

AKTIVITAS PEROMBAKAN SELULOSA DAN PENGENDAPAN LOGAM Mn PADA KONSORSIUM BAKTERI PEREDUKSI SULFAT

Ni'matul Murtafi'ah, Endah Retnaningrum

ABSTRAK

Latar Belakang: Erupsi Gunung berapi mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan akibat penyebaran abu vulkanik. Abu vulkanik gunung berapi mempunyai unsur salah satunya berupa sulfat dan logam berat. Kandungan sulfat dan logam berat yang tinggi mengakibatkan pH bersifat asam. **Tujuan Penelitian:** untuk mengetahui pengaruh kadar serbuk gergaji *Acacia mangium* terhadap aktivitas dan karakter bakteri pada konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat dalam mereduksi sulfat dan logam Mn dengan partikel zeolit pada skala *batch culture*. **Metode Penelitian:** Penelitian dilaksanakan dengan metode biologi menggunakan Bakteri Pereduksi Sulfat (BPS) secara *batch culture* menggunakan bioreaktor menggunakan media *Postgate B* dengan konsentrasi sulfat 100 ppm dan Mn 10 ppm pada pH 4. Metode analisis data menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), perlakuan yang diberikan yaitu pemberian zeolit sebesar 20 gr/L sedangkan kadar serbuk gergaji sebesar 0%; 1,25%; 2,5% dan 5%. **Hasil:** Hasil penelitian *batch culture* menunjukkan serbuk gergaji kayu akasia berpengaruh sangat nyata terhadap perubahan pH. Pemberian serbuk gergaji meningkatkan pH menjadi 6,5-6,91. meningkatkan Kadar serbuk gergaji 2,5% yang paling optimal meningkatkan efisiensi reduksi sulfat sebesar 63,90% dan efisiensi reduksi Mn sebesar 54,80%. **Simpulan:** Serbuk gergaji Akasia dapat meningkatkan aktivitas reduksi sulfat dan logam Mn. Aktivitas konsorsium BPS bekerja secara optimal mereduksi konsentrasi sulfat dan logam Mn dengan penambahan kadar serbuk gergaji sebesar 2,5%.

Kata Kunci : Serbuk Gergaji Akasia, Zeolit, Bakteri Pereduksi Sulfat (BPS) Mangan

PENDAHULUAN

Yogyakarta merupakan salah satu wilayah yang terkena dampak erupsi Gunung Merapi. Gunung Merapi menjadi salah satu gunung berapi paling aktif yang mengalami erupsi. Salah satu unsur yang paling umum ditemukan dalam abu vulkanik adalah sulfat (Wilson, *et al.*, 2007). Abu vulkanik banyak mengandung berbagai senyawa oksida, logam berat dan pH bersifat asam. Penurunan pH mengakibatkan meningkatnya kelarutan logam

seperti Mn. Kelarutan logam berat mengakibatkan perubahan proses fisiologis pada tingkat sel atau molekuler dengan menonaktifkan enzim, menggantikan unsur penting sehingga mengganggu integritas membran (Rascio and Izzo, 2011).

Salah satu alternatif penanganan limbah mengandung sulfat dan logam berat menggunakan metode biologis. Metode biologis untuk menurunkan konsentrasi sulfat dan logam berat yaitu bioremediasi menggunakan Bakteri Pereduksi Sulfat (BPS). Hasil penelitian Purnamaningsih (2016) menunjukkan bahwa BPS yang diimmobilisasi zeolit dapat mempengaruhi penurunan Mn dan kandungan sulfat pada air asam tambang, sehingga secara sinergis dapat meningkatkan pH dalam 3 hari. BPS menggunakan sulfat sebagai terminal akseptor elektron dan komponen organik atau anorganik sederhana sebagai donor elektron (Liamlean and Annachatre, 2007). BPS bereaksi dengan logam menghasilkan senyawa hidrogen sulfida (H_2S). Bakteri Pereduksi Sulfat mampu mengubah hidrogen (H_2) ke hidrogen sulfida (H_2S) yang dikenal sebagai gas sangat beracun. Gas tersebut mampu berikatan dengan logam-logam dan dipresipitasikan dalam bentuk logam sulfida reduktif (Hards and Higgins, 2004). Proses reduksi sulfat menghasilkan ion bikarbonat (HCO_3^-) akan mempengaruhi alkalinitas pada perairan dan meningkatkan pH perairan. Sulfida (S^{2-}) bereaksi dengan ion-ion logam terlarut untuk membentuk logam sulfida yang stabil. Proses pengendapan logam mampu meningkatkan pH dan menurunkan konsentrasi ion-ion logam berat. Bakteri Pereduksi Sulfat memiliki material penyangga dalam proses bioremediasi berupa zeolit. Zeolit memiliki karakteristik yang sangat baik sebagai substrat pelekatan bakteri dalam teknologi immobilisasi (Montalvo *et al.*, 2012).

Salah satu cara untuk meningkatkan daya kerja Bakteri Pereduksi Sulfat dengan mengimmobilisasi sel-sel bakteri pada suatu permukaan partikel padatan, sehingga terbentuk biofilm (welßn *et al.*, 2011). Biofilm terbentuk ketika bakteri menempel pada permukaan lingkungan lembab dan mampu mensekresikan suatu senyawa ekstraseluler sehingga dapat melekat pada permukaan suatu substrat. Selain itu, efektifitas dalam pengelolaan limbah air asam tambang menggunakan BPS tergantung pada pemilihan sumber karbon yang cocok berdasarkan pada nilai ekonomi dan dampaknya pada aktivitas mikroba (Wakeman *et al.*, 2010). Sumber karbon yang digunakan berupa serbuk gergaji. Serbuk gergaji merupakan limbah pengolahan kayu yang tersedia melimpah. Serbuk gergaji kayu akasia (*Acacia mangium*) berfungsi sebagai sumber elektron dan dimanfaatkan sebagai medium pertumbuhan bagi BPS ataupun bioakumulator logam berat. Hasil penelitian Naculita (2007) menunjukkan bahwa penambahan serbuk gergaji meningkatkan efisiensi pengurangan sulfat

dan logam berat pada reaktor. Proses pengolahan air menggunakan serbuk gergaji sebagai penjerap logam berat efektif diterapkan dikarenakan serbuk gergaji memiliki struktur yang berpori. Oleh karena itu, pemanfaatan serbuk gergaji perlu diteliti dalam mereduksi sulfat dan logam Mn.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan secara *batch culture* menggunakan bioreaktor menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar serbuk gergaji *Acacia mangium* terhadap aktivitas dan karakter bakteri pada konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat dalam mereduksi sulfat dan logam Mn dengan partikel zeolit pada skala *batch culture*. Isolasi konsorsium bakteri diperoleh dari kotoran kambing, Logam Mn berasal dari senyawa $Mn_2SO_4 \cdot H_2O$ sebesar 10 ppm. Limbah sulfat berasal dari komposisi media yaitu Na_2SO_4 sebesar 100 ppm. Zeolit alam memiliki ukuran 0,8-1,2 cm. Penelitian menggunakan sumber konsorsium BPS dari hasil sub kultur sebanyak 3 kali. Media *Postgate B* sebanyak 50% dari media awal dan BPS sebanyak 50% yang tumbuh pada media awal. Media ditambahkan zeolit yang teraktivasi dan sumber karbon organik berupa serbuk gergaji. Serbuk gergaji sebelumnya telah diberi perlakuan dengan pemanasan oven pada suhu 75°C selama 3 jam (Choudhary dan Sheoran, 2011). Inkubasi dilakukan selama 35 hari, analisis pengendapan logam Mn dan sulfat pada hari ke 0, 1, 7, 14, 21 dan 35. Identifikasi bakteri dilakukan dengan pengujian biokimia.

HASIL

A. Perbandingan C:N Rasio

Tabel 1. Perbandingan C:N Rasio dan Kadar Air Serbuk Gergaji dan Kotoran Kambing

Sampel	C:N Rasio	Kadar Air
Serbuk Gergaji	860,71	9,08
Kotoran Kambing	5,87	11,2

B. Aktivitas Bakteri dalam mereduksi Sulfat



Gambar 1. Perubahan media pertumbuhan BPS inkubasi selama 35 hari

Keterangan:

Zc3KK0 : Medium pertumbuhan BPS tanpaserbuk gergaji

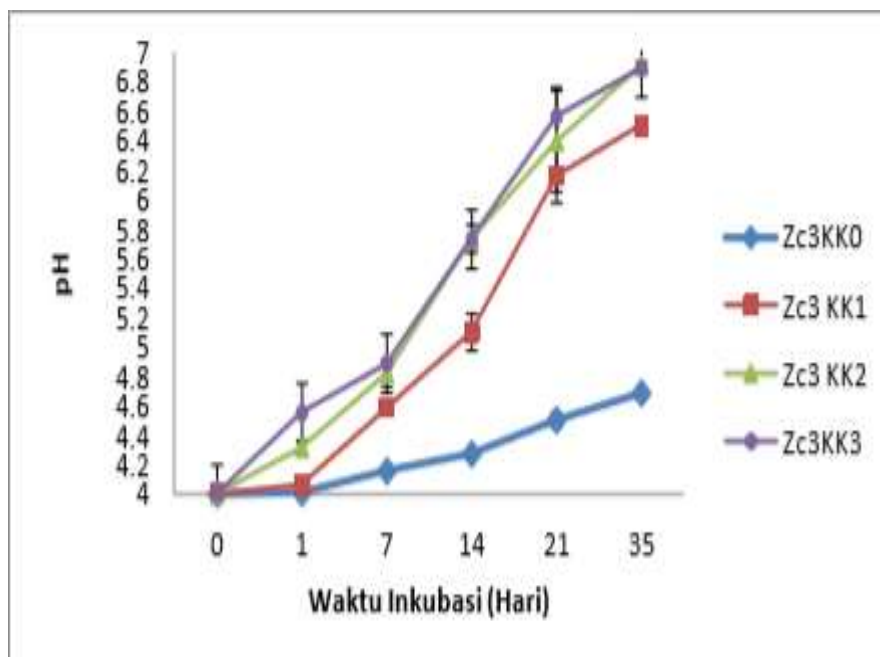
Zc3KK1 : Medium pertumbuhan BPS penambahan serbuk gergaji 1,25%

Zc3KK2 : Medium pertumbuhan BPS penambahan serbuk gergaji 2,5%

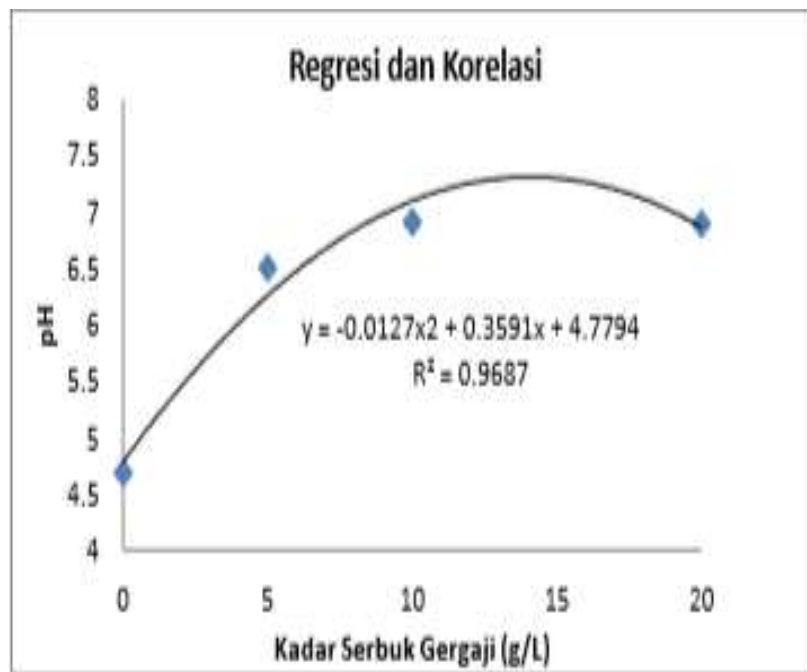
Zc3KK3 : Medium pertumbuhan BPS penambahan serbuk gergaji 5%

C. Pengaruh Serbuk Gergaji terhadap Aktivitas Konsorsium BPS skala *Batch Culture*

1. Pengaruh pH

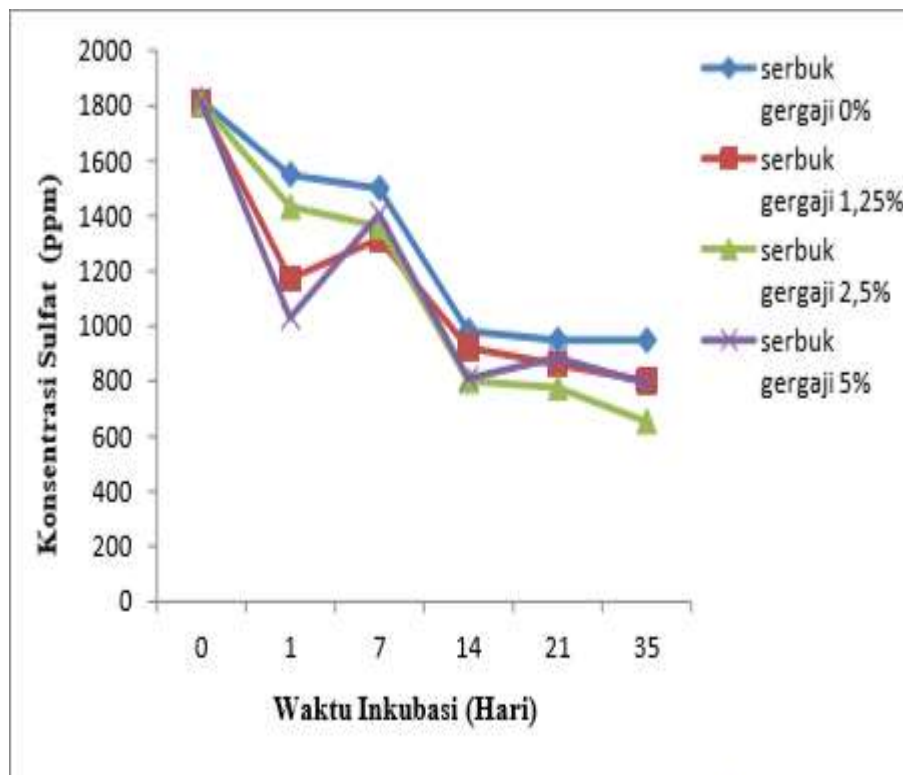


Gambar 2. Perubahan pH media pertumbuhan BPS sampai hari ke 35

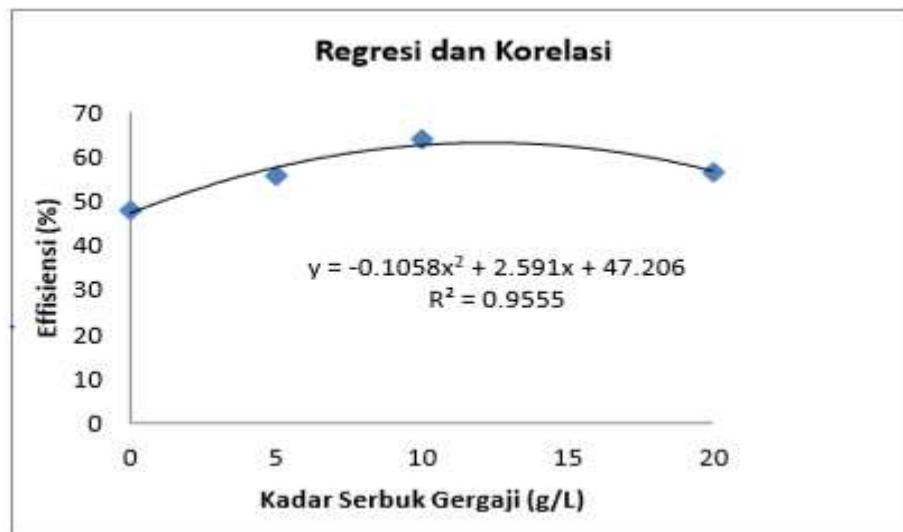


Gambar 3. Regresi dan korelasi antara serbuk gergaji dengan perubahan pH

2. Reduksi Sulfat

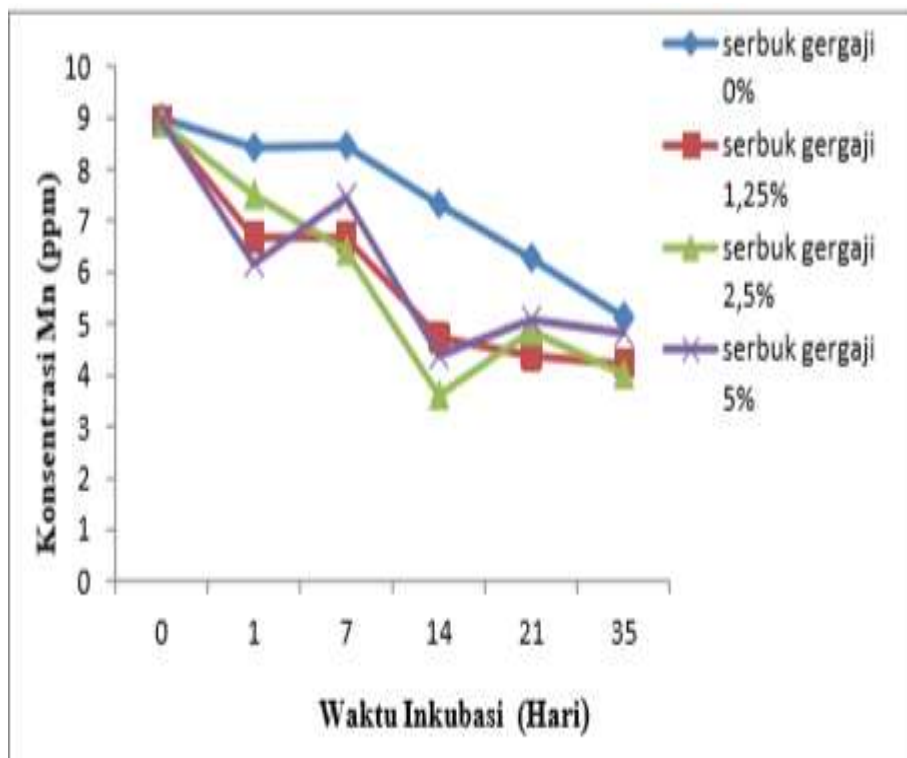


Gambar 4. Hubungan Konsentrasi reduksi sulfat dan waktu selama 35 hari

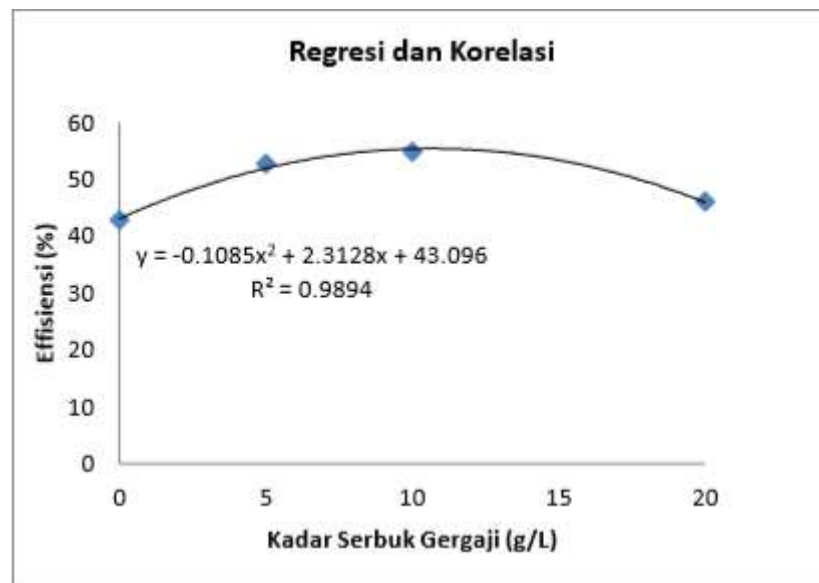


Gambar 5. Regresi dan Korelasi antara Serbuk Gergaji dan Effisiensi Reduksi Sulfat

3. Reduksi logam Mn



Gambar 6. Hubungan Konsentrasi Mn dan waktu pada pengujian skala *batch cultur*



Gambar 7. Analisis regresi dan korelasi antara serbuk gergaji dan Efisiensi reduksi Mn

PEMBAHASAN

Pengukuran C:N rasio bertujuan untuk mengetahui lama proses dekomposisi bahan organik berdasarkan perbandingan karbon dan nitrogen yang terkandung dalam serbuk gergaji kayu akasia dan kotoran kambing. Hasil pengujian menunjukkan bahwa C:N serbuk gergaji sebesar 860,71 sedangkan kotoran kambing sebesar 5,87. Serbuk gergaji memiliki kadar nitrogen yang rendah mengakibatkan nilai C:N tinggi sehingga mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein dan dekomposisi berjalan lambat. Pengukuran kadar air serbuk gergaji sebesar 9,08 sedangkan kotoran kambing sebesar 11,25. Kadar air pada kayu bervariasi tergantung pada jenis kayu. Dalam proses karbonisasi, semakin tinggi kadar kayu maka semakin banyak kalor yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air dalam kayu menjadi uap (Haygreen *et al.*, 2003).

Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui kenaikan pH media setelah inkubasi selama 35 hari. Hasil pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa kontrol tanpa penambahan serbuk gergaji (Zc3KK0) cenderung tetap pada hari ke- 0 hingga hari ke- 35. Kenaikan pH kontrol sebesar 0,67. pH perlakuan dosis 1 (Zc3KK1) dengan penambahan serbuk gergaji 1,25% mengalami peningkatan dari hari ke- 0 pH 4 sampai hari ke- 35 pH sebesar 6,50 dengan kenaikan sebesar 2,5. Dosis 2 (Zc3KK2) mengalami kenaikan pH lebih besar daripada dosis 1 dan dosis 3. Dosis 2 dengan penambahan serbuk gergaji 2,5% dari hari ke- 0 pH 4 sampai hari ke- 35 mencapai pH sebesar 6,91. Kenaikan pH dosis 2 sebesar 2,91 lebih tinggi dari pada dosis 1 dan 3. Dosis 3 (Zc3KK3) penambahan serbuk gergaji 5% dari

hari ke- 0 pH 4 sampai hari ke- 35 mencapai pH 6,89 dengan kenaikan pH sebesar 2,89. Kenaikan pH mempengaruhi kecepatan reduksi sulfat dan logam Mn.

Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa pemberian dosis 1,25%; 2,5%; dan 5% berbeda nyata terhadap kontrol. Perlakuan dengan dosis 1,25% menunjukkan berbeda nyata terhadap perlakuan dosis 2,5% dan 5%. Namun, pemberian sumber organik dosis 2,5% tidak berbeda nyata dengan dosis 5%. Kenaikan pH dosis 2,5% dan 5% terpaut 0,02 sehingga tidak berbeda signifikan. Menurut Marquez-Reyes *et al.* (2013) bahwa kenaikan pH juga disebabkan karena aktivitas konsorsium BPS yang tumbuh pada lingkungan anaerob menghasilkan senyawa bikarbonat (HCO_3^-). Salah satu mineralisasi bahan organik yaitu bikarbonat, bikarbonat mengikat ion H^+ sehingga pH meningkat. BPS dalam respirasinya menggunakan hidrogen dan asam organik rantai pendek sebagai donor elektron serta sulfat sebagai akseptor elektron. Semakin banyak sulfat yang direduksi menyebabkan peningkatan pH. Gambar 3 menunjukkan bahwa korelasi antara serbuk gergaji dengan pH media diperoleh R^2 sebesar 0,9687.

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan semua perlakuan mengalami penurunan konsentrasi sulfat. Kontrol mengalami penurunan sulfat dari hari ke- 0 sebesar 1.820 ppm sampai hari ke- 35 menjadi 948,33 ppm. Penurunan konsentrasi sebesar 871,67 ppm. Efisiensi reduksi sulfat pada perlakuan kontrol sebesar 47,89%. Dosis 1 penambahan serbuk gergaji 1,25% mengalami penurunan dari hari ke- 0 konsentrasi sulfat sebesar 1.807 ppm sampai hari ke- 35 menjadi 825 ppm. Penurunan konsentrasi sulfat sebesar 1.006,33 ppm. Dosis 1 memiliki efisiensi reduksi sulfat sebesar 55,69%. Dosis 3 penambahan serbuk gergaji 5% mengalami penurunan konsentrasi sulfat dari hari ke- 0 sebesar 1.818,3 ppm sampai hari ke- 35 menjadi 791,69 ppm. Penurunan konsentrasi sulfat pada dosis 3 sebesar 1.026,66 ppm, sedangkan efisiensi reduksi dosis 3 sebesar 56,46%. Medium dengan penambahan serbuk gergaji sebesar 2,5% paling optimal dalam menurunkan konsentrasi sulfat mengalami reduksi sebesar 1.156,67 ppm, dimana konsentrasi awal 1.810 ppm sampai hari ke- 35 menjadi 653,33 ppm. Dosis 2 memiliki efisiensi reduksi sebesar 63,90%.

Proses reduksi sulfat dikatalis oleh Bakteri Pereduksi Sulfat yang mampu memanfaatkan glukosa sebagai hasil dekomposisi bahan organik. Selain itu, BPS memanfaatkan asetat sebagai asam-asam organik sederhana berperan dalam donor elektron serta menggunakan sulfat sebagai aseptor elektron. Penambahan zeolit dan serbuk gergaji yang sesuai membantu mempercepat proses reduksi sulfat namun pemberian serbuk gergaji berlebih juga dapat menghambat reduksi sulfat sehingga memperlama proses dekomposisi

material organik. Gambar 5 menunjukkan hasil regresi dan korelasi serbuk gergaji dengan efisiensi reduksi sebesar 95,55%.

Penurunan konsentrasi Mn terjadi pada semua perlakuan termasuk kontrol. Media yang mengandung serbuk gergaji 2,5% paling efektif menurunkan konsentrasi logam Mn dari hari ke-0 sebesar 8,90 ppm sampai hari ke-35 sebesar 4,02 ppm. Perlakuan dosis 1 dengan penambahan serbuk gergaji 1,25% mengalami penurunan dari hari ke 0 sebesar 8,91 ppm sampai hari ke-35 sebesar 4,21 ppm. Dosis 3 penambahan serbuk gergaji 5% mengalami penurunan dari hari ke-0 sebesar 8,94 ppm sampai hari ke-35 sebesar 4,82 ppm. Perlakuan kontrol terjadi penurunan konsentrasi Mn dari hari ke 0 sebesar 8,99 ppm sampai hari ke-35 sebesar 5,14 ppm. Nilai efisien reduksi Mn tertinggi diperoleh pada perlakuan penambahan bahan organik 2,5% sebesar 54,80%.

Menurut Hards dan Higgins (2004) BPS meningkatkan aktivitasnya menghasilkan H₂S bersifat reaktif dan segera bereaksi dengan logam Mn membentuk senyawa metal sulfida bersifat sukar larut, peningkatan aktivitas BPS tergantung dengan dekomposisi bahan organik. Gambar 6 menunjukkan regresi dan korelasi antara serbuk gergaji dengan efisiensi reduksi n diperoleh R² sebesar 98,94%.

SIMPULAN

1. Hasil percobaan skala *batch culture* menunjukkan serbuk gergaji kayu Akasia (*Acacia mangium* Willd) berpengaruh terhadap meningkatnya aktivitas BPS dalam reduksi sulfat dan logam Mn. Nilai penurunan reduksi sulfat sebesar 1156,67 ppm sedangkan nilai reduksi Mn sebesar 4,88 ppm.
2. Pemberian serbuk gergaji akasia dengan kadar 2,5% berpengaruh terhadap peningkatan aktivitas BPS dalam reduksi sulfat dan logam Mn.

DAFTAR PUSTAKA

- Hards, B.C. and J.P. Higgins. 2004. Bioremediation of Acid Rock Drainage Using SRB. Jacques Whit Environment Limited. Ontario.
- Haygreen, J. G., Bowyer, J. L, and Schmulsky. 2003. Forest Product and Wood Sciences an Intoduction. Ames : IOWA State University Press.
- Liamleam, W., and Annachatre, A.P. 2007. Electron donors for biological sulfate reduction. *Biotechnology Advances*. 25: 452–463.

- Marquez-Rezes, J. M., Lopez-Chuken, U. J., Valdez-Gonzalez, A., and LunaOvera, H.A. 2013. Removal of chromium and lead by a sulfate-reducing consortium using peat moss as carbon source. *Bioresource Tecnology*. 144:128: 128-134.
- Montalvo, S., Guerrero, L., Borja, R., Sánchez, E., Milán, Z., Cortés, I., and Rubia, M.A. 2012. Application of Natural Zeolites In Anaerobic Digestion Processes: A review. *Applied Clay Science*. 58: 125–133.
- Neculita, C., Zagury, G.J., and Bussiere, B. 2007. Efficiency of three reactive mixtures of organic wastes for the treatment of highly contaminated acid mine drainage. *OttawaGeo*. 1530-1537.
- Purnamaningsih, N. 2016. Pengaruh Zeolit Alam Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat dalam Pengendapan Logam Mn. Tesis. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Rascio, N., and Izzo, H. 2011. Heavy Metal Hyper-accumulating Plants: How and Why do they do it? and what Makes them so Interesting. *Plant Science*. 180(2): 169-81.
- Wakeman, K.D., Erving, L., Riekkola-Vanhanen, M.L., and Puhakka, J.A. 2010. Silage supports sulfate reduction in the treatment of metals-and sulfatecontaining waste waters. *Water Res*. 44: 4932-4939.
- Weiß, S., Zankel, A., Lebuhn, M., Petrak, S., Somitsch, W., and Guebitz, G. M. 2011. Investigation of mircroorganisms colonising activated zeolites during anaerobic biogas production from grass silage. *Bioresource Technology*. 102: 4353–4359.
- Wilson, T., G. Kaye, C. Stewart dan J. Cole. 2007. Impacts of the 2006 Eruption of Merapi Volcano, Indonesia, on Agriculture and Infrastructure. *GNS Science Report 2007*. Pp. 12-15.