

Pengaruh Konsentrasi Unsur Kalium, Karbon, dan Aerasi pada Bioremediasi Air Limbah Boezem dengan *High Rate Algae Pond*

Rhenny Ratnawati*, Indah Nurhayati, Venny Yunita Sari

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Jalan Dukuh Menanggal XII, Surabaya, Indonesia 60234

Abstrak

High Rate Algae Pond (HRAP) adalah salah satu teknologi yang efektif untuk mengolah air limbah domestik. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh penambahan unsur kalium (K), karbon (C), dan aerasi terhadap proses bioremediasi air boezem. Reaktor yang digunakan berupa toples kaca berukuran 8 liter dengan komposisi air boezem: kultur alga adalah 25%:75%. Air limbah domestik yang digunakan berasal dari air boezem Kalidami, Surabaya. Pembiakkan alga berasal dari kolam pribadi warga di Sidoarjo. Variabel penelitian adalah penambahan unsur K (0%, 1% dan 3%), konsentrasi C (0 mg/L dan 29,41 mg/L), dan aerasi. Parameter yang diukur adalah konsentrasi COD, MLVSS, dan nilai pH pada hari ke-0, 3, 6, 9, 11, 13, 16, 18. Analisis konsentrasi COD, MLVSS, dan nilai pH dengan menggunakan metode titrimetri (APHA 5220 C), metode gravimetri (SNI 06-6989.26-2005), dan menggunakan alat pH meter (SNI 06-6989.14-2004). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi COD yang paling optimal terlihat hari ke-6 pada reaktor dengan penambahan unsur K sebesar 3% dan konsentrasi C 29,41 mg/L dengan efisiensi mencapai 46% (45,2 mg/L). Konsentrasi COD pada hari ke-6 penelitian memenuhi baku mutu kelas III berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dengan nilai yang dipersyaratkan adalah 50 mg/L. Konsentrasi MLVSS tertinggi terdapat pada reaktor dengan penambahan unsur K (1% dan 3%), C (29,41 mg/L), dan aerasi. Konsentrasi MLVSS tertinggi terdapat pada reaktor dengan penambahan unsur K (1% dan 3%), C (29,41 mg/L), dan aerasi. Penambahan unsur K dan C tidak mempengaruhi nilai pH.

Kata kunci: aerasi, air boezem, bioremediasi, high rate algae pond, kalium, karbon

Abstract

[Title: Effect of Potassium, Carbon, and Aeration on Bioremediation of Boezem Wastewater with High Rate Algae Pond] High Rate Algae Pond (HRAP) is one of the effective technologies for treating domestic wastewater. This study aims to examine the effect of the addition of potassium (K), carbon (C), and aeration to the boezem water bioremediation process. The reactor used was an 8-liter glass jar with boezem water composition: algae culture was 25%: 75%. The domestic wastewater used comes from Boezem Kalidami, Surabaya. Algae breeding comes from private pools of residents in Sidoarjo. The research variables were the addition of K elements (0%, 1% and 3%), C concentrations (0 mg/L and 29.41 mg/L), and aeration. The parameters measured were COD, MLVSS, and pH values on days 0, 3, 6, 9, 11, 13, 16, 18. Analysis of COD, MLVSS, and values pH using the titrimetric method (APHA 5220 C), gravimetric method (SNI 06-6989.26-2005), and using a pH meter (SNI 06-6989.14-2004). This study's results indicate that the most optimal decrease in COD concentration was seen on day 6 of the reactor with the addition of K elements by 3% and C concentration of 29.41 mg/L with efficiency reaching 46% (45.2 mg/L). The COD concentration on the 6th day of the study met the class III quality standards based on the Surabaya City Regional Regulation No. 2 of 2004 concerning Management of Water Quality and Control of Water Pollution with the required value is 50 mg/L. The highest MLVSS concentration is found in the reactor with the addition of elements K (1% and 3%), C (29.41 mg/L), and aeration. The addition of elements K and C does not affect the pH value.

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: ratnawati@unipasby.ac.id

Keywords: *aeration, bioremediation, boezem water, carbon, high rate algae pond, potassium*

1. Pendahuluan

Kota Surabaya memiliki sistem kolam penampung air yang memiliki fungsi sama dengan waduk yaitu boezem. Keberadaan boezem yang digunakan sebagai infrastruktur pengendali limpasan air daratan dapat difungsikan sebagai waduk pengendali pencemaran laut. Salah satu fungsi boezem yaitu pengendali perairan pada salah satu perkotaan. Boezem atau waduk dalam suatu kota berfungsi sebagai muara dari air limbah domestik dan sebagai pengendali banjir (Prasandra, 2016). Boezem Kalidami memiliki luas 8 Ha dan terletak di sebelah selatan Kali Jagir dan sebelah utara Kali Wonorejo (Maulidiyah, 2017).

Air limbah domestik yang masuk ke Boezem Kalidami tanpa ada pengolahan terlebih dahulu. Polutan yang masuk ke dalam boezem berpotensi menyebabkan pendangkalan waduk, sehingga akan mengurangi fungsinya sebagai pengendali banjir. Semakin meningkatnya beban pencemar air boezem juga menyebabkan kemampuan untuk membersihkan dirinya sendiri terhadap buangan yang masuk ke alam (*self purification*) semakin berkurang (Nurhayati, Ratnawati & Sugito, 2018). Masuknya kandungan zat organik dan nutrient yang berlebih dalam air limbah dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan, salah satunya adalah meningkatnya pertumbuhan alga dan mengakibatkan oksigen di dalam perairan akan berkurang (Sentosa, Hediando & Satria, 2017).

Bioremediasi merupakan proses penguraian oleh aktivitas mikroba yang mengakibatkan transformasi struktur suatu senyawa sehingga terjadi perubahan integritas molekuler dan toksisitas senyawa tersebut berkurang atau tidak menjadi toksik sama sekali (Nashikin, 2013). Teknologi bioremediasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen pengolah limbah salah satunya dengan menggunakan agen alga-bakteri sebagai bioremediasi dalam pengolahan air limbah cair domestik.

High Rate Algae Pond (HRAP) merupakan salah satu teknologi pengolahan air limbah yang memanfaatkan mikroalga (Slamet, 2015). Pada penerapannya, dalam sistem HRAP ditambahkan substrat untuk meningkatkan jumlah biomassa. Jenis substrat yang ditambahkan dapat berupa C-organik seperti sukrosa. Berdasarkan hubungan simbiosis yang terjadi antara alga dan bakteri, semakin banyak jumlah bakteri maka akan semakin banyak CO₂ yang dihasilkan dan kemudian digunakan oleh alga untuk berfotosintesis. Sehingga dengan meningkatnya jumlah bakteri akan dapat juga meningkatnya jumlah produksi alga (Putri *dkk.*, 2014).

Penelitian mengenai pengolahan air limbah dengan HRAP yang memanfaatkan alga telah berhasil dilakukan oleh Putri *dkk.* (2014), Maiga *dkk.* (2015), Slamet *dkk.* (2015). Fotosintesis alga menghasilkan O₂ yang akan digunakan oleh bakteri heterofilik untuk menurunkan zat organik. Nutrisi dan CO₂ dari oksidasi akan digunakan oleh alga. Pengolahan limbah HRAP memiliki beberapa manfaat yaitu hemat biaya dan energi alga dikonversi menjadi biofuel, biogas, dan bioethane sebagai biofuel (Maiga *dkk.*, 2015).

Simbiosis alga-bakteri dalam menguraikan polutan mempunyai efisiensi yang berbeda ketika dilakukan aerasi dan tanpa aerasi (Ratnawati *dkk.*, 2011). Efisiensi penurunan konsentrasi COD menggunakan aerasi dan tanpa aerasi masing-masing adalah 83,94% dan 71,02%. Penambahan unsur K mempengaruhi efektivitas penurunan konsentrasi COD dalam hal tingkat efisiensi penurunan dan kecepatan waktu pencapaian kondisi optimum tersebut. Efisiensi penurunan konsentrasi COD pada penambahan unsur K 3% dari total unsur K pada *Bold's Basal Medium* (BBM) 21,64% lebih efektif daripada tanpa penambahan unsur K (83,94%:62,3%) dengan pencapaian waktu lebih singkat yaitu pada hari ke-11.

Penelitian yang dilakukan oleh Ratnawati *dkk.* (2017) menyimpulkan bahwa efisiensi penurunan COD tertinggi dengan penambahan KH₂PO₄ 3%, sumber C, dan tanpa aerasi. Efisiensi penurunan konsentrasi COD adalah 50,94% (60 mg/L). Konsentrasi COD akhir penelitian belum memenuhi standar kualitas yang disyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004 (standar kualitas COD adalah 50 mg/L). Perlu dilakukan penelitian dengan metode yang berbeda yaitu dengan adanya aerasi, sehingga diharapkan konsentrasi COD akhir memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh penambahan unsur K, sumber C, dan aerasi konsentrasi COD, MLVSS, dan nilai pH pada air boezem.

2. Bahan dan Metode

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan dan *green house* Laboratorium Biologi Universitas PGRI Adi Buana Surabaya selama 8 bulan.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: (1) Jurigen untuk pengambilan air limbah dari boezem Kalidami, (2) Reaktor uji berupa reaktor kaca yang bervolume 8 liter (Gambar 1), (3) Aerator untuk perlakuan aerasi pada setiap reaktor, (4) Bak plastik

untuk pembiakan alga, (5) Plastik wrap digunakan untuk menutupi reaktor agar tidak ada hewan yang masuk. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian diantaranya adalah air boezem Kalidami, biakkan alga, unsur K dan C berupa gula pasir.

2.3 Pembiakan Alga

Alga yang dibiakan berasal dari kolam pribadi warga yang beralamat di Jalan Raden Patah No 01 Bulusidokare Sidoarjo. Kultur alga dilakukan sampai mencapai kondisi yang siap digunakan untuk penelitian yaitu konsentrasi klorofil a sebesar 3,5 mg/liter (Nurhayati *dkk.*, 2019). Pembiakan kultur alga dengan cara penambahan pupuk NPK dan diaerasi secara terus menerus.

2.4 Metode Pengumpulan Data

2.4.1 Analisis Karakteristik Air Boezem

Analisis awal karakteristik air Boezem Kalidami dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi awal karakteristik konsentrasi parameter kadar COD dan nilai pH sebelum dilakukan pengolahan dengan proses bioremediasi menggunakan simbiosis alga-bakteri. Analisis COD menggunakan analisis dengan metode APHA 5220 C dengan satuan mg/L (Eaton *dkk.*, 2005) sedangkan untuk analisis nilai pH dengan menggunakan metode SNI 06-6989.11-2004.

2.4.2 Penelitian Bioremediasi Air Limbah

Penelitian ini dilakukan dengan sistem batch. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini, adalah (1) Penambahan unsur K dalam bentuk kalium dihydrogen fosfat (KH₂PO₄) dan dikalium hidrogen fosfat (K₂HPO₄) dari total unsur K pada BBM sebesar 0%, 1% dan 3% (2) Penambahan sumber C sebesar 0 mg/L dan 29,41 mg/L dan perlakuan penambahan aerasi secara terus-menerus karena pada penelitian yang dilakukan oleh Ratnawati *dkk.* (2011) menyatakan bahwa penambahan unsur K, sumber C, dan aerasi efektif dalam proses bioremediasi air limbah.

Reaktor yang digunakan berupa reaktor kaca dengan volume 8 liter. Setiap reaktor uji diberi kode OGA, OTA, 1GA, 1TA, 2 GA dan 2TA dapat dilihat pada Tabel 1. Reaktor uji diletakkan ditempat terbuka dan ditutup dengan plastik *wrap* agar tidak ada kotoran maupun hewan yang masuk ke dalam reaktor uji dan agar air hujan tidak masuk ke dalam reaktor yang dapat mengakibatkan pengenceran. Pengukuran parameter COD, pH dan MLVSS disetiap reaktor dilakukan pada hari ke- 0, 3, 6, 9, 11, 13, 16 dan 18. Pengukuran MLVSS menggunakan metode gravimetrik (SNI 06-6989.26-2005). Prinsip pengukuran MLVSS dilakukan dengan pemanasan pada suhu 550 °C. Pada cawan tertutup kadar MLVSS menunjukkan jumlah bahan organik yang dapat di biodegradasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Awal Air Boezem Kalidami

Konsentrasi COD awal pada air Boezem Kalidami sebesar 132,0 mg/L, nilai ini melebihi baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 2 Tahun 2004, sedangkan baku mutu konsentrasi COD yang telah ditetapkan adalah 50 mg/L (Tabel 2).

3.1.1 Konsentrasi COD

Hasil analisis konsentrasi COD adanya pengaruh penambahan unsur K dan pengaruh penambahan sumber C disajikan pada Gambar 1.

Konsentrasi COD dengan penambahan unsur K dan aerasi menunjukkan bahwa tren penurunan ketiga reaktor sama yaitu pada hari ke-3 sampai hari ke-6 mengalami penurunan konsentrasi COD hari ke-3 penelitian pada reaktor OTA, 1TA dan 2TA berturut-turut adalah 166,5 mg/L; 71,1 mg/L; 93,3 mg/L (Gambar 1a). Konsentrasi COD hari ke-6 mengalami penurunan pada reaktor OTA, 1TA dan 2TA adalah sebesar 220,1 mg/L; 38,7 mg/L; 60,5 mg/L. Penurunan konsentrasi COD terjadinya adanya proses oksidasi yang dilakukakan oleh mikroorganisme (Ratnawati & Talarima, 2017).



Gambar 1. Reaktor Uji Penelitian

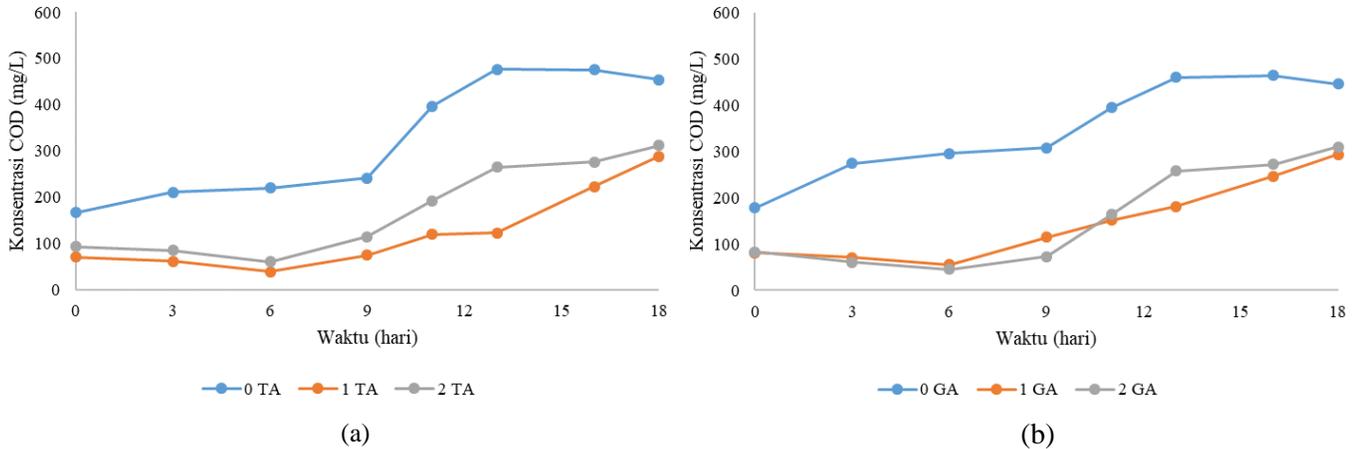
Tabel 1. Kode Reaktor Uji

Kode reaktor	Penambahan konsentrasi unsur K (%)	Penambahan sumber C (mg/L)	Perlakuan pada reaktor
0 GA	0	29,41	Aerasi
0 TA		0	
1 GA	1	29,41	
1 TA		0	
2 GA	3	29,41	
0 GA		0	

Tabel 2. Karakteristik Awal Air Boezem Kalidami

Parameter	Satuan	Baku mutu *)	Hasil uji
Konsentrasi COD	mg/L	50	132

Nilai pH - 6-9 7,54
 Keterangan: *)Perda Kota Surabaya No.2 Tahun 2004 untuk Kelas III Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air



Gambar 1. Konsentrasi COD dengan: (a) penambahan unsur K dan aerasi dan (b) penambahan unsur K, C, dan aerasi

Pada hari ke-9 hingga hari ke-18 konsentrasi COD mengalami peningkatan pada semua reaktor. Konsentrasi COD hari ke-9 pada reaktor 0TA, 1TA dan 2TA adalah sebesar 241,5 mg/L; 74,5 mg/L; dan 114,6 mg/L sedangkan hari ke-18 konsentrasi COD pada reaktor 0TA, 1TA, dan 2TA adalah sebesar 453,9 mg/L; 289 mg/L; dan 311,9 mg/L. Konsentrasi COD mengalami peningkatan kembali terjadi karena mikroorganisme mengalami fase kematian dimana fase ini disebabkan adanya pengaruh dari konsentrasi unsur-unsur senyawa yang tidak bisa diuraikan kembali yang mengakibatkan mikroorganisme tidak mampu lagi untuk memproses penyisihan air limbah. Fase kematian mikroorganisme telah menambah konsentrasi bahan organik dalam setiap reaktor (Nurhayati & Ratnawati, 2018).

Pengaruh penambahan unsur K 1% (1 TA) dan 3% (2 TA) mampu menurunkan konsentrasi COD daripada tanpa penambahan unsur K (0 TA). Hal ini disebabkan penambahan unsur K dapat mempercepat simbiosis alga-bakteri sehingga proses pengolahan bioremediasi berjalan dengan optimum dibandingkan dengan reaktor yang lain. Unsur K merupakan nutrisi makro yang diperlukan alga-bakteri untuk memenuhi kebutuhan energi, bahan pembangun sel, sintesis protoplasma, dan bagian-bagian sel lainnya (Nurhayati & Ratnawati, 2018).

Kadar COD dengan penambahan unsur K, C, dan aerasi menunjukkan tren penurunan konsentrasi COD pada ketiga reaktor sama yaitu konsentrasi COD hari ke-0 pada reaktor 0GA, 1GA, dan 2GA adalah sebesar 178,4 mg/L; 81 mg/L; dan 82,9 mg/L (Gambar 1b). Konsentrasi COD hari ke-6 pada reaktor 0GA, 1GA dan 2GA adalah

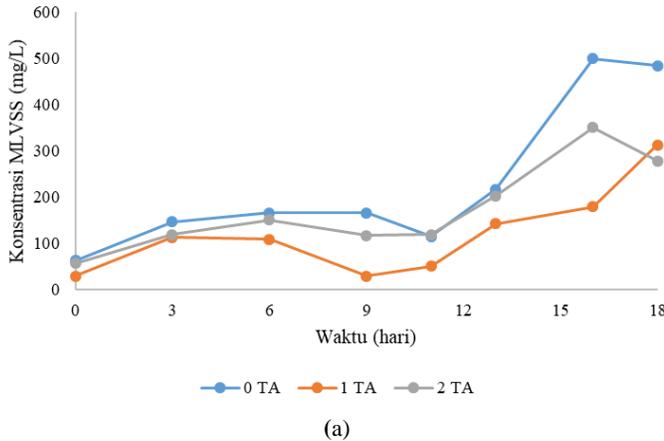
sebesar 295,9 mg/L; 55,3 mg/L; dan 45,2 mg/L. Penurunan COD terjadi karena nutrisi masih melimpah sehingga bakteri mengalami fase eksponensial, yaitu merupakan fase dimana pertumbuhan bakteri berlangsung sangat cepat (Urneni dkk, 2012).

Pada hari ke-9 hingga hari ke-18 konsentrasi COD disetiap reaktor mengalami peningkatan kembali yaitu, konsentrasi hari ke-9 pada reaktor 0GA, 1GA dan 2GA adalah sebesar 308 mg/L; 115,2 mg/L; dan 72,9 mg/L sedangkan konsentrasi COD hari ke-18 pada reaktor 0GA, 1GA dan 2GA adalah sebesar 446,4 mg/L; 293,2 mg/L; dan 310,2 mg/L. Konsentrasi COD mengalami peningkatan kembali, hal ini terjadi karena fase kematian dimana pada fase ini jumlah sel yang mati akan meningkat yang disebabkan oleh ketidaktersediaan nutrisi akumulasi produk buangan yang toksik (Pratiwi, 2008).

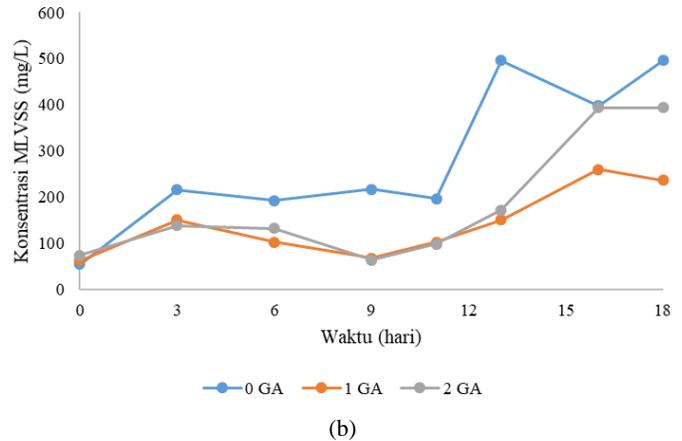
Penambahan glukosa berfungsi sebagai *co-substrate* yang dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri. Kebutuhan nutrisi alga dan bakteri terpenuhi sehingga simbiosis alga bakteri berjalan optimum dan terjadi proses penyerapan nutrisi maupun unsur hara (ion-ion hasil penguraian) oleh kinerja mikroorganisme tersebut sehingga terjadi penurunan COD (Nurhayati & Ratnawati, 2018).

Penggunaan aerasi dapat mempengaruhi proses penyisihan konsentrasi COD dalam air boezem. Dengan penggunaan aerasi, maka persediaan oksigen terlarut di dalam air boezem akan semakin bertambah, sehingga cukup membantu mikroorganisme aerob yang bekerja untuk menguraikan polutan organik yang terdapat dalam air boezem. Pada dasarnya, proses penguraian bahan

organik oleh mikroorganisme membutuhkan adanya nutrisi dan oksigen terlarut yang cukup dalam reaktor



(Ratnawati, 2011).



Gambar 2. Konsentrasi MLVSS dengan: (a) penambahan unsur K dan aerasi dan (b) penambahan unsur K, C, dan aerasi

Pengolahan air limbah boezem dengan bioremediasi alga-bakteri mampu menurunkan konsentrasi COD pada hari ke-6 dengan penambahan unsur K 1% (1 TA) sebesar 45% dan penambahan unsur K 3%, sumber C, dan aerasi (2 GA) yang didapatkan konsentrasi COD sebesar 46% yang memenuhi baku mutu kelas III yang sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

3.1.2 Konsentrasi MLVSS

Gambar 2a menunjukkan bahwa masing- masing reaktor mengalami perubahan tiap hari sampai akhir penelitian. Pada awal penelitian, konsentrasi MLVSS pada semua reaktor mempunyai nilai yang tidak jauh berbeda dan terjadi fase adaptasi, dimana mikroorganisme mengalami proses aklimatisasi terhadap lingkungan barunya sebelum terjadinya produksi biomassa dan pembelahan sel secara signifikan. Hasil dari analisis penelitian pada hari ke-0 sampai hari ke-6 konsentrasi MLVSS mengalami peningkatan pada semua reaktor, hal ini dikarenakan pada reaktor 1 TA dan 2 TA ada penambahan unsur K sebanyak 1% dan 3% dari total unsur K pada BBM memberikan pengaruh terhadap konsentrasi MLVSS.

Konsentrasi MLVSS hari ke-0 pada reaktor 0TA, 1TA dan 2TA adalah sebesar 62,00 mg/L; 28,00 mg/L; dan 56,00 mg/L sedangkan konsentrasi MLVSS hari ke-6 pada reaktor 0TA, 1TA dan 2TA adalah sebesar 165,00 mg/L; 108,00 mg/L; dan 150,00 mg/L. Peningkatan konsentrasi MLVSS pada hari ke-0 sampai hari ke-6 terjadi fase eksponensial dimana selama fase ini kebutuhan nutrisi sangat banyak (Selvika, 2016).

Hari ke-9 konsentrasi MLVSS mengalami penurunan pada reaktor 0TA, 1TA dan 2TA adalah sebesar 165,00 mg/L; 28,00 mg/L; dan 116,00 mg/L. Konsentrasi MLVSS mengalami penurunan kembali terjadi dikarenakan pada fase ini terdapat jumlah mikroorganisme berkurang karena jumlah pertumbuhan lebih kecil dari jumlah kematian mikroorganisme.

Pada hari ke-11 sampai hari ke-18 konsentrasi MLVSS mengalami peningkatan kembali. Hari ke-11 pada reaktor 0TA, 1TA dan 2TA adalah konsentrasi MLVSS adalah sebesar 114,00 mg/L; 50,00 mg/L; dan 118,00 mg/L sedangkan konsentrasi MLVSS hari ke-18 pada reaktor 0TA, 1TA dan 2TA adalah sebesar 484,00 mg/L; 312,00 mg/L; dan 278,00 mg/L. Peningkatan konsentrasi MLVSS disebabkan oleh fase kematian, dimana kematian bakteri disebabkan habisnya jumlah makanan dalam medium sehingga pembiakan bakteri terhenti dan keadaan lingkungan yang tercemar karena semakin banyaknya hasil metabolit yang tidak berguna dan mengganggu pertumbuhan bakteri.

Dari data tersebut, diketahui bahwa pencapaian konsentrasi MLVSS dipengaruhi oleh penambahan unsur K. Hal ini disebabkan unsur K dapat mempercepat kinerja simbiosis alga-bakteri, sehingga konsentrasi MLVSS dihasilkan lebih besar. Pengolahan air boezem dengan penambahan unsur K memberikan pengaruh terhadap konsentrasi MLVSS.

Semua reaktor mengalami fase lag atau yang disebut dengan fase penyesuaian mikroorganisme pada suatu lingkungan baru (Gambar 2b). Pada hari ke-0 konsentrasi MLVSS pada reaktor 0GA, 1GA dan 2GA adalah sebesar 54,00 mg/L, 62,00 mg/L; dan 74,00 mg/L. Pada hari ke-3 konsentrasi MLVSS pada reaktor 0GA, 1GA dan 2GA

adalah sebesar 216,00 mg/L; 150,00 mg/L; dan 138,00 mg/L. Pada hari ke-3 penelitian terjadi fase eksponensial merupakan fase dimana mikroorganisme tumbuh dan membelah pada kecepatan maksimum, tergantung pada genetika mikroorganismenya.

Sedangkan, pada hari ke-6 sampai hari ke-9 mengalami penurunan kembali yang disebabkan pertumbuhan mikroorganismenya berhenti dan terjadi keseimbangan antara jumlah sel yang membelah dengan jumlah sel yang mati atau yang disebut dengan fase stasioner. Pada fase stasioner terjadi akumulasi produk buangan yang toksik. Pada fase stasioner konsentrasi MLVSS hari ke-6 pada reaktor 0GA, 1GA dan 2GA adalah sebesar 192,00 mg/L; 102,00 mg/L; dan 132,00 mg/L. Pada hari ke-9 konsentrasi MLVSS pada reaktor 0GA, 1GA dan 2GA adalah sebesar 217,00 mg/L; 68,00 mg/L; dan 64,00 mg/L.

Pada hari ke-11 sampai hari ke-18 konsentrasi MLVSS mengalami peningkatan kembali. Pada hari ke-11 konsentrasi MLVSS pada reaktor 0GA, 1GA dan 2GA adalah sebesar 196,00 mg/L; 102,00 mg/L; dan 98,00 mg/L. Pada hari ke-18 konsentrasi MLVSS pada reaktor 0GA, 1GA dan 2GA adalah sebesar 496,00 mg/L; 236,00 mg/L; dan 394,00 mg/L. Pada hari ke-11 sampai hari ke-18 mengalami fase kematian. Pada fase ini, substrat telah habis sehingga tidak lagi terjadi pertumbuhan dan perubahan konsentrasi biomassa terjadi karena kematian sel-sel. Kematian mikroorganismenya disebabkan semakin berkurangnya nutrisi dalam media (Nurhayati & Ratnawati, 2018).

Penambahan unsur K dan sumber C (1 GA dan 2 GA) mempunyai konsentrasi MLVSS yang lebih besar dan pencapaian waktu yang lebih singkat dari pada tanpa penambahan sumber C (1 TA dan 2 TA). Unsur K berfungsi sebagai mempercepat kinerja simbiosis alga bakteri dalam meremediasi air boezem, sehingga konsentrasi MLVSS lebih besar (Nurhayati dan Ratnawati, 2018).

3.1.3 Nilai pH

Hasil dari analisis nilai pH selama penelitian mempunyai nilai yang relatif fluktuatif tetapi pada akhir penelitian pH mengalami kenaikan kembali. Pada awal penelitian rata-rata pH pada semua reaktor adalah 7,61. Selama penelitian nilai pH dalam reaktor 0 TA berkisar 8,3-9,0, pada reaktor 1 TA berkisar 7,6-8,5 dan pada reaktor 2 TA berkisar 7,6-8,9.

Pertumbuhan bakteri dan alga dipengaruhi oleh pH media. Setiap mikroorganismenya untuk mempertahankan hidupnya mempunyai karakteristik nilai pH tertentu. Pertumbuhan bakteri dan alga dipengaruhi oleh pH media. Setiap mikroorganismenya untuk mempertahankan hidupnya mempunyai karakteristik nilai pH tertentu. Selama proses bioremediasi nilai pH berada pada pertumbuhan optimal mikroorganismenya berkisar antara

6,56-8,90 (Ratnawati & Talarima, 2017). Hasil dari seluruh gambar diatas bahwa pH di setiap reaktor memiliki rentang yang tidak jauh berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan unsur K dan sumber C tidak mempengaruhi nilai pH.

4. Kesimpulan

Penambahan unsur K, C, dan aerasi memiliki pengaruh terhadap konsentrasi COD, pH dan MLVSS. Penurunan konsentrasi COD yang paling optimal terlihat hari ke-6 pada reaktor dengan penambahan unsur K sebesar 3% dan konsentrasi C 29,41 mg/L dengan efisiensi mencapai 46% (45,2 mg/L). Konsentrasi COD pada hari ke-6 penelitian memenuhi baku mutu kelas III berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dengan nilai yang dipersyaratkan adalah 50 mg/L. Konsentrasi MLVSS tertinggi terdapat pada reaktor dengan penambahan unsur K (1% dan 3%), C (29,41 mg/L), dan aerasi.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui Hibah Penelitian Strategi Nasional Institusi No. Kontrak 086.4/LPPM/5/2018 tanggal 26 Februari 2018, berdasarkan surat perjanjian pelaksanaan penugasan penelitian bagi dosen perguruan tinggi swasta Kopertis Wilayah VII tahun anggaran 2018, No.041/SP2H/LT/K7/KM/2018 tanggal 26 Februari 2018.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. (2004). Cara Uji Kadar Padatan Total Secara Gravimetri SNI 06-6989.26-2005. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2005). Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter SNI 06-6989.14-2004. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Eaton, A. D., Clesceri, L. S., & Greenberg, A. E. (2005). *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. Ed. 21. Washington: American Public Health Association.
- Maiga, Y., Takahashi, M., Somda, T. Y. K., & Maiga, A. H. (2015). Greywater Treatment by High Rate Algal Pond under Sahelian Conditions for Reuse in Irrigation. *J. Water Resour. Protect.*, 7, 1143-1155.
- Maulidiyah, A. (2017). *Studi Potensi Boezem Wonorejo sebagai Sumber Penyedia Air Baku Kota*

- Surabaya. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Nashikin, R., & Shovitri, M. (2013). Isolasi dan Karakteristik Bakteri Pendeградasi Solar dan Bensin dari Perairan Pelabuhan Gresik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(2), E84-E88.
- Nurhayati, I., Ratnawati, R. & Sugito. (2019). Effects of Potassium and Carbon Addition on Bacterial Algae Bioremediation of Boezem Water. *Environ. Eng. Res.*, 24(3), 495-500.
- Nurhayati, I., Ratnawati, R., & Sugito (2018) *Degradation of NH₃ and BOD in Domestic Wastewater using Algal-bacterial System* (pp. 213-218). Surabaya, Indonesia: Prosiding of the Built Environment, Science and Technology International Conference (BEST ICON 2018).
- Nurhayati, I., & Ratnawati, R. (2018). *Remediasi Lingkungan Tercemar*. Buku Ajar. Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*
- Prasandra, A. S. P. (2016). *Pengolahan Air Boezem Kalidami dengan Menggunakan Alga*. Tugas Akhir. Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Pratiwi, S. T. (2008). *Mikrobiologi farmasi*. Jakarta: Erlangga.
- Putri, R. L., Hermana, J., & Slamet, A. (2014). Pengaruh Penambahan Glukosa Sebagai Co-substrate dalam Pengolahan Air Limbah Minyak Solar Menggunakan Sistem High Rate Alga Reactor (HRAR). *Jurnal Teknik POMITS*, 3(2).
- Ratnawati, R., Slamet, A., & Hermana, J. (2011). Efek Penambahan Unsur Kalium dan Aerasi terhadap Kinerja Alga-Bakteri untuk Mereduksi Polutan pada Air Boezem Morokremlangan, Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional VIII Teknik Lingkungan ITS dan Seminar Nasional VII Ikatan Alumni Teknik Penyehatan Indonesia (IATPI)*. Surabaya, Indonesia.
- Ratnawati, R., Nurhayati, I., & Sugito. (2017). The performance of algae-bacteria to improve the degree of environmental health. Proceeding in 2nd International Symposium of Public Health (ISOPH 2017)-Achieving SDGs in South East Asia:Challenging and Tackling of Tropical Health Problems. Surabaya, Indonesia. 17-23.
- Ratnawati, R., & Talarima, A. (2017). Subsurface (SSF) Constructed Wetland for Laundry Wastewater Treatment. *Jurnal Teknik Waktu*, 15(2), 1- 6.
- Selvika, Z., Kusuma, A. B. K., Herliany, N. E., & Negara, B. F. S. P. (2016). The growth rate of the Chlorella sp. at different concentration of coal waste water. *Depik*, 5, 107-112.
- Sentosa, A. A., Hedianto, D. A., & Satria, H. (2017). Allegations of eutrophication in Lake Matano are reviewed from the phytoplanton community and water quality. *Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 24, 61-73.
- Slamet, A., Mei, I., & Hermana, J. (2015). Effect of nutrient enrichment, salinity, and pH on HRAP biokinetics with algae culture from Boezem Morokremlangan Surabaya. Proceeding of National Seminar Environmental Technology XII. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia, 51-60.
- Urnemi, S., Syukur, E., Purwati, I., & Sanusi, J. (2012). Potensi bakteri asam laktat sebagai kandidat probiotik penghasil bakteriosin terhadap mikroba patogen asal fermentasi kakao varietas Criollo. *Jurnal Riset teknologi Industri (LIPI)*, 6(13).