

Tyas Nyonita Punjungsari, 2017. Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO_4^-). *Journal Viabel Pertanian*. (2017),11(2) 39-49

PENGARUH MOLASE TERHADAP AKTIVITAS KONSORSIUM BAKTERI PEREDUKSI SULFAT DALAM MEREDUKSI SULFAT (SO_4^-)

Tyas Nyonita Punjungsari¹⁾

1) Dosen prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Balitar

ABSTRACT

The purpose of this research is to understanding the effect of organic matter on BPS activity in reducing sulfate. Research carried out in batch culture using erlenmeyer, and using a completely randomized design (CRD). The treatment given is organic matter amounted to 308 mg / L, 617 mg / L and 1.234 mg / L and control. Each treatment was repeated 3 times. The parameters observed in this study is SO_4^- concentration. Using Duncan New Multiple Range Test (DNMRT) at 5% level for data analysis. The results showed that the molecular concentration of 617 mg / L was able to decrease the sulfate concentration at the fastest, then consecutively the concentration of molasses 1.234 mg / L, and control. Based on the Anova test the significant value is less than 0.05. Thus it can be stated that there is an effect of addition molasses to decrease sulfate concentration by sulfate reducing bacteria consortium.

Keywords: Molasses, Sulfate Reducing Bacteria Consortium (SRB), Sulfate (SO_4^-).

PENDAHULUAN

Air asam tambang adalah limbah cair yang banyak mengandung logam dan sulfat. Air asam tambang terbentuk pada saat mineral bereaksi dengan oksigen dan air ketika dilakukan aktivitas pertambangan. Air asam tambang dapat mengakibatkan *stress* (kerusakan) lingkungan yang berbahaya, seperti pengasaman dan pencemaran logam pada ekosistem air (Hesketh *et al.*, 2010).

Pengolahan limbah asam tambang yang memiliki kandungan sulfat tinggi dapat dilakukan dengan menggunakan agen biologis berupa konsorsium bakteri yang mampu mereduksi sulfat. Menurut Purnamaningsih, (2016) Bakteri Pereduksi Sulfat (BPS) dari kotoran kambing memiliki aktivitas yang optimal dalam mereduksi sulfat dan mengendapkan logam Mn dengan skala *batch culture*.

Toleransi BPS terhadap konsentrasi logam berat dan sulfat yang tinggi dapat ditingkatkan dengan metode imobilisasi menggunakan zeolit alam. Peningkatan toleransi BPS terhadap konsentrasi logam berat dan sulfat yang tinggi selain dengan teknik imobilisasi dengan menggunakan zeolit, juga dapat dengan pemilihan bahan organik yang tepat untuk pertumbuhan BPS. Menurut Mosaa *et al.* (2002) bahan organik digunakan oleh BPS sebagai donor elektron. Pemilihan donor elektron akan berpengaruh terhadap kecepatan reduksi sulfat (Cao *et al.*, 2012). Donor elektron pada BPS biasanya berupa senyawa organik dengan berat molekul yang rendah seperti asam organik (laktat, piruvat,

Tyas Nyonita Punjungsari, 2017. Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO_4^-). *Journal Viabel Pertanian*. (2017),11(2) 39-49

format dan asetat) atau alkohol (ethanol, propanol) sebagai sumber karbon (Rzeczycka and Blaszczyk, 2005).

Bahan organik seperti asam organik atau alkohol yang telah siap digunakan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Alternatif dalam mengatasinya dapat dengan menggunakan bahan yang bernilai ekonomi rendah namun mampu menyediakan sumber karbon yang baik untuk mikroorganisme salah satunya adalah molase atau sering disebut dengan tetes tebu (produk samping dari industri pengolahan gula tebu).

Pemanfaatan molase sebagai alternatif bahan organik dalam optimalisasi kerja BPS dalam mereduksi konsentrasi sulfat tinggi belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh molase terhadap aktivitas konsorsium bakteri pereduksi sulfat pada reduksi konsentrasi sulfat.

TINJAUAN PUSTAKA

Sifat Senyawa Sulfat

Sulfat (SO_4^{2-}) merupakan salah satu senyawa sulfur. Jenis senyawa sulfur alamiah berdasarkan tingkat oksidasi dalam siklus sulfurnya ada empat jenis yaitu senyawa sulfida (S^{2-}), sulfur elemental (S^0), sulfat (SO_4^{2-}), dan sulfur organik (C-SH) (Lens *et.al.*, 2004). Sulfat (SO_4^{2-}) merupakan kombinasi sulfur (S) dan oksigen (O) secara alami sulfat terdapat pada tanah dan bantuan. Pada area pertambangan sulfur berikatan dengan mineral-mineral lain (Moncur *et al.*, 2009) seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Senyawa sulfur yang ditemukan pada area pertambangan

Mineral	Rumus kimia
<i>Pyrrhotite</i>	$\text{Fe}(1-x)\text{S}$
<i>Galena</i>	PbS
<i>Sphalerite</i>	$(\text{Zn}(1-x),\text{Fex})\text{S}$
<i>Sphalerite</i>	Cu_5FeS_4
<i>Pentlandite</i>	$(\text{Fe},\text{Ni})_9\text{S}_8$
<i>Arsenopyrite</i>	FeAsS
<i>Marcasite</i>	FeS_2
<i>Pyrite</i>	FeS_2
<i>Chalcopyrite</i>	CuFeS_2
<i>Magnetite</i>	$\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$
<i>Molybdenite</i>	MoS_2

Limbah cair yang mengandung sulfat berasal dari industri yang menggunakan asam sulfat atau senyawa sulfat lain (Bratkova *et al.*, 2011) seperti pembakaran. fosil, pertambangan, kertas dan tekstil. Asam sulfat secara umum digunakan sebagai pengatur pH selama proses produksi, oleh karena itu sulfat biasanya ditemukan pada limbah cair (Liamleam and Annachhatre, 2007). Selain proses industri, sulfat juga dapat berasal dari proses oksidasi senyawa sulfur sebagai contoh oksidasi sulfur pada air asam tambang (Liamleam and Annachhatre, 2007).

Tyas Nyonita Punjungsari, 2017. Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO₄⁻). *Journal Viabel Pertanian*. (2017),11(2) 39-49

Sulfat dapat menurunkan pH air secara drastis serta meningkatkan kelarutan logam berat (Havlin *et al.*, 1999). pH air yang rendah dapat membunuh ikan dan organisme akuatik lain. Selain itu sulfat dapat menurunkan pH tanah sehingga akan menghambat pertumbuhan tanaman (Fahrudin, 2009)

Sifat Bakteri Pereduksi Sulfat

Bakteri yang mampu menggunakan sulfat sebagai akseptor elektron terakhirnya dikenal sebagai bakteri pereduksi sulfat. Bakteri pereduksi sulfat memanfaatkan sulfat (SO₄²⁻), tiosulfat (S₂O₃²⁻) dan sulfit (SO₃²⁻) sebagai akseptor elektron terminal dalam respirasi metabolismenya, yang kemudian direduksi menjadi sulfida. Menurut Fahrudin 2010 berdasarkan penggunaan sulfat bakteri pereduksi sulfat dibedakan menjadi dua yaitu kelompok *assimilatory sulfate reduction* dan *dissimilatory sulfate reduction*. Kelompok mikrobial *assimilatory sulfate reduction* mereduksi sejumlah kecil sulfat untuk mensintesis kopartmen sel yang mengandung sulfur, sedangkan *dissimilatory sulfate reduction* menggunakan sulfat untuk mendapatkan energi.

Disamping itu, untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, bakteri pereduksi sulfat juga memerlukan substrat organik – umumnya asam organik rantai pendek – seperti asam laktat dan piruvat, yang dihasilkan oleh aktivitas fermentasi bakteri anaerob lainnya. Bakteri pereduksi sulfat merupakan organisme heterotrof anaerob. Sampai saat ini telah dikenal lebih dari 10 genus bakteri pereduksi sulfat. Bakteri pereduksi sulfat yang dikenal dan ditemukan secara luas di alam antara lain adalah *Desulfovibrio* dan *Desulfotomaculum* (Moodie dan Ingledew, 1991).

Berdasarkan cara penguraian asam organik, bakteri pereduksi sulfat dikelompokkan menjadi dua kelompok (Kleikemper *et al.*, 2002). Kelompok pertama mengoksidasi senyawa donor secara tidak sempurna, dan menghasilkan senyawa asetat. Kelompok *Desulfotomaculum* yang membentuk spora dan *Desulfovibrio* yang tidak membentuk spora merupakan bakteri yang mengoksidasi senyawa organik secara tidak sempurna. Kelompok kedua mampu tumbuh menggunakan alkohol, asetat, asam lemak berbobot molekul tinggi, dan benzoat, seperti *Desulfotomaculum acetoxidans*, *Desulfobacter*, *Desulfococcus*, *Desulfosacrina* dan *Desulfonema* (Detmers *et al.*, 2001). Beberapa spesies dan genus bakteri anaerob dapat bertahan sementara dengan adanya oksigen, namun membutuhkan lingkungan anaerob (tanpa oksigen) untuk pertumbuhannya.

Beberapa faktor pertumbuhan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan BPS adalah (Fahrudin, 2010), Suhu: merupakan salah satu faktor pertumbuhan yang sangat berpengaruh pada pertumbuhan mikrobial. Penentuan suhu yang tepat sangat penting dalam efektifitas penerapan BPS di dalam bioreaktor. BPS memiliki toleransi suhu yang cukup luas yaitu 20 – 50 oC; pH, pertumbuhan BPS mempunyai kisaran pH yang luas, namun aktifitasnya tidak sama pada setiap kondisi pH. Kelompok mikrobial ini dapat tumbuh pada kisaran pH 3-9; Ion logam berat, BPS memiliki kemampuan untuk mengoksidasi berbagai macam logam berat seperti Cu, Zn, Mn, Cd dan Pb.

Tyas Nyonita Punjungsari, 2017. Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO₄⁻). *Journal Viabel Pertanian*. (2017),11(2) 39-49

Karakter Molase

Molase (tetes tebu) merupakan hasil samping dari industri pengolahan gula yang masih mengandung gula yang cukup tinggi. Kandungan gula molase terutama sukrosa berkisar 48 – 55% (Prescott & Dunn, 1959) . Menurut Eksi dan Artik (1984) molase mengandung glukosa dan galaktosa 50-80 %, beberapa mineral seperti fosfor, kalsium, potasium dan asam organik. Kandungan dalam molase kompleks dan heterogen, serta bervariasi berdasarkan pada jenis tebu yang digunakan (tanah, iklim, periode kultur), proses produksi dan efisiensi operasi di pabrik (Castro, 1993). Berdasarkan kandungannya dapat dikatakan bahwa molase merupakan karbohidrat alternatif yang baik untuk nutrisi manusia (Dogan, 2011).

Selain sebagai alternatif sumber nutrisi untuk manusia, molase juga memiliki peranan yang baik pada bidang bioremediasi. Dalam skala laboratorium peningkatan kinerja bioagent dalam proses bioremediasi dapat menggunakan bahan organik dengan berat molekul rendah seperti hidrogen, methanol, ethanol asetat, laktat, propionat, butirat, gula (Cao *et al.*, 2012). Namun dalam skala industri atau dalam penerapannya dilingkungan bahan organik ini tidak dapat digunakan karena biaya yang dikeluarkan sangat tinggi, penggunaan molase merupakan alternatif sumber energi karbon yang ekonomis untuk optimalisasi proses bioremediasi oleh mikroorganisme (Somasundaram dan Philip, 2011).

Menurut Michailidesa *et al.*, (2014), biofilter menggunakan molase sebagai sumber karbon organik dapat memberikan solusi yang efektif terhadap masalah pencemaran lingkungan yang serius, karena biayanya yang murah.

Molase juga dapat digunakan sebagai bioagen dalam mengurangi kontaminasi logam berat. Menurut Chen *et al.*, (2015) molase efektif dalam proses bioremediasi logam karena biaya ekonominya yang rendah, meningkatkan proses reduksi kimia, dan sebagai sumber gula untuk meningkatkan metabolisme mikrobia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, antara lain optimasi substrat untuk pengujian aktivitas konsorsium bakteri pereduksi sulfat, pengujian aktivitas konsorsium bakteri pereduksi sulfat dalam skala *batch culture*, pengumpulan data dan analisis data.

Sterilisasi

Peralatan yang terbuat dari gelas dan media tumbuh disterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121oC selama 20 menit. Peralatan yang mudah rusak oleh panas disterilisasi dengan menggunakan alkohol 70%.

Persiapan media

Media yang digunakan untuk menumbuhkan dan kultivasi adalah Media Postgate B (Postgate, 1984) yang disederhanakan. Komposisi media postgate B yang disederhanakan tertera pada Tabel 2.

Tyas Nyonita Punjungsari, 2017. Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO_4^-). *Journal Viabel Pertanian*. (2017),11(2) 39-49

Tabel 2. Komposisi media Postgate B dan limbah sintetik (Janyasuthiwong *et al.*, 2015).

Nama Senyawa	Rumus Kimia	Potgate (g/L)	Limbah Sintetik (g/L)
Natrium asetat	$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	0	-
Magnesium sulfat	MgSO_4	1,0	-
Ammonium klorida	NH_4Cl	0,5	-
Kalium dihidrogen fosfat	KH_2PO_4	1,0	-
Besi sulfat	FeSO_4	0,1	-
Asam askorbat	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$	0	-
Glukosa	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	0	-
Kalsium klorida	CaCl_2	0,1	-
Natrium sulfat	Na_2SO_4	0,5	0,1479
Ekstrak yeast		0,1	-
Tembaga sulfat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	-	3,929

pH media diatur pada nilai pH 4 dengan penambahan asam sulfat sebelum media disterilisasi (Yusron dkk., 2009).

Sampel konsorsium BPS

Konsorsium bakteri pereduksi sulfat didapatkan dari kotoran kambing dari limbah peternakan kambing etawa Dusun Kemirikebo, Desa Girikerto, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sampel kotoran diambil menggunakan sekop. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam botol selai dan ditutup rapat.

Sebanyak 10 gram kotoran kambing dimasukkan ke dalam labu erlemeyer ukuran 500 mL, yang sebelumnya telah diberi media potgate B yang disederhanakan, kemudian di *seal* menggunakan karet dan diinkubasi pada kondisi gelap pada temperatur 30oC selama 15 hari. Setelah itu, 250 ml suspensi sel pada labu erlenmeyer diambil untuk dibuat subkultur dengan memasukkan kedalam 500 ml labu erlemeyer baru yang telah berisi media dan diinkubasi seperti dalam kondisi sebelumnya. Prosedur ini diulangi setiap 3 minggu untuk menjaga kualitas kultur BPS. BPS yang tumbuh ditandai dengan pembentukan endapan berwarna hitam (*ferrous iron*) yang muncul beberapa hari setelah diinokulasi (Teclu, 2008).

Kultivasi BPS

Kultur BPS dikultivasi pada media *Postgate B* yang disederhanakan (500 ml) dalam 1 L botol kaca bening (botol bensin). Sebelumnya media disterilisasi terlebih dahulu pada 121oC selama 20 menit. Setelah selesai media didinginkan pada suhu ruangan. 50 persen inokulum ditambahkan pada media *Postgate* yang disederhanakan. Botol ditutup dengan cepat untuk memberikan kondisi anaerob. Bakteri pereduksi sulfat diinkubasi pada 30oC selama 24 jam dalam kondisi gelap. Pembentukan Ferosulfida ditandai dengan endapan berwarna hitam mengindikasikan bakteri tumbuh. Botol disimpan pada suhu 30oC (Carbera *et al.*, 2006).

Tyas Nyonita Punjungsari, 2017. Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO_4^-). *Journal Viabel Pertanian*. (2017),11(2) 39-49

Pembuatan larutan stok Molase

Molase sebanyak 0,50 ml, 1,00 ml dan 2 ml dipindahkan pada erlemeyer yang berisi dH₂O sebanyak 1 L dengan menggunakan pipet ukur. Dalam setiap dosis diambil masing 100 ml dari setiap larutan stok untuk 1 L larutan sehingga konsentrasi akhir masing-masing dosis sebesar 308 mg/L, 617 mg/L dan 1.234 mg/L (Chen *et al.*, 2016).

Batch Culture

Penelitian secara *batch culture* dilakukan menggunakan botol kaca bening dengan ukuran 1 L. Konsorsium bakteri sebanyak 350 ml diinokulasi pada 350 ml media postgate B yang telah disterilkan. Dalam media postgate konsentrasi sulfat sebanyak 100 ppm dan Cu sebesar 25 mg/L (Janyasuthiwong *et al.*, 2015). Dalam media ditambahkan bahan organik berupa molase dengan dosis, 308 mg/L, 617 mg/L dan 1.234 mg/L (Chen *et al.*, 2016). Kemudian diinkubasi dengan kondisi anaerob pada temperatur 30oC dalam keadaan gelap. Percobaan dilakukan dengan tiga kali ulangan. Secara berkala dilakukan pengukuran parameter pengamatan pada hari ke 0, 1, 3, 7, dan 14.

Parameter yang dilakukan pengujian pada percobaan secara batch culture adalah konsentrasi sulfat (SO_4^-). Pengujian konsentrasi sulfat dilakukan dengan menggunakan larutan buffer sulfat A dengan komposisi 30 g/L magnesium klorida heksahidrat, 5 g/L natrium asetat trihidrat, 1 g/L kalium nitrat, 20 ml/L asam asetat. Larutan buffer sulfat B digunakan ketika konsentrasi sulfat kurang dari 5 ppm. Sampel yang akan diuji diambil 100 ml ditambahkan 20 ml larutan buffer sulfat A kemudian dihomogenkan dengan cara digojog, kemudian ditambahkan kristal BaCl₂.2H₂O dan diaduk selama 1 menit, dan didiamkan selama 3 menit. Selanjutnya sampel yang sudah siap dianalisis konsentrasi sulfatnya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 420 nm.

Analisis Data

Penelitian dilaksanakan secara *batch culture* dan *continous culture* dengan menggunakan bioreaktor secara RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan pemberian dosis zeolit pada limbah sebesar 308 mg/L, 617 mg/L, 1.234 mg/L dan kontrol. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan menggunakan Anova, jika terdapat perbedaan yang nyata dilanjutkan dengan uji Duncan New Multiple Range Test (DNMRT) pada taraf 5%.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Indikator yang diamati dalam metode *batch culture* konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat adalah perubahan warna dan konsentrasi sulfat. Perubahan warna pada *batch culture* mengindikasikan adanya pertumbuhan bakteri pereduksi sulfat.

Pada *batch culture* terlihat adanya perubahan yang semakin lama masa inkubasi warnanya semakin gelap. Ketika hari ke 0 warna *batch culture* masih sangat terang khususnya pada konsentrasi molase 0, dan 308 mg/L, sedangkan untuk konsentrasi molase 617 mg/L berwarna lebih gelap, dan untuk konsentrasi molase terbesar (1.234 mg/L) berwarna sangat gelap, perubahan warna yang terjadi pada hari ke 0 terbentuk karena

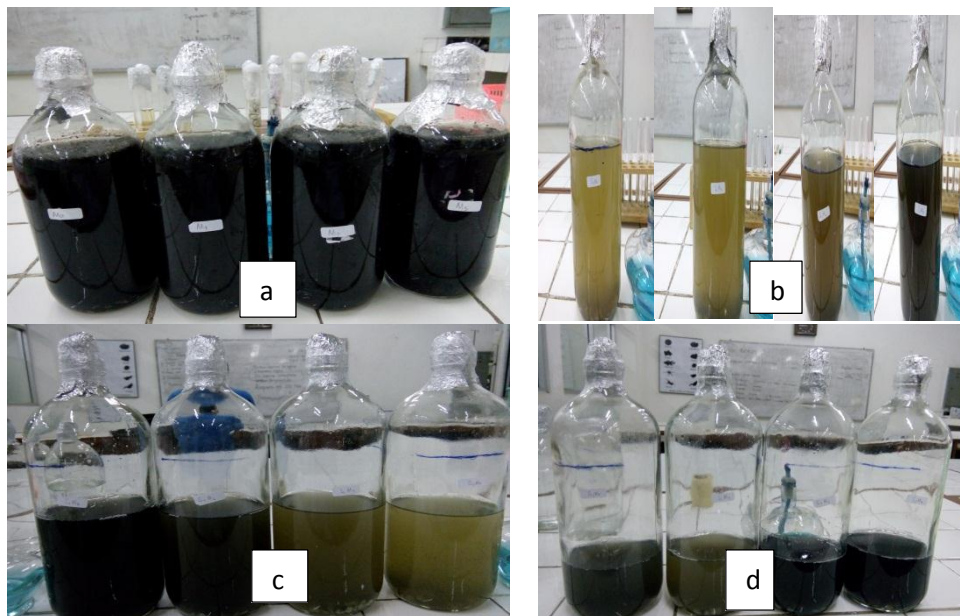
Tyas Nyonita Punjungsari, 2017. Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO_4^-). *Journal Viabel Pertanian*. (2017),11(2) 39-49

sumber konsorsium yang digunakan juga menunjukkan adanya perbedaan warna berdasarkan konsentrasi molase yang digunakan, dapat diamati pada Gambar 1.

Selain perbedaan warna yang terjadi pada hari ke 0, terdapat perubahan warna per periode waktu yang berbeda, dimana semakin lama waktu inkubasi semakin gelap warna media cair dalam *batch culture*, warna tergelap ditunjukkan oleh media cair dengan konsentrasi molase 1.234 mg/L, dan semakin kecil konsentrasi molase warna yang dihasilkan juga menjadi semakin lebih terang seperti disajikan pada tabel 3.

Perubahan warna yang semakin gelap menunjukkan adanya aktivitas bakteri pereduksi sulfat dalam *batch culture*. Hasil ini didukung oleh pernyataan dari Muyzer and Stam (2008) yang menyatakan bahwa bakteri pereduksi sulfat pada *batch culture* menggunakan sulfat sebagai penerima elektron terakhir untuk mendegradasi senyawa organik yang akan menghasilkan gas Sulfida (H_2S) dan ion bikarbonat (HCO_3^-), dimana H_2S yang dihasilkan merupakan presipitat yang berwarna hitam, sehingga keberadaannya dapat dijadikan karakteristik adanya kelompok bakteri pereduksi sulfat.

Semakin besar konsentrasi molase semakin hitam pula keadaan media cair dalam *batch culture*, hal ini dapat mengindikasikan bahwa semakin besar konsentrasi molase yang digunakan, maka bahan organik yang tersedia pun semakin banyak untuk mikrobia. Bahan organik yang cukup akan menunjang pertumbuhan mikrobia dalam *batch culture*, karena mikrobia menggunakannya sebagai sumber energy dan donor elektron melalui aktivitas oksidasi dari bahan organik tersebut. Pernyataan ini didukung oleh Lens *et al.* (1998) yang menyatakan bahwa bakteri pereduksi sulfat membutuhkan elektron dari aktivitas oksidasi bahan organik.



Gambar 1. Pertumbuhan konsorsium bakteri pereduksi sulfat secara *batch culture* (a) Stok konsorsium bakteri pereduksi sulfat umur 14 hari, (b) *batch culture* 0 hari, (c) *batch culture* umur 7 hari, *batch culture* umur 14 hari.

Tyas Nyonita Punjungsari, 2017. Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO_4^-). *Journal Viabel Pertanian*. (2017),11(2) 39-49

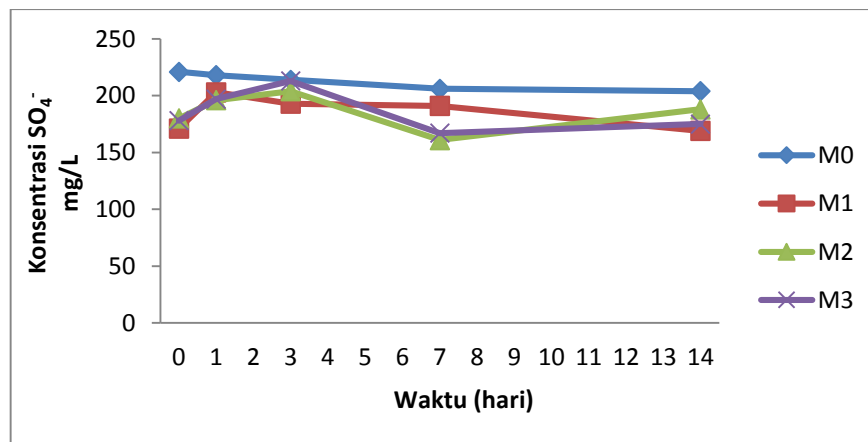
Tabel 2. Tabel konversi peningkatan warna pada masing *batch culture* dengan konsentrasi molase berbeda setiap periode waktu.

Konsentrasi molase	H0	H1	H3	H7	H14
0	+	+	+	+++	++++
308 mg/L	+	+	++	+++	++++
617 mg/L	++	++	+++	++++	+++++
1.234 mg/L	+++	+++	++++	+++++	+++++

Keterangan : (+) menunjukkan tingkatan warna hitam (gelap)

Selain perubahan warna indikator yang diamati adalah penurunan konsentrasi sulfat. Penurunan jumlah sulfat terlarut dalam media cair merupakan salah satu indikator adanya aktivitas bakteri pereduksi sulfat.

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, diketahui penurunan sulfat paling cepat adalah pada konsentrasi molase 617 mg/L dan 1.234 mg/L, namun pada konsentrasi tersebut mengalami kenaikan pada hari ke 14. Hasil ini bisa didapat karena pada *batch culture* tidak ada penambahan nutrient untuk kehidupan konsorsium, sehingga semakin lama nutrisi untuk memenuhi aktivitas metabolisme mikrobia semakin berkurang (tidak bisa membentuk atp dan tidak ada donor electron untuk aktivitas metabolisme), sehingga mikrobia tidak mampu untuk melakukan reduksi sulfat.



Gambar 2. Fluktuasi Sulfat selama waktu inkubasi 14 hari berdasarkan konsentrasi molase M0, M1, M2, M3.

Keterangan: M0 = Molase konsentrasi 0
 M1 = Konsentrasi Molase 308 mg/L
 M2 = Konsentrasi Molase 617 mg/L
 M3 = Konsentrasi Molase 1.234 mg/L

Hasil analisis secara statistik menunjukkan hasil yang sama dengan yang ditunjukkan oleh grafik karena didapatkan nilai *significance* yang lebih kecil dari pada 0,05. Sehingga dapat dinyatakan bahwa terdapat pengaruh penambahan molase terhadap penurunan konsentrasi sulfat oleh konsorsium bakteri pereduksi sulfat pada metode *batch culture*, Tabel 4.

Tyas Nyonita Punjungsari, 2017. Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO₄⁻). *Journal Viabel Pertanian*. (2017),11(2) 39-49

Tabel 4. Hasil analisis statistic hubungan konsentrasi molase dengan konsentrasi sulfat dalam *batch culture* menggunakan Anova.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2707.750	3	902.583	4.035	.026
Within Groups	3579.200	16	223.700		
Total	6286.950	19			

Letak perbedaannya ditunjukkan dengan menggunakan uji Duncan yang menghasilkan nilai *significancy* lebih kecil dari pada 0,05 pada konsentrasi molase 0 dengan konsentrasi molase 308 mg/L, sehingga dinyatakan ada beda nyata antara konsentasi 0 dan konsentrasi 308 mg/L. Hasil ini didapat karena berdasarkan grafik pada Gambar 5, konsentrasi molase 1.234 mg/L dan konsentrasi molase 617 mg/L mengalami kenaikan sulfat yang besarnya hampir sama dengan konsentrasi molase 0 pada hari ke 3, sehingga secara statistikpun menunjukkan tidak ada beda. Adapun menurut Bayoumy *et al.* (1998), jumlah sulfat per periode waktu seharusnya menurun karena sulfat yang ada pada *batch culture* digunakan BPS sebagai akseptor elektron terakhirnya.

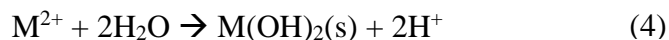
Hasil tersebut didukung oleh Widdel, *et al.* (2008) yang menyatakan bahwa bakteri pereduksi sulfat membutuhkan bahan organik yang cukup sebagai sumber karbon dan sumber energi untuk membentuk atp, yang nantinya berfungsi dalam proses pengendapan logam sesuai dengan reaksi 1 dan reaksi 2. CH₂O merupakan sumber karbon sederhana. Karbon inorganik akan menetralsir pH dan membantu pengendapan mineral metal karbonat. Sulfida terlarut (H₂S, HS⁻, dan S₂⁻) bereaksi dengan logam membentuk metal sulfida yang mengendap (persamaan reaksi 4).



BPS



BPS



Tyas Nyonita Punjungsari, 2017. Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO_4^-). *Journal Viabel Pertanian*. (2017),11(2) 39-49

KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan warna sudah terjadi sejak Hari ke 0 pada setiap konsentrasi molase menjadi kehitaman, menunjukkan adanya aktivitas bakteri pereduksi sulfat pada kultivar yang digunakan.
2. Perubahan warna paling gelap pada periode waktu 0,1,3,7,14 ditunjukkan oleh *batch culture* yang diberi molase dengan konsentrasi terbesar (1.234 mg/L).
3. Penurunan konsentrasi molase paling cepat terjadi pada *batch culture* dengan konsentrasi molase 617 mg/L dan 1.234 mg/L.
4. Berdasarkan pengujian menggunakan Anova nilai *significant* yang diperoleh bernilai 0,026 ($< 0,05$) sehingga dinyatakan bahwa molase memberikan pengaruh yang signifikan terhadap aktifitas konsorsium bakteri pereduksi sulfat dalam mereduksi sulfat.
5. Berdasarkan uji lanjutan dengan menggunakan DMRT diketahui konsentrasi sulfat yang paling beda nyata adalah kontrol (konsentrasi molase 0 mg/L) dan konsentrasi molase 308 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Bratkova, S., Koumanova, B., & Beschkov, V. 2002. Biological treatment of mining wastewaters by fixed-bed bioreactors at high organic loading. *Bioresour. Technol.* 137, 409–413.
- Cao, J., Zhang, G., Mao, Z., Li, Y., Fang, Z., & Yang, C. 2012. Influence of electron donors on the growth and activity of sulfate-reducing bacteria. *Int J Miner Process* 106, 58-64.
- Castro. 1993. Estudio de la melaza de ca~na como sustrato de la fermentacion acetobut~lica, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingenier~a. Colombia.
- Chen, Z.-F., Zhao, Y.-S., & Li, Q. 2016. Influence of Fe(III) on Cr(VI) Reduction by Organic Reducing Substances from Sugarcane Molasses. *Water Air Soil Pollut*, 227: 19 DOI 10.1007/s11270-015-2678-x.
- Detmers G., Alonso, R., Freire, S., Gonz~ales-~lvarez, J., & Antorrena, G. 2006. Uptake of phenol from aqueous solutions by adsorption in a Pinus pinaster bark packed bed. *J. Hazard. Mater.* B133, 61-67.
- Fahrudin. 2010. *Bioteknologi Lingkungan*. Bandung: Alfabeta.
- Havlin, J. B. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers*. New Jersey. 528 p.: An Introduction to Nutrient Management. Prentice Hall.
- Hesketh, A., Broodhurst, J., & Harrison, S. 2010. Mitigating the generation of acid mine drainage from copper sulphide tailings impoundments in perpetuity: a case study for an integrated management strategy. *Miner. Eng.* 23 (3), 225-229.
- Kleikemper, H., S. M., V., S. W., Schmucki, M., Bernasconi, S. M., & Zeyer, J. 2002. Activity and Diversity of Sulfate-Reducing Bacteria in a Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Aquifer. *Appl Environ Microbiol.* doi:10.1128/AEM.68.4.1516-1523, 68(4): 1516–1523
- Lens, P., Vallero, M., Esposito, G., & Zandvoor, M. 1998. Perspectives of sulfate reducing bioreactors in environmental biotechnology. *Sci. Biotechno*, 311- 325.

Tyas Nyonita Punjungsari, 2017. Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO₄⁻). *Journal Viabel Pertanian*. (2017),11(2) 39-49

- Liamleam, W., & PAnnachhatre, A. 2007. Electron donors for biological sulphate reduction. *Biotechnol. Adv.* 25, 452–463.
- Moncur, M. J. 2009. Mine drainage from the weathering of sulfide minerals and magnetite. *Appl. Geochem*, 24: 2362–2373.
- Moodie, A., & Ingledew, W. 1991. *Microbial Anaerobic Respiration*. Tempest, Advances in Microbial Physiology. Vol 31. USA: Academic Press Limited.
- Moosa, S. N. 2002. A kinetic study of anaerobic reduction of sulphate: part I. Effect of Sulphate concentration. *Chemical Engineering Science*, 57: 2773– 2780.
- Prescott, S. G and C. G. Dunn. 1959. “Industrial Microbiology”. McGraw-Hill BookCompany, New York.
- Purnamaningsih, N. 2016. Pengaruh Zeolit Alam Terhadap Aktivitas Konsorsium BPS Dalam Pengendapan Logam Mn. Tesis Pascasarjana Biologi UGM.
- Rzeczycka, M. and Blaszczyk. 2005. Growth and Activity of Sulphate-Reducing Bacteria in Media Containing Phosphogypsum and Different Sources of Carbon. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(6): 891-895.
- Widdel, F. (1988). Microbiology and ecology of sulphate- and sulfur-reducing. *A.J.B. (Ed.)*, 489-495.