

Analisis Pengaruh Kapasitas Penetralan Batugamping Dengan Menggunakan Metode *Acid Buffering Characteristic Curve*

*Firman Nullah Yusuf**, Alfian Nawir, Zulkifli, Arif Nur Waskito, Nur Asmiani, Mohammad Salman Said, Hasbi Bakri, Mubdiana Arifin, Citra Aulian Chalik, Muhamad Hardin Wakila
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim
Indonesia, Indonesia

*Email: firmannullah.yusuf@umi.ac.id

SARI

Air Asam Tambang (AAT) merupakan sebuah permasalahan lingkungan sebagai salah satu akibat dari kegiatan penambangan yang mempunyai nilai pH dan kandungan logam terlarut yang relatif tinggi. Salah satu material yang dapat dimanfaatkan dalam mengatasi permasalahan AAT yaitu batugamping. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik penetralan batugamping dalam menetralkan asam dan untuk mengetahui pengaruh ukuran butir batugamping terhadap kapasitas penetralan. Penelitian dilakukan dengan metode pengujian *Acid Buffering Characteristic Curve* (ABCC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel batugamping berukuran 0,074 mm (100 *mesh*) mampu mempertahankan pH atau menunjukkan sifat *buffer*-nya pada rentang pH 5 setelah terjadi penambahan asam sebanyak 8,4 Kg H₂SO₄/t. Sementara sampel batugamping berukuran 0,149 mm (200 *mesh*) mampu mempertahankan nilai pH pada rentang pH 6 atau menunjukkan sifat *buffer*-nya setelah terjadi penambahan asam sebanyak 1,2 Kg H₂SO₄/t. Kemudian semakin kecil ukuran butir batugamping maka semakin tinggi nilai pH yang dapat dipertahankan dan semakin besar ukuran butir batugamping maka semakin rendah nilai pH yang dapat dipertahankan.

Kata kunci: air asam tambang; *buffer*; ukuran butir; nilai pH.

ABSTRACT

Acid Mine Drainage (AMD) is an environmental problem as a mining activities consequence that has a relatively high pH value and dissolved metal content. One of the materials that can be utilized in solving AMD problems is limestone. The purposes of this study are to determine the neutralizing characteristics of limestone in acid neutralization and to determine the effect of limestone's grain size on neutralizing capacity. The research method is Acid Buffering Characteristic Curve (ABCC) test method. The results show that the limestone sample measuring 0.074 mm (100 mesh) can maintain the pH or show its buffer properties in the pH 5 range after the acid addition as much as 8.4 Kg H₂SO₄/t.

How to Cite: Yusuf, N.A., Nawir, A., Zulkifli, Waskito, A.N., Asmiani, N., Said, M.S., Bakri, H., Arifin, M., Chalik, C.A., Wakila, M.H., 2021. Analisis Pengaruh Kapasitas Penetralan Batugamping Dengan Menggunakan Metode *Acid Buffering Characteristic Curve*. Jurnal Geomine, 9(1): 39-48.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submited 30 Maret 2021
Received in from 01 April 2021
Accepted 30 April 2021

Lisensec By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Meanwhile, the limestone sample measuring 0.149 mm (200 mesh) can maintain the pH value in the pH range of 6 or shows its buffer properties after an acid addition of 1.2 Kg H₂SO₄/t. Then, the smaller the limestone's grain size, the higher the pH value that can be maintained, and the bigger the limestone grain size, the lower the pH value that can be maintained.

Keyword: acid mine drainage; buffer, grain size; pH value.

PENDAHULUAN

Salah satu dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan dari kegiatan penambangan adalah air asam tambang (AAT). Air asam tambang (AAT) terbentuk sebagai hasil oksidasi mineral sulfida tertentu yang terkandung dalam batuan oleh oksigen di udara pada lingkungan berair (Gautama, 2012 dalam Damayanti, Lindu and Iswanto, 2018). AAT dicirikan oleh pH yang sangat rendah dan konsentrasi sulfat dan logam yang tinggi yang dapat berakibat fatal bagi lingkungan. Pirit dapat terus menghasilkan lindi asam selama ratusan tahun setelah pengendapan jika tidak dikelola dengan baik (Rambe and Nurkhamim, 2020). Berdasarkan pengalaman di berbagai tambang di dunia, sekali Air Asam Tambang terbentuk maka akan sulit untuk menghentikannya, secara teoritis proses akan berhenti jika salah satu dari reaktan yang terlibat (mineral sulfida, air dan udara) dalam rekasi pembentukan air asam tambang telah habis atau tidak tersedia lagi (sayoga, 2014 dalam Tuheteru, Gautama and Kusuma, 2016). Air dari sumber mana pun yang terdapat di lokasi penambangan adalah sesuatu yang harus diperhitungkan dan diperhatikan dengan baik keberadaannya (Suryadi and Kusuma, 2019). Adanya suhu dan curah hujan yang tinggi menjadi faktor pendukung terbentuknya AAT di Indonesia. Oleh karena itu dalam hal pelestarian lingkungan di Indonesia, maka permasalahan AAT harus segera dicegah (Matsumoto *et al.*, 2017).

Agar operasional penambangan dapat memadai dan terkontrol selama masa penambangan, diperlukan pendekatan yang komprehensif untuk memprediksi dan memberikan manfaat yang mencakup minimalisasi dampak lingkungan dan pengurangan kewajiban keuangan yang terkait dengan penutupan. Pendekatan seperti itu membutuhkan analisis terhadap jumlah sampel yang memadai dan kerangka waktu penyelesaian yang singkat untuk mengumpulkan data terkait yang memungkinkan klasifikasi limbah dasar (Lottermoser, 2016).

Teknologi pengolahan AAT terbagi menjadi tiga cara yaitu teknologi pengolahan aktif (*active treatment*), teknologi pengolahan pasif (*passive treatment*) dan teknologi pengolahan in situ (*in situ treatment*) (Gautama, 2014 dalam Said *et al.*, 2019). Kemudian terdapat pula sebuah metode yang dikenal sebagai metode *dry cover*. Metode tersebut dianggap sebagai metode yang paling efektif untuk meminimalkan penetrasi udara dan air. Metode tersebut juga merupakan metode yang tidak membutuhkan dana yang banyak karena dibangun berdasarkan ketersediaan sumber material penutup pada area tambang (Win *et al.*, 2020). Bagaimanapun, pemilihan metode pengelolaan AAT yang tepat tergantung pada tingkat efisiensi dalam pengolahan sifat kimia air termasuk pH, konsentrasi logam dan sulfat dalam meminimalisir biaya dan resiko pada lingkungan (Rambe and Nurkhamim, 2020).

Pengolahan terhadap AAT secara aktif menggunakan bahan-bahan kimia yang mengandung kapur seperti CaCO₃, Ca(OH)₂, NaOH dan NH₃. Proses pengapuran dilakukan di saluran keluar serta saluran masuk pada kolam pengendapan lumpur. Pengolahan terhadap air asam tambang secara pasif umumnya mencontoh sistem lahan basah. Teknologi yang dapat digunakan dalam pengolahan air asam tambang secara pasif yaitu lahan basah buatan yang membutuhkan tanaman dan tanah yang selalu tergenang sebagai medianya (Rahmalia, Handayani and Iskandar, 2020).

Potensi batugamping di Indonesia sangat besar dan tersebar hampir merata di seluruh kepulauan Indonesia. Data yang pasti tentang jumlah sumberdaya batugamping belum ada. Namun secara umum potensi batugamping di Indonesia berdasarkan peta geologinya diperkirakan sekitar 28,678 miliar ton (Madiadipoera, 1990 dalam Aang, 2018). Sumber daya batugamping yang tersebar hampir di semua Provinsi yang terdapat di Pulau

Sulawesi juga telah banyak yang dimanfaatkan baik sebagai bahan baku semen ataupun bahan baku industri lainnya (Eksan, Zainuri and Kasim, 2019).

Beberapa penelitian sebelumnya berfokus pada perbandingan kemampuan penetralan batugamping dengan material lainnya, akan tetapi belum dapat memberikan data spesifik mengenai karakteristik penetralan yang dimiliki oleh batugamping. Oleh karena itu penelitian ini menganalisis kapasitas (ukuran butir) zeolit dalam proses penetralan dan kemampuannya dalam mempertahankan pH larutan setelah dititrasi HCl dengan menggunakan metode *Acid Buffering Characteristic Curve* (ABCC). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik penetralan batugamping dalam menetralkan asam serta untuk mengetahui pengaruh ukuran butir batugamping terhadap kapasitas penetralan.

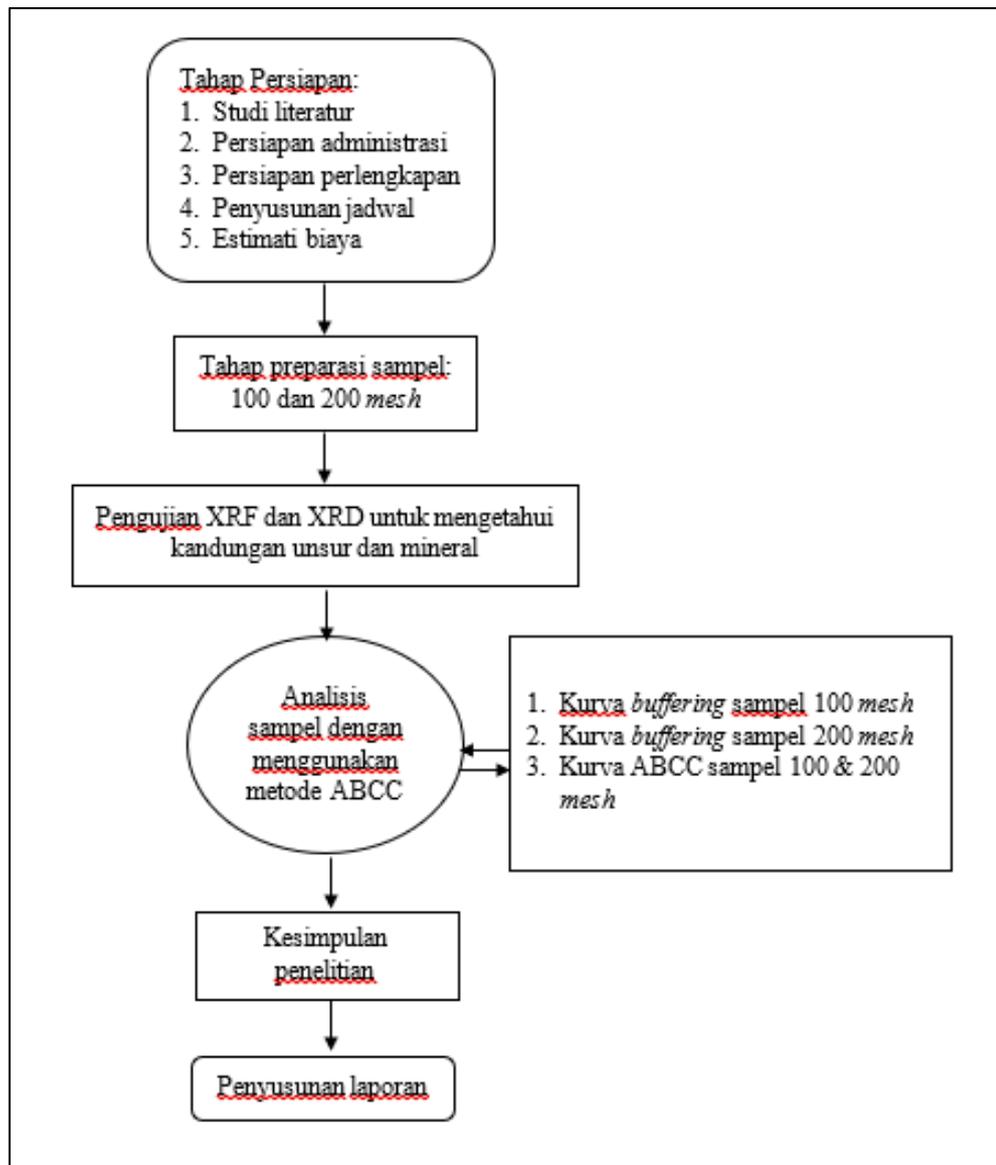
METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, tahap persiapan merupakan tahap pertama yang dilakukan dengan tujuan agar dapat penelitian yang direncanakan dapat disiapkan dengan baik. Tahap persiapan terdiri atas studi literatur, persiapan administrasi, perlengkapan dan peralatan penelitian, penyusunan jadwal penelitian, hingga estimasi perencanaan biaya penelitian. Setelah itu, tahap selanjutnya yaitu tahap preparasi sampel. Sampel batugamping yang akan menjadi objek penelitian dipreparasi menjadi dua ukuran butir yaitu sebesar 0,074 mm (100 *mesh*) dan 0,149 mm (200 *mesh*).

Kemudian setelah sampel dipreparasi, dilakukan pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui kandungan unsur dan mineral yang terdapat dalam sampel batugamping. Setelah itu, dimulai tahap pengujian sampel dengan menggunakan metode *Acid Buffering Characteristic Curve* (ABCC). Tes *Acid Buffering Characteristic Curve* (ABCC) dikembangkan oleh Miller dan Jeffery (1995) dan melibatkan titrasi sampel yang lambat dengan asam sambil terus memantau pH. Hasil ABCC memberikan indikasi tentang bagian mana dari *Acid Neutralizing Capacity* (ANC) yang diukur dalam sampel yang siap tersedia untuk netralisasi asam (Stewart, Miller and Smart, 2006).

Prosedur ABCC yang disempurnakan dalam (AMIRA International, 2002; Stewart, Miller and Smart, 2006) dilakukan sebagai berikut: (1) Sampel batugamping dengan ukuran 0,049 mm sebanyak 1 gr dicampur dengan larutan aquades sebanyak 100 ml dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 100 rpm (*revolution per minute*); (2) Pengambilan data pH menggunakan pH meter untuk mengetahui pH awal sampel sebelum dititrasi; (3) Berdasarkan nilai *Acid Neutralizing Capacity* (ANC) dari batugamping yaitu sebesar 207 Kg H₂SO₄/t (Mylona, Xenidis and Paspaliaris, 2000), maka titrasi HCl dilakukan dengan jumlah penambahan asam di setiap titrasi yaitu sebanyak 0,4 ml menggunakan pipet tetes; (4) Pengukuran pH sampel setelah proses titrasi dengan menggunakan pH meter; (5) Langkah 3 – 4 berulang hingga titrasi ke 100 atau jumlah penambahan asam sebanyak 40 Kg H₂SO₄/t atau sebanyak 40 ml HCl. Perlakuan yang sama juga untuk sampel batugamping berukuran 0,149 mm (200 *mesh*).

Setelah proses pengujian selesai dilakukan, maka semua data yang diperoleh diolah untuk mendapatkan kurva titrasi dan kurva ABCC dari kedua sampel. Kemudian seluruh data hasil analisis dan pengujian dipaparkan dalam bentuk laporan ilmiah.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN

Pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF)

Pengujian XRF dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur yang terdapat di dalam sampel penelitian. Selain itu, hasil analisis tersebut juga dapat membantu dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan nilai pH pada sampel saat diuji dengan menggunakan metode *Acid Buffering Characteristic Curve* (ABCC).

Tabel 1. Hasil Analisis XRF Batugamping

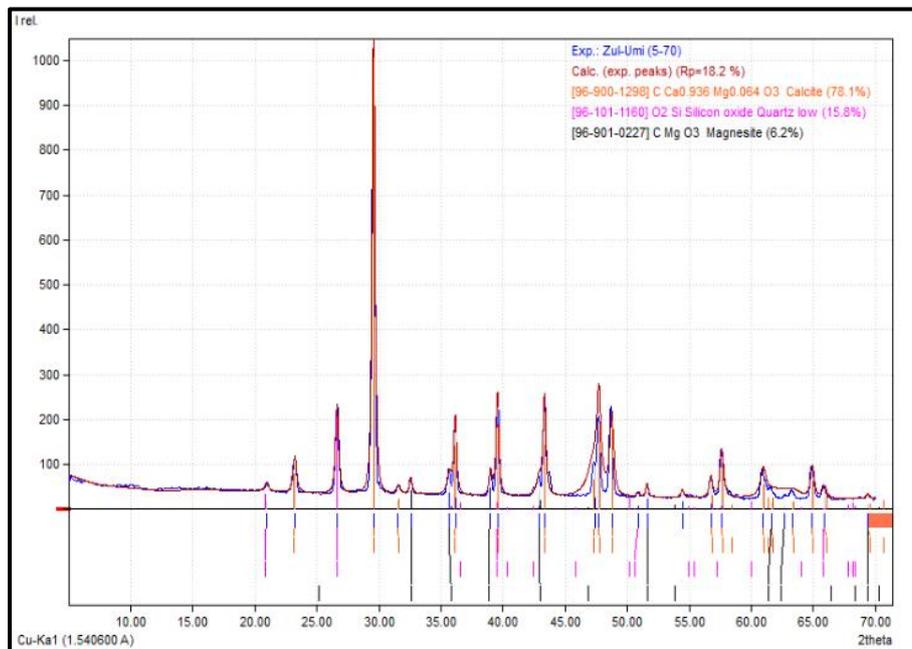
Komposisi (%)										
SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	CO ₂	H ₂ O
2,66	1,03	0,06	0,60	1,02	53,40	0,20	0,17	0,004	40,72	0,14

Berdasarkan hasil analisis XRF (table 1), sampel tersebut terdiri atas dominan kalsium oksida. Selain itu terdapat juga aluminium oksida dan oksida alkali/alkali tanah seperti magnesium, kalium, natrium dan kalsium. Dengan bobot persentase untuk kalsium oksida sebesar 53,40%, dan komposisi berkisar antara 0,004 – 40,72%.

Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD)

Analisis selanjutnya yaitu analisis komposisi mineral pada sampel batugamping dengan menggunakan pengujian XRD pada sampel batugamping untuk mengetahui komposisi penetral yang terkandung di dalam batugamping.

Berdasarkan hasil analisis XRD (tabel 2), sampel batugamping mengandung beberapa mineral yang didominasi oleh mineral kalsit dengan persentase sebesar 78,1%. Kemudian, terdapat juga mineral kuarsa dan magnesit dengan bobot persentase masing-masing sebesar 15,8 dan 6,2%. Berdasarkan data tersebut, sampel batugamping memiliki kandungan penetral yang diindikasikan oleh adanya mineral kalsit yang mengandung unsur Ca. hal ini juga diperkuat oleh data hasil pengujian unsur dengan analisis XRF. Unsur Ca pada sampel batugamping merupakan sumber alkalinitas sebagai sumber penetral asam.



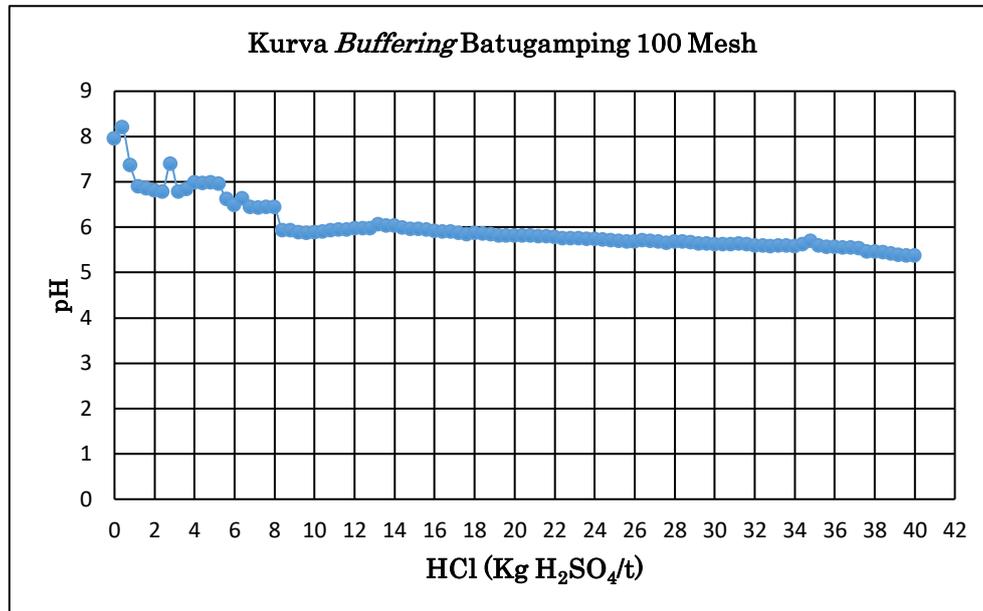
Gambar 2. Grafik Hasil Analisis XRD

Tabel 2. Hasil analisis XRD

No	Kode Sampel	Mineral	Estimasi jumlah wt. %	Keterangan
01	ZU	Kalsit (CaCO ₃)	78,1	Unidentified peak ~7,2 %
		Kuarsa (SiO ₂)	15,8	
		Magnesit (MgCO ₃)	6,2	

Hasil Pengujian Batugamping 0,047 mm

Setelah dilakukan pengujian ABCC batugamping dengan ukuran butir 0,074 mm (100 *mesh*), maka didapatkan nilai pH sebagai berikut:



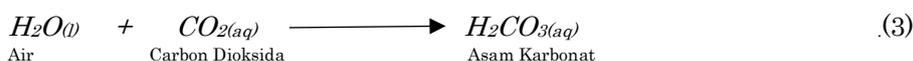
Gambar 3. Kurva *Buffering* Batugamping 0,074 mm

Hasil pengujian sampel batugamping 0,074 mm (gambar 3) dengan metode ABCC menunjukkan bahwa batugamping tersebut memiliki sifat basa dengan nilai pH awal sebesar 7,94 (sebelum dititrasi). Kemudian, hasil dari titrasi pertama dengan penambahan asam sebanyak 0,4 Kg H₂SO₄/t mengakibatkan kenaikan pH menjadi 8,2. Setelah itu, pada titrasi berikutnya pH larutan turun secara drastis. Namun pada titrasi ke-7 dengan penambahan asam sebanyak 2,8 Kg H₂SO₄/t nilai pH larutan menjadi naik yaitu menjadi 7,39, sedangkan pada titrasi selanjutnya (titrasi ke-8) dengan penambahan 3,2 kg H₂SO₄/t kembali turun dan berangsur-angsur mempertahankan pH-nya yakni pada titik pH 6-5.

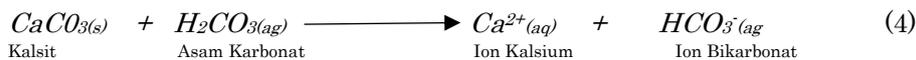
Penurunan nilai pH larutan pada setelah titrasi ke-2 hingga titrasi ke-7 disebabkan karena terjadinya reaksi pada kalsit (CaCO₃) yang mendapat ion hidrogen (H⁺) dari larutan. Adapun pengaruh reaksi CaCO₃ yang mendapat ion Hidrogen dalam larutan sehingga membentuk ion Ca (kalsium) dan Ion bikarbonat (HCO₃) dapat dilihat pada reaksi berikut ini:



Kalsit (CaCO₃) yang mempunyai nilai transfer mol positif sehingga menyebabkan terjadi reaksi pelarutan kalsit oleh air asam sehingga akan menghasilkan gas karbon dioksida (CO₂). Konsentrasi karbon dioksida (CO₂) yang terlarut dalam air menjadi faktor yang mempengaruhi turunnya nilai pH. Penyebabnya adalah karbon dioksida memicu naiknya konsentrasi ion hidrogen yang membuat kadar pH air menurun. Itu artinya ketika karbon dioksida tinggi, secara otomatis pH air akan menjadi asam. Kemudian pada kondisi terlarut, gas karbon dioksida bereaksi dengan air dan membentuk asam karbonat. Proses terbentuknya ion karbonat (CaO₃) dalam senyawa H₂CO₃ karena kelarutan karbon dioksida dalam air dapat dilihat pada reaksi berikut:



Terbentuknya Asam karbonat ini akan mempengaruhi nilai pH, dimana Asam karbonat (H_2CO_3) yang terbentuk akan bereaksi dengan kalsit ($CaCO_3$) yang akan membentuk ion kalsium (Ca) dan ion bikarbonat (HCO_3^-). Jika air memiliki konsentrasi kalsium dan ion bikarbonat yang cukup tinggi, maka bisa dipastikan pH-nya akan berubah. Dari yang awalnya netral, maka air akan berubah menjadi basa sehingga nilai pH-nya menjadi meningkat. Peningkatan nilai pH pada titrasi pertama dan ke-7 bisa jadi disebabkan karena terbentuknya ion kalsium (Ca) dan ion bikarbonat (HCO_3^-). Apabila awalnya asam, maka bisa berubah menjadi netral setelah mendapat tambahan ion karbonat dan bikarbonat (Nurfasiha and Kusuma, 2020). Adapun reaksi antara asam karbonat (H_2CO_3) yang terbentuk dengan kalsit ($CaCO_3$) akan membentuk ion kalsium dan 2 ion bikarbonat dengan reaksi sebagai berikut:

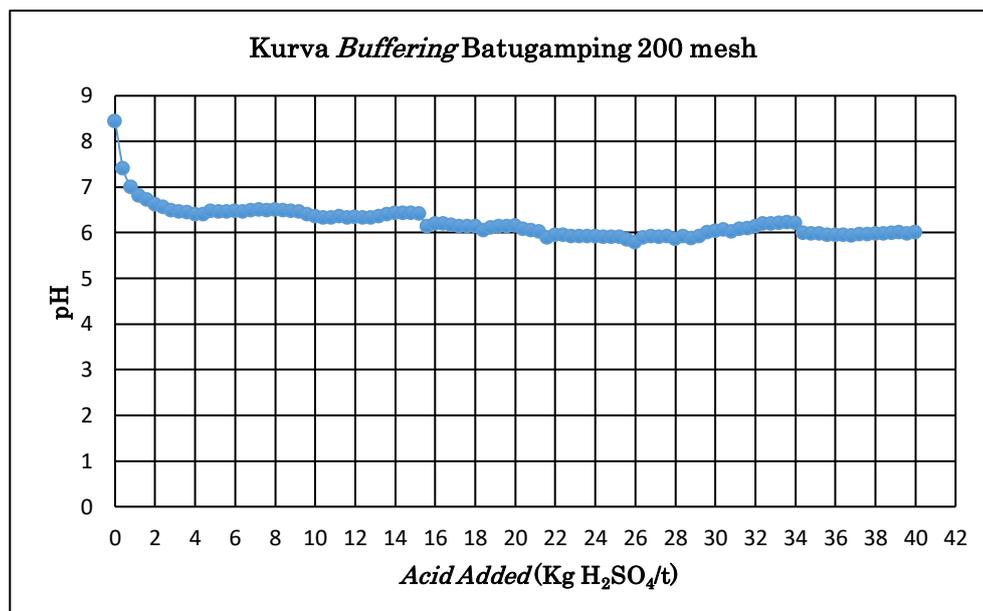


Seiring banyaknya jumlah penambahan asam maka ion bikarbonat akan membentuk asam bikarbonat kembali yang menyebabkan larutan akan menjadi asam dan pH larutan akan semakin turun.

Pada titrasi ke-22 sampel tersebut mulai menunjukkan sifat *buffer*-nya dengan mempertahankan nilai pH berkisar di angka 5. Kemudian pada titrasi terakhir dengan total penambahan asam sebesar 40 Kg H_2SO_4/t , pH sampel masih bertahan di seputar angka 5 yakni sebesar 5,37. Bertahannya nilai pH sampel di kisaran angka lima diakibatkan karena adanya unsur Ca pada sampel sebagai sumber penetral asam yang masih memiliki kapasitas penetralannya sehingga masih bereaksi dalam menetralkan asam.

Hasil Pengujian Batugamping 0,149 mm

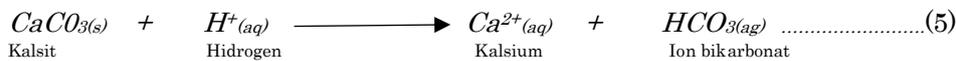
Setelah dilakukan pengujian ABCC batugamping dengan ukuran butir 0,149 mm (200 *mesh*), maka dilanjutkan dengan pengujian sampel dengan ukuran butir 0,149 mm. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai pH sebagai berikut:



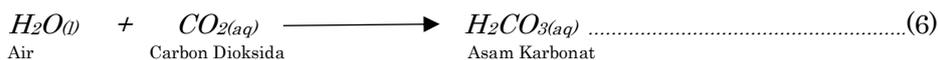
Gambar 4. Kurva *Buffering* Batugamping 0,149 mm

Hasil pengujian sampel batugamping 0,149 mm (gambar 4) dengan metode ABCC menunjukkan sampel batugamping tersebut memiliki sifat basa yang menengah yang ditunjukkan dengan nilai pH awal (sebelum dititrasi) sebesar 8,45. Setelah titrasi pertama

dilakukan, nilai pH sampel mulai menurun dan mulai menunjukkan sifat *buffer*-nya pada titrasi ke-3 atau setelah penambahan asam sebanyak 1,2 Kg H₂SO₄/t yakni nilai pH sampel menunjukkan pH 6,82. Turunnya nilai pH sampel secara drastis dari pH 8,45 ke 6,82 dapat dijelaskan pada persamaan berikut:



Penurunan nilai pH secara drastis setelah titrasi ke-3 disebabkan karena terjadinya reaksi pada kalsit (CaCO₃) yang mendapat ion hidrogen (H⁺) dari larutan sehingga membentuk ion Ca (kalsium) dan Ion bikarbonat (HCO₃). Gas karbondioksida (CO₂) dihasilkan karena adanya reaksi pelarutan kalsit oleh air asam hal tersebut terjadi karena kalsit (CaCO₃) yang mempunyai nilai transfer mol positif. Konsentrasi karbon dioksida (CO₂) yang terlarut dalam air menjadi faktor yang mempengaruhi turunnya nilai pH. Hal tersebut dapat terjadi karena karbon dioksida memicu naiknya konsentrasi ion hidrogen yang membuat kadar pH air menurun. Itu artinya ketika karbon dioksida tinggi, secara otomatis pH air akan menjadi asam. Kemudian pada kondisi terlarut, gas karbon dioksida bereaksi dengan air dan membentuk asam karbonat. Proses terbentuknya ion karbonat (CaO₃) dalam senyawa H₂CO₃ karena kelarutan karbon dioksida dalam air dapat dilihat pada reaksi berikut:

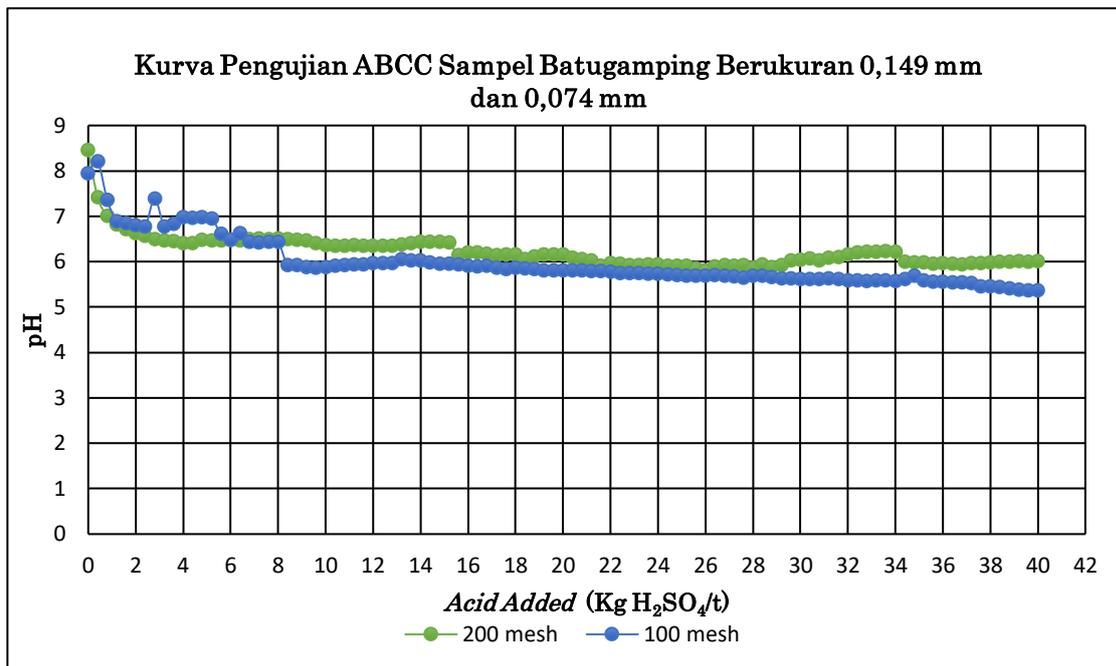


Setelah sampel mempertahankan nilai pH di kisaran pH 6 dengan *leg time* mulai dari titrasi ke-3 hingga pada titrasi ke-53. Kemudian pada saat titrasi ke-54, nilai pH sampel menunjukkan penurunan ke angka lima atau pada saat terjadi penambahan asam sebanyak 21,6 Kg H₂SO₄/t. Akan tetapi nilai pH sampel kembali naik berkisar di angka enam setelah terjadi penambahan asam sebesar 29,6 Kg H₂SO₄/t (titrasi ke-75). Selain itu perubahan pH dari pH 6 ke pH 5 juga terjadi pada saat penambahan asam sebanyak 34,8 Kg (titrasi ke-87) H₂SO₄/t dan kembali ke kisaran pH 6 setelah penambahan asam sebanyak 38,4 Kg H₂SO₄/t (titrasi ke-96).

Terjadinya perubahan nilai pH yang tidak tetap ini dapat disebabkan karena beberapa faktor. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai pH adalah suhu atau temperatur ruangan. Ketika suhu naik, maka kelarutan karbon dioksida (CO₂) akan menurun sehingga pH akan naik dan air bersifat basa. Sementara itu, ketika suhu atau temperatur ruangan menurun, maka suhu permukaan larutan akan ikut turun dan secara otomatis tingkat kelarutan karbon dioksida menjadi lebih tinggi. Oleh karenanya, saat suhu dingin, pH air akan turun dan larutan bersifat asam (Kapri, Koenawan and Jaya, 2018). Pengaruh suhu dikatakan sebagai faktor yang mempengaruhi hasil pengujian sampel 0,149 mm sehingga tidak konstan karena selama berlangsungnya penelitian, peneliti menggunakan AC (*Air Conditioner*) dalam ruangan, dan suhu AC pada saat pengujian sampel batugamping 0,149 mm tidak tetap karena disesuaikan dengan kondisi peneliti atau dengan kata lain ketika peneliti merasa kondisi ruangan panas maka peneliti menurunkan suhu AC dan sebaliknya ketika peneliti merasa kondisi ruangan terlalu dingin maka suhu AC dinaikkan.

Analisis Pengaruh Ukuran Butir

Berdasarkan hasil pengujian pada sampel batugamping 0,149 mm dan 0,074 mm (gambar 5) dapat dilakukan perbandingan sehingga diketahui beberapa perbedaan dari hasil pengujian pada ke dua sampel. Sampel dengan ukuran 0,149 mm memiliki pH awal (sebelum dititrasi) sebesar 8,45 sedangkan sampel dengan ukuran 0,074 mm memiliki pH awal sebesar 7,94 yang berarti nilai pH awal sampel 0,149 mm lebih tinggi dibandingkan dengan sampel dengan ukuran 0,074 mm.



Gambar 5. Hasil Pengujian Sampel Batugamping 100 dan 200 Mesh

Kemudian, sampel berukuran 0,149 mm dapat mempertahankan nilai pH (menunjukkan sifat *buffer*) pada kisaran pH 5 sedangkan sampel berukuran 0,074 mm mempertahankan nilai pH pada kisaran pH 6. Hal ini diakibatkan karena pengaruh bidang kontak yang dimiliki oleh masing-masing sampel. Pada bidang kontak tersebut terjadi rekasi antara sumber penetral asam yang terdapat dalam sampel dengan larutan asam (HCl). Bidang kontak yang dimiliki oleh sampel berukuran 0,149 mm lebih banyak dibandingkan dengan sampel berukuran 0,074 mm. Oleh karena itu, sampel berukuran 0,149 mm menunjukkan kapasitas penetralan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel pertama. Hal tersebut diperkuat oleh Nurfasiha and Kusuma (2020) bahwa kemampuan penetralan air asam tambang dipengaruhi oleh ukuran butir, semakin besar ukuran butir maka kenaikan nilai pH semakin rendah dan semakin kecil ukuran butir maka kenaikan nilai pH semakin tinggi. Selain itu, semakin besar ukuran butir batugamping maka kemampuan penetralan air asam tambang semakin berkurang.

Sehingga berdasarkan hal tersebut, dalam memenuhi regulasi standar baku mutu lingkungan dengan persyaratan rentang pH sebesar 6 – 9, maka hal ini dapat menjadi dasar pertimbangan dalam memilih ukuran batugamping yang ingin digunakan untuk menetralkan air asam.

KESIMPULAN

- Sampel batugamping berukuran 0,074 mm (100 *mesh*) mampu mempertahankan pH atau menunjukkan sifat *buffer*-nya pada rentang pH 5 setelah terjadi penambahan asam sebanyak 8,4 Kg H₂SO₄/t. Sementara sampel batugamping berukuran 0,149 mm (200 *mesh*) mampu mempertahankan nilai pH pada rentang pH 6 atau menunjukkan sifat *buffer*-nya setelah terjadi penambahan asam sebanyak 1,2 Kg H₂SO₄/t.
- Semakin kecil ukuran butir batugamping maka semakin tinggi nilai pH yang dapat dipertahankan dan semakin besar ukuran butir batugamping maka semakin rendah nilai pH yang dapat dipertahankan.

REFERENSI

- Aang, P. (2018) 'Potensi Batugamping Terumbu Gorontalo Sebagai Bahan Galian Industri Berdasarkan Analisis Geokimia Xrf', *Enviro Scienteeae*, 14(3).
- AMIRA *International* (2002) 'ARD Test Handbook', *Project P387A, Prediction and kinetic control of acid mine drainage*, (May), p. 42.
- Ardiansyah, F., Pranggono, H. and Madusari, B. D. (2020) 'Efisiensi Pertumbuhan Rumput Laut Caulerpa Sp. Dengan Perbedaan Jarak Tanam Di Tambak Cage Culture', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 21(1), pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101607> <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2020.02.034> <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cjag.12228> <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104773> <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.011> <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.011>
- Damayanti, P. P., Lindu, M. and Iswanto, B. (2018) 'Analisis Dosis Natrium Karbonat Na₂CO₃ dalam Kenaikan Nilai pH dengan Variasi Waktu Pengendapan (Studi Kasus Pada Azalea Pond PT. Kaltim Prima Coal)', *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan*, pp. 611–616.
- Eksan, D. H., Zainuri, A. and Kasim, M. (2019) 'Potensi Batugamping Untuk Bahan Baku Industri Semen Daerah Biluhu Timur Dan Sekitarnya', *Jambura Geoscience Review*, 1(2), pp. 68–76. doi: 10.34312/jgeosrev.v1i2.2380.
- Irvan, Trisakti, B. and Azka, N. (2020) 'Jurnal Teknik Kimia USU Pengaruh Laju Pengadukan Terhadap Stabilitas Digester Anaerobik Satu Tahap', 09(1), pp. 16–20.
- Kapri, A. A., Koenawan, C. J. and Jaya, Y. V. (2018) 'Pengaruh Suhu Terhadap Variabilitas Fisika-Kimia di Perairan Teluk Riau Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau', *Jurnal Artikel Ilmiah*, VII(3), pp. 1–10.
- Lottermoser, B. (2016) *Environmental indicators in metal mining, Environmental Indicators in Metal Mining*. doi: 10.1007/978-3-319-42731-7.
- Matsumoto, S. et al. (2017) 'Placement of waste rocks in waste dump for prevention of Acid Mine Drainage (AMD) by Cover system in open cast coal mine: Effects of water quality on AMD', *Inzynieria Mineralna*, 2017(1), pp. 97–102.
- Mylona, E., Xenidis, A. and Paspaliaris, I. (2000) 'Inhibition of acid generation from sulphidic wastes by the addition of small amounts of limestone', *Minerals Engineering*, 13(10), pp. 1161–1175. doi: 10.1016/S0892-6875(00)00099-6.
- Nurfasiha and Kusuma, G. J. (2020) 'Simulasi Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Open Limestone Channel Skala Laboratorium', *Geomine*, 8(April 2020), pp. 32–43.
- Rahmalia, Handayani, H. E. and Iskandar, H. (2020) 'Penetrulan Air Asam Tambang Menggunakan Tumbuhan', 22, pp. 67–73.
- Rambe, S. and Nurkhamim (2020) 'Overview Perbandingan Teknologi Alternatif Aktif Dan Pasif Dalam Pengelolaan Air Asam Tambang', 2020(113), pp. 149–155.
- Said, M. S. et al. (2019) 'Analisis Kandungan Fly Ash Sebagai Alternatif Bahan Penetrulan Dalam Penanggulangan Air Asam Tambang', 7(Desember), pp. 163–170.
- Stewart, W. A., Miller, S. D. and Smart, R. (2006) 'Advances In Acid Rock Drainage (Ard) Characterisation Of Mine Wastes', *7th International Conference on Acid Rock Drainage 2006, ICARD - Also Serves as the 23rd Annual Meetings of the American Society of Mining and Reclamation*, 3, pp. 2098–2119. doi: 10.21000/jasmr06022098.
- Suryadi, M. and Kusuma, G. J. (2019) 'Pengelolaan Air Asam Tambang Dari Dinding Bekas Penambangan Sebagai Alternatif Penanggulangan Pencemaran Lingkungan: Studi Kasus Tambang Batu Hijau, Nusa Tenggara Barat', *Jurnal Sositologi*, 18(3), p. 433. doi: 10.5614/sostek.itbj.2019.18.3.10.
- Tuheteru, E. J., Gautama, R. S. and Kusuma, G. J. (2016) 'Studi Kompaksi Batuan Penutup Untuk Pencegahan Terbentuknya Air Asam Tambang Pada Metode Enkapsulasi', 8(2), pp. 131–140.
- Win, T. S. et al. (2020) 'Application of Fly Ash and Organic Material as Dry Cover System in Prevention of Acid Mine Drainage Generation', *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 08(05), pp. 56–64. doi: 10.4236/gep.2020.85004.