



ANALISIS EFEKTIVITAS KAPUR TOHOR DAN ZEOLIT UNTUK PENINGKATAN pH DAN PENURUNAN KANDUNGAN LOGAM Fe DAN Cu PADA PENGOLAHAN AIR ASAM TAMBANG (Studi Kasus: *Pit* Batumarupa PT Makale Toraja Mining)

Chairul Wahyu Adha*, Muhammad Ramli, Meinarni Thamrin
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino KM.6 Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
*Email: chairulawadha@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efektivitas dua bahan kimia yaitu kapur tohor dan zeolit dalam menetralkan air asam tambang serta menghitung jumlah kebutuhan bahan kimia yang diperlukan untuk diterapkan di lapangan. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan metode pengadukan (jar test) dengan menerapkan beberapa variabel bebas seperti variasi dosis, variasi ukuran partikel, dan variasi kecepatan pengadukan. Perubahan pH yang terjadi diamati setiap 5 menit selama 2 jam pengadukan dengan menggunakan pH meter, sedangkan perubahan kandungan Fe dan Cu dianalisis menggunakan uji AAS. Berdasarkan nilai akhir pH, Fe dan Cu yang dihasilkan, kapur tohor merupakan bahan kimia yang paling efektif dengan dosis optimal 0,4 gram/liter dalam skala laboratorium. Hasil analisis korelasi juga menunjukkan bahwa ketiga variabel bebas yang diterapkan pada kapur tohor memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap nilai akhir pH, Fe dan Cu yang dihasilkan. Berdasarkan perhitungan data curah hujan periode 2012-2016 dengan periode ulang hujan 2 tahun, didapatkan bahwa volume air limpasan yang masuk ke settling pond adalah sebesar 8.241 liter/hari. Dengan demikian, jumlah kebutuhan bahan kimia yang diperlukan di lapangan berdasarkan dosis optimal laboratorium adalah sebanyak 3,3 kilogram/hari.

Kata kunci: air asam tambang, jar test, kapur tohor, kolam pengendapan, zeolit

1. PENDAHULUAN

PT Makale Toraja Mining merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan galena dan beroperasi di Desa Sangkaropi, Kabupaten Toraja Utara. Perusahaan ini menerapkan sistem penambangan terbuka (*open pit mining*) sehingga memiliki potensi pembentukan air asam tambang yang sangat tinggi.

Upaya yang diterapkan PT Makale Toraja Mining dalam mengolah air asam tambang adalah melalui kolam pengendapan (*settling pond*). Kolam pengendapan tersebut berfungsi untuk mengolah air asam tambang hingga memenuhi standar baku mutu lingkungan. Namun demikian, kondisi kolam pengendapan yang ada di lapangan tidak berfungsi dengan baik dikarenakan banyaknya sedimen yang menumpuk di setiap bagian kolam. Kondisi tersebut menyebabkan air asam tambang masih memiliki nilai pH yang rendah yaitu senilai 2,5 serta kandungan logam Fe dan Cu yang tinggi dengan nilai masing-masing mencapai 25,4 mg/liter dan 5,69 mg/liter. Hal ini menyebabkan terjadinya pencemaran di sekitar daerah penambangan terutama anak sungai Sa'dan yang menjadi tempat pembuangan air limbah dari PT Makale Toraja Mining.

Pengolahan air asam tambang yang umum diterapkan oleh industri pertambangan di terdiri dari dua metode yaitu metode aktif dan metode pasif. Metode aktif sampai saat ini merupakan metode yang dinilai paling efektif untuk menetralkan air asam tambang dibandingkan dengan metode pasif. Metode ini diterapkan melalui pembubuhan bahan kimia ke dalam air asam tambang. Pemilihan bahan kimia yang tepat dengan dosis yang optimal untuk penggunaan di lapangan menjadi suatu hal yang penting untuk dilakukan sebelum menerapkan metode ini.

Kapur tohor merupakan material berwarna putih berbentuk amorfos dengan rumus kimia CaO (Fuadi, 1999). Kapur tohor merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam pengolahan air asam tambang dengan metode aktif. Hal ini dikarenakan kapur tohor merupakan salah satu bahan kimia yang dapat meningkatkan pH secara praktis, murah dan aman sekaligus dapat mengurangi kandungan logam berat yang terkandung dalam air asam tambang. Selain kapur

tohor, terdapat bahan kimia lainnya yang saat ini banyak dipergunakan dalam pengolahan limbah cair industri yaitu zeolit.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisis efektivitas antara kapur tohor dan zeolit dalam menetralkan air asam tambang serta menentukan jumlah kebutuhan bahan kimia yang akan diterapkan di lapangan.

2. METODE PENELITIAN

Secara umum, penelitian ini terbagi dalam dua bagian yaitu pengumpulan data serta pengolahan dan analisis data.

2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan selama penelitian ini terdiri dari 3 jenis data berdasarkan tempat pengambilan datanya, yaitu data lapangan, data laboratorium dan data sekunder.

Data lapangan yang diperoleh berupa sampel air asam tambang. Pengambilan sampel dilakukan pada area *inlet settling pond* PT Makale Toraja Mining yang secara geografis terletak pada koordinat 02°51'43.0" LS dan 119°57'12.9" BT dengan ketinggian 1119 meter di atas permukaan laut.

Data laboratorium diperoleh melalui metode *jar test* atau pengadukan air asam tambang dengan menerapkan 3 variabel bebas yaitu variasi dosis (0,3-0,7 gram), variasi ukuran (65 mesh dan 200 mesh) dan variasi kecepatan pengadukan (100 rpm dan 200 rpm). Perubahan pH pada air asam tambang akan diamati setiap 5 menit selama 2 jam pengadukan. Sedangkan, perubahan kandungan logam Fe dan Cu akan di uji dengan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometer*) setelah proses pengadukan selesai.

Data sekunder merupakan data-data yang diperoleh secara tidak langsung. Data ini berupa data curah hujan daerah penelitian yang diperoleh dari Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Wilayah IV Makassar dan data kandungan logam (Fe, Cu, Pb, dan Zn) dari penelitian terdahulu. Data curah hujan yang diperoleh akan digunakan sebagai data pendukung dari data pengujian laboratorium untuk menghitung kebutuhan bahan kimia yang akan diterapkan di lapangan. Sedangkan data kandungan logam dari penelitian terdahulu akan digunakan sebagai dasar pemilihan kandungan logam Fe dan Cu yang akan diamati pada penelitian ini.

Pengolahan dan analisis data yang dilakukan pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan antara lain, analisis korelasi data, penentuan bahan kimia paling efektif, analisis data curah hujan, dan perhitungan kebutuhan bahan kimia untuk diterapkan di lapangan.

Analisis korelasi data pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui intensitas dan sifat hubungan dari ketiga variabel bebas yang diterapkan pada air asam tambang terhadap tingkat efektivitas bahan kimia yang digunakan dalam menetralkan air asam tambang dari segi perubahan nilai pH, Fe dan Cu. Analisis ini dilakukan dengan bantuan *software Microsoft Excel 2016*.

Penentuan bahan kimia paling efektif antara kapur tohor dan zeolit pada penelitian ini dinilai berdasarkan kemampuan kedua bahan kimia tersebut dalam menetralkan air asam tambang. Bahan kimia yang paling efektif adalah bahan kimia yang memiliki kemampuan untuk menetralkan air asam tambang dari segi nilai pH, Fe dan Cu hingga memenuhi standar baku mutu lingkungan.

Pengolahan data curah hujan dilakukan untuk mendapatkan besarnya nilai curah hujan rencana, intensitas curah hujan, debit air limpasan dan volume air limpasan dalam waktu tertentu. Nilai volume air limpasan yang didapatkan selanjutnya akan digunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan bahan kimia yang diperlukan dalam mengolah air asam tambang pada PT Makale Toraja Mining.

Perhitungan kebutuhan bahan kimia pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pengolahan air asam tambang pada PT Makale Toraja Mining, sehingga dapat menekan biaya pengeluaran kebutuhan bahan kimia yang akan digunakan. Perhitungan kebutuhan bahan kimia dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$D_{lap} = \frac{D_{lab} \times V_{sp}}{V_{lab}} \quad (1)$$

dimana:

D_{lap} = Dosis lapangan

D_{lab} = Dosis laboratorium

V_{sp} = Volume air limpasan

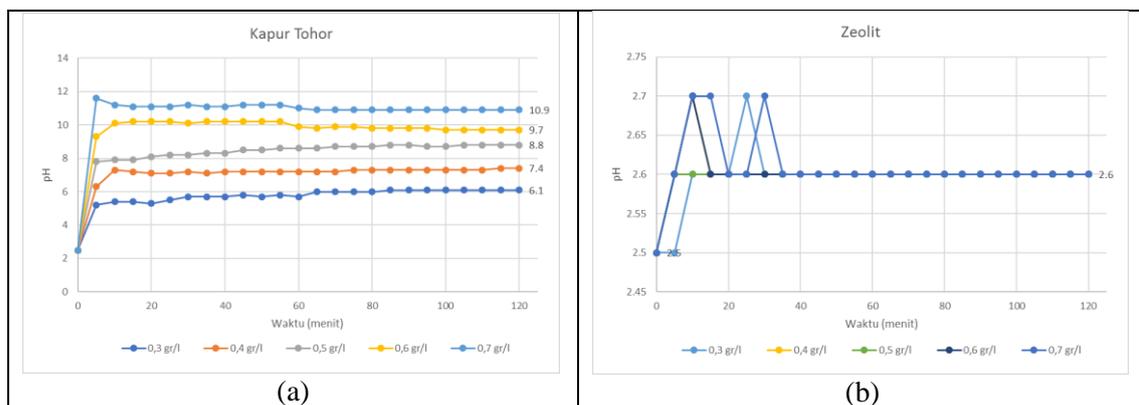
V_{lab} = Volume air laboratorium

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Reaktivitas Kapur Tohor dan Zeolit

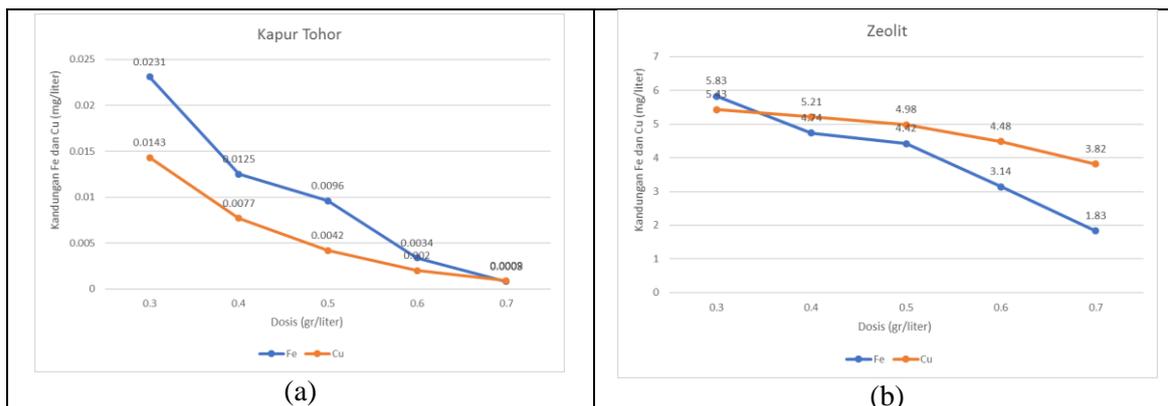
Pengujian variasi dosis pada kapur tohor dan zeolit dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan dalam menentukan dosis kapur tohor dan zeolit yang optimal pada skala laboratorium. Variasi dosis yang digunakan antara lain 0,3 gr/l; 0,4 gr/l; 0,5 gr/l; 0,6 gr/l; dan 0,7 gr/l.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, perubahan pH yang terjadi pada air asam tambang dengan penerapan variasi dosis kapur tohor mengalami perubahan yang signifikan. Nilai akhir pH yang dihasilkan berbanding lurus dengan penambahan dosis kapur tohor (Gambar 1a), sedangkan pada pengujian variasi dosis zeolit, nilai pH yang dihasilkan dari semua dosis zeolit yang diterapkan pada air asam tambang hanya mengalami perubahan menjadi 2,6 dari nilai awal 2,5 (Gambar 1b).



Gambar 1. Perubahan pH pada pengujian variasi dosis (a) kapur tohor, (b) zeolit

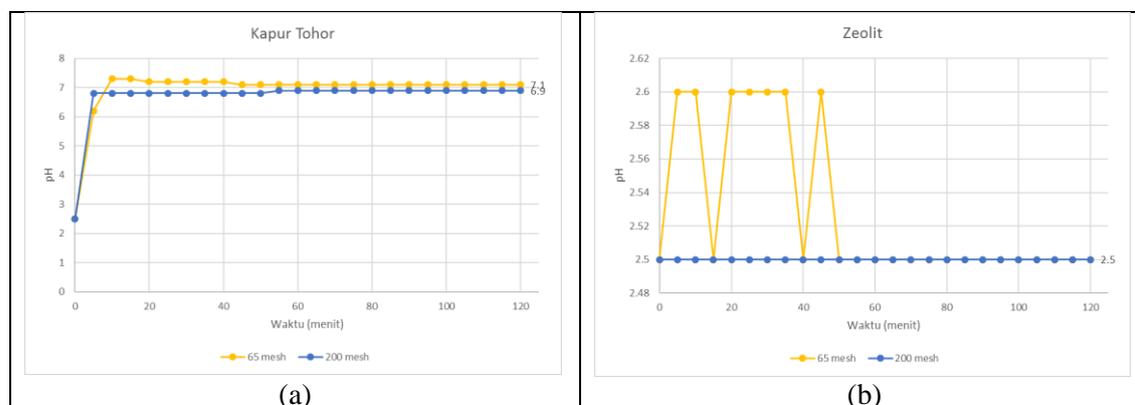
Sama halnya dengan perubahan pH, penurunan kandungan logam Fe dan Cu pada air asam tambang juga mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah dosis kapur tohor yang diterapkan. Perubahan kandungan logam pada air asam tambang dengan variasi dosis kapur tohor sangat signifikan dengan laju penurunan Fe dan Cu mencapai 99% (Gambar 2a), sedangkan pada pengujian variasi dosis zeolit, penurunan kandungan logam relatif lebih lambat dibandingkan dengan kapur tohor. Persentase laju penurunan Fe yang dihasilkan berkisar antara 77% sampai 92%, sedangkan kandungan Cu hanya mengalami penurunan berkisar antara 4%-32% seiring dengan bertambahnya jumlah dosis zeolit yang diterapkan (Gambar 2b).



Gambar 2. Perubahan Kandungan Logam Fe dan Cu pada pengujian variasi dosis (a) kapur tohor; (b) zeolit

Pengujian variasi ukuran kapur tohor dan zeolit yang diterapkan pada pengadukan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran terhadap reaktivitas kedua bahan dalam menetralkan air asam tambang. Dengan demikian, melalui pengujian variabel ini, pengolahan air asam tambang di lapangan nantinya akan lebih optimal. Ukuran partikel yang digunakan pada pengujian ini adalah 65 mesh dan 200 mesh.

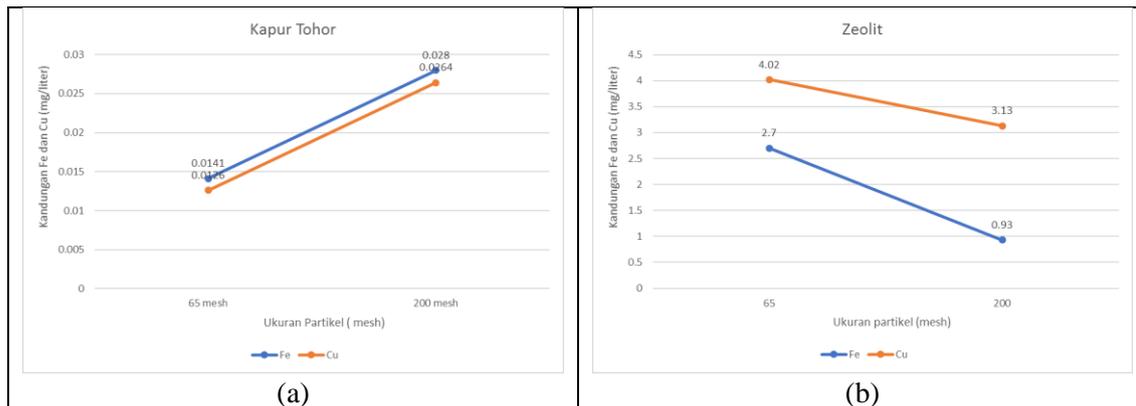
Penerapan variasi ukuran pada kapur tohor menghasilkan perubahan pH yang signifikan pada setiap ukuran kapur tohor. Namun demikian, dapat dilihat bahwa ukuran 65 mesh menghasilkan nilai akhir pH yang lebih besar dibandingkan dengan ukuran 200 mesh. Nilai akhir pH yang dihasilkan pada ukuran 65 mesh mencapai 7,1 sedangkan ukuran 200 mesh hanya meningkatkan pH hingga ke 6,9 (Gambar 3a).



Gambar 3. Perubahan pH pada pengujian variasi ukuran (a) kapur tohor; (b) zeolit

Pengadukan air asam tambang yang dilakukan menggunakan kedua ukuran zeolit tidak menyebabkan peningkatan pH. Peningkatan pH sempat terjadi pada pengadukan zeolit menggunakan ukuran 65 mesh di menit-menit awal pengadukan. Namun demikian, nilai pH kembali turun ke pH awal yaitu 2,5 hingga akhir proses pengadukan (Gambar 3b).

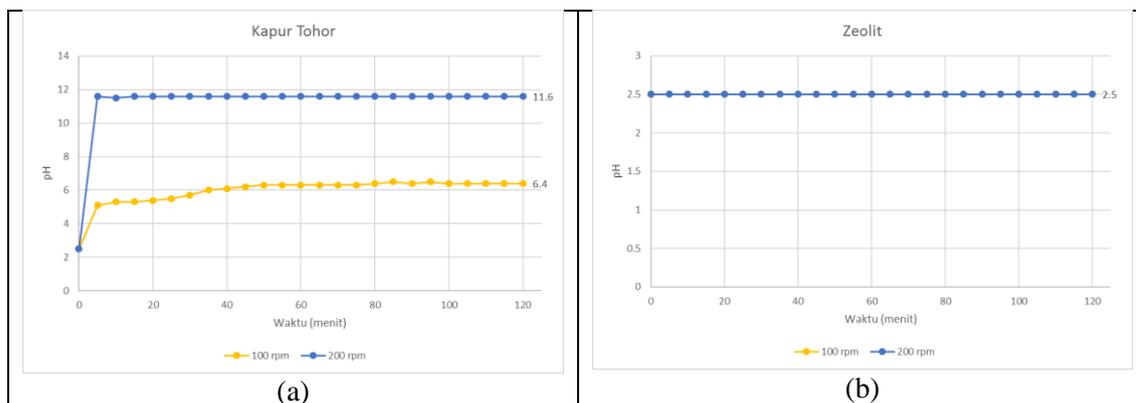
Penerapan variasi ukuran pada kapur tohor juga menyebabkan penurunan kandungan logam Fe dan Cu yang drastis pada air asam tambang. Laju penurunan Fe dan Cu yang dihasilkan pada kedua ukuran telah mencapai 99%, namun demikian ukuran 65 mesh pada kapur tohor terlihat lebih mengalami laju penurunan yang lebih besar dibandingkan dengan ukuran 200 mesh. Sebaliknya pada variasi ukuran zeolit, ukuran 200 mesh terlihat mengalami laju penurunan Fe dan Cu yang lebih besar dibandingkan dengan ukuran zeolit 65 mesh.



Gambar 4. Perubahan kandungan logam Fe dan Cu pada pengujian variasi ukuran (a) kapur tohor; (b) zeolit

Selain variasi dosis dan ukuran, pengujian variasi kecepatan pengadukan juga dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kereaktifan kapur tohor dan zeolit pada air asam tambang. Pada penerapannya di lapangan, kecepatan pengadukan ini akan berhubungan dengan debit air limpasan yang akan mengaduk kapur tohor secara alami (hidraulis). Kecepatan pengadukan yang dimaksud adalah kecepatan *flocculator* dalam melakukan pengadukan mekanis. Variasi kecepatan pengadukan yang digunakan pada pengujian ini adalah 100 rpm dan 200 rpm.

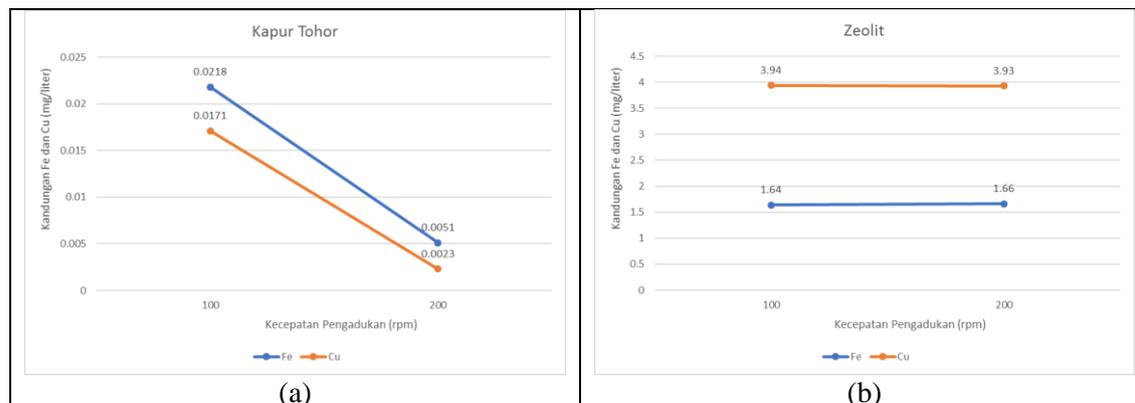
Perubahan pH pada variasi kecepatan pengadukan kapur tohor terlihat mengalami perbedaan yang signifikan. Pada kecepatan pengadukan 100 rpm menggunakan kapur tohor, perubahan pH yang terjadi relatif lambat dari menit pertama hingga akhir proses pengadukan dan berakhir pada nilai pH 6,4. Sedangkan pada pengadukan kapur tohor dengan kecepatan 200 rpm, nilai pH secara drastis meningkat di 5 menit pertama dan mencapai nilai 11,6. Setelah 5 menit pertama, nilai pH relatif tidak mengalami perubahan hingga akhir proses pengadukan (Gambar 5a). Berbeda halnya dengan kapur tohor penerapan variasi kecepatan pengadukan pada bahan kimia zeolit sama sekali tidak menyebabkan perubahan pH pada air asam tambang (Gambar 5b).



Gambar 5. Perubahan pH pada pengujian variasi kecepatan (a) kapur tohor (b) zeolit

Perubahan kandungan logam Fe dan Cu pada kapur tohor juga mengalami penurunan yang signifikan. Laju penurunan yang dihasilkan pada pengujian variasi kecepatan pengadukan kapur tohor telah mencapai 99% pada kedua kecepatan yang diterapkan. Namun demikian, dapat dilihat bahwa pada kecepatan 200 rpm, kapur tohor lebih efektif dalam menurunkan kandungan logam Fe dan Cu pada air asam tambang dibandingkan dengan ukuran 100 rpm (Gambar 6a). Sedangkan pada bahan kimia zeolit, penerapan variasi kecepatan pengadukan 100 rpm dan 200 rpm menghasilkan laju penurunan kandungan logam Fe dan Cu yang hampir sama. Laju penurunan Fe

dan Cu yang dihasilkan masing-masing mencapai 93% dan 30% pada kedua variasi kecepatan pengadukan yang diterapkan (Gambar 6b).



Gambar 6. Perubahan kandungan logam Fe dan Cu pada pengujian variasi kecepatan (a) kapur tohor; (b) zeolit

3.2 Analisis Korelasi Data

Analisis korelasi dilakukan dengan membandingkan antara nilai akhir pH, Fe dan Cu yang didapatkan dengan masing-masing variabel yang digunakan pada variasi dosis, ukuran dan kecepatan pengadukan.

Berdasarkan hasil analisis korelasi dengan menggunakan kriteria (Guilford, 1956), pada pengadukan kapur tohor, ketiga variabel bebas yang diterapkan memiliki intensitas korelasi yang sangat kuat ($R= 0,7-0,9$) terhadap nilai perubahan pH serta kandungan Fe dan Cu yang terjadi. Selain itu sifat yang dihasilkan pada variasi dosis dan variasi kecepatan menunjukkan sifat positif pada perubahan pH dan negatif pada perubahan Fe dan Cu. Hal ini menandakan bahwa semakin tinggi jumlah dosis dan kecepatan yang diterapkan, maka nilai pH akan semakin meningkat dan kandungan logam Fe dan Cu seakin menurun. Sedangkan pada variasi ukuran kapur tohor, sifat yang dihasilkan adalah positif yang berarti semakin besar ukuran kapur tohor yang digunakan, maka kandungan logam Fe dan Cu akan semakin menurun.

Berbeda halnya pada pengadukan zeolit, korelasi dengan intensitas yang sangat kuat dan bersifat negatif hanya terjadi pada variabel jumlah dosis dan ukuran partikel. Kedua variabel tersebut juga hanya mempengaruhi perubahan kandungan logam dan tidak mempengaruhi nilai pH. Sifat korelasi tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis dan semakin kecil ukuran zeolit yang diterapkan pada air asam tambang maka kandungan logam Fe dan Cu akan semakin menurun.

3.3 Penentuan Bahan Kimia Paling Efektif

Seperti yang ditunjukkan pada tabel 1, bahwa di antara semua dosis yang diterapkan pada kapur tohor, hanya 3 dosis yang memenuhi standar. Dosis tersebut antara lain 0,3 gr/l; 0,4 gr/l; dan 0,5 gr/l. Sedangkan pada pengadukan dengan menggunakan zeolit, nilai akhir pH yang dihasilkan semua dosis tidak memenuhi standar dikarenakan nilai pH hanya mengalami perubahan yang kecil. Sehingga berdasarkan parameter perubahan pH, dapat disimpulkan bahwa kapur tohor lebih efektif dibandingkan dengan zeolit.

Tabel 1. Kondisi akhir pH pada AAT

Bahan Kimia	Dosis (gr/l)	Hasil Akhir		Keterangan
		pH	SBML	
Kapur Tohor	0.3	6.1	6-9	✓
	0.4	7.4	6-9	✓
	0.5	8.8	6-9	✓
	0.6	9.7	6-9	✗
	0.7	10.9	6-9	✗
Zeolit	0.3	2.6	6-9	✗
	0.4	2.6	6-9	✗
	0.5	2.6	6-9	✗
	0.6	2.6	6-9	✗
	0.7	2.6	6-9	✗

Keterangan:

- Std : Standar Baku Mutu Lingkungan
 ✓ : Memenuhi Standar
 ✗ : Tidak Memenuhi Standar

Ketiga dosis kapur tohor di atas yang sudah memenuhi standar perlu ditinjau ulang untuk menentukan dosis optimal. Dosis 0,3 gr/l menghasilkan nilai akhir pH yang sudah memenuhi standar namun dinilai bukan merupakan hasil yang optimal. Hal ini dikarenakan pada dosis tersebut nilai pH hanya memiliki selisih yang kecil dengan batas minimum yang dianjurkan. Hal yang sama juga terjadi pada dosis 0,5 gr/liter yang sangat mendekati batas maksimum baku mutu lingkungan. Oleh karena itu, dosis kapur tohor yang paling optimal dalam skala laboratorium untuk diterapkan di lapangan adalah dosis 0,4 gr/liter dengan nilai akhir pH yang dihasilkan mencapai 7,4.

Tabel 2. Kondisi akhir Fe dan Cu pada AAT

Bahan Kimia	Dosis (gr/l)	Hasil Akhir				Keterangan
		Fe	Std	Cu	Std	
Kapur Tohor	0.3	0.0231	0.3	0.0143	0.02	✓
	0.4	0.0125	0.3	0.0077	0.02	✓
	0.5	0.0096	0.3	0.0042	0.02	✓
	0.6	0.0034	0.3	0.002	0.02	✓
	0.7	0.0008	0.3	0.0009	0.02	✓
Zeolit	0.3	5.83	0.3	5.43	0.02	✗
	0.4	4.74	0.3	5.21	0.02	✗
	0.5	4.42	0.3	4.98	0.02	✗
	0.6	3.14	0.3	4.48	0.02	✗
	0.7	1.83	0.3	3.82	0.02	✗

Keterangan:

- Std : Standar Baku Mutu Lingkungan
 ✓ : Memenuhi Standar
 ✗ : Tidak Memenuhi Standar

Reaktivitas di antara kapur tohor dan zeolit memiliki perbedaan yang sangat jauh. Hal ini dapat dilihat dari kandungan akhir Fe dan Cu yang dihasilkan setelah pengadukan menggunakan kedua bahan tersebut (Tabel 2). Reaktivitas zeolit dalam menurunkan kandungan logam berat relatif lebih lemah dibandingkan dengan kapur tohor. Dosis-dosis zeolit yang diterapkan pada pengujian laboratorium menghasilkan penurunan kandungan logam Fe dan Cu, namun tidak memenuhi standar baku mutu lingkungan. Sebaliknya, pada pengadukan menggunakan kapur tohor, semua dosis yang diterapkan pada air asam tambang mampu menurunkan kandungan Fe dan Cu hingga memenuhi standar baku mutu lingkungan. Sehingga pada parameter penurunan kandungan logam Fe dan Cu, kapur tohor merupakan bahan kimia yang paling efektif.

Pemilihan dosis yang tepat untuk parameter ini menjadi lebih mudah dengan terpenuhinya standar baku mutu lingkungan dari semua dosis kapur tohor yang diterapkan. Sehingga, penerapan dosis 0,4 gr/l yang digunakan untuk meningkatkan pH secara otomatis juga dapat menurunkan kandungan logam Fe dan Cu pada air asam tambang.

3.4 Analisis Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan bulanan maksimum periode 2012-2016. Pengolahan data curah hujan dilakukan untuk mendapatkan besarnya nilai curah hujan rencana dan intensitas curah hujan dalam waktu satu jam. Sebelum menentukan nilai curah hujan rencana, data curah hujan harus melalui beberapa tahapan kerja antara lain pengujian parameter statistik, penentuan jenis distribusi, dan pengujian smirnov-kolmogorov terhadap jenis distribusi yang terpilih.

Berdasarkan analisis data curah hujan yang telah dilakukan, distribusi yang paling tepat untuk mengolah data curah hujan yang tersedia adalah distribusi gumbel. Setelah data curah hujan diolah menggunakan distribusi gumbel, diperoleh hasil akhir berupa volume air limpasan yang akan masuk ke *settling pond* adalah sebesar 8.241 liter/hari.

3.5 Perhitungan Kebutuhan Bahan Kimia

Perhitungan jumlah kebutuhan (dosis) lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1 yaitu dengan membandingkan antara dosis optimal dan volume yang digunakan pada laboratorium dengan volume air limpasan yang akan masuk ke *settling pond*. Berdasarkan ketiga parameter di atas, maka diperoleh jumlah kebutuhan bahan kimia yang diperlukan untuk mengolah air asam tambang pada PT Makale Toraja Mining adalah sebanyak 3,3 kilogram per hari.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, reaktivitas kapur tohor lebih besar daripada reaktivitas zeolit dalam menetralkan air asam tambang. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan yang signifikan dari nilai akhir pH, Fe, dan Cu yang dihasilkan pada masing-masing bahan kimia.
2. Kapur tohor memiliki korelasi sangat kuat pada ketiga variabel bebas, sedangkan Zeolit hanya berkorelasi sangat kuat dengan dosis dan ukuran.
3. Bahan kimia paling efektif untuk menetralkan air asam tambang pada PT Makale Toraja Mining adalah Kapur Tohor dengan dosis optimal 0,4 gram/liter.
4. Kebutuhan bahan kimia yang dibutuhkan untuk mengolah air asam tambang pada PT Makale Toraja Mining berdasarkan dosis optimal laboratorium dan volume air limpasan adalah sebanyak 3,3 kilogram/hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Makale Toraja Mining yang telah memberi izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian ini serta semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan selama pengerjaan makalah ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Fuadi, A, 1999, Mempelajari Karakteristik Batu Kapur Tohor/Lime (CaO) Sebagai Adsorben Untuk Proses Pengeringan Secara Adsorpsi, *Tesis*, Jurusan Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Guilford, J. P., 1956, *Fundamental Statistics in Psychology and Education*. McGraw Hill: New York