penanganan Air Asam Tambang Dengan Menggunakan Metode Active Treatment Di Kolam Pengendapan Lumpur (Kpl) Pit 3 Barat Baru Pt. Bukit Asam, Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XIV Tahun 2019* Hal. 152-159 ISSN: 1907-5995.
- Wahyudin, I., Widodo, S., Nurwaskito, A. 2018. Analisis Penanganan Air Asam Tambang Batubara. *Jurnal Geomine* Vol. 6 (2).