

PENGARUH pH , KONSENTRASI ISOLAT *CHLORELLA VULGARIS* DAN WAKTU PENGAMATAN TERHADAP TINGKAT CEMARAN LIMBAH CAIR *CRUMB RUBBER*

THE EFFECT OF pH, MICROALGAE *CHLORELLA VULGARIS* ISOLATE CONCENTRATION, AND OBSERVATION PERIOD ON PROCESSING *CRUMB RUBBER* WASTE WATER POLLUTANT LEVEL

Chasri Nurhayati¹⁾, Basuni Hamzah²⁾, Rindit Pambayun²⁾

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang¹⁾;

Pasca Sarjana Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya²⁾

e-mail: chasrinurhayati@yahoo.com

Diterima: 16 Januari 2014; Direvisi: 27 Januari 2014 – 16 Mei 2014; Disetujui: 17 Oktober 2014

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh konsentrasi mikroalga, pH dan waktu pengamatan terhadap kadar pH, *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solids* (TSS), dan amonia limbah cair *crumb rubber*. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial yang terdiri tiga faktor. Faktor pertama yaitu konsentrasi mikroalga (K) dengan taraf $K_1=5\%$, $K_2=10\%$, $K_3=15\%$ dan $K_4=20\%$, faktor kedua yaitu pH (P) dengan taraf $P_1=pH7$, $P_2=pH8$ dan $P_3=pH9$ dan faktor ke tiga yaitu waktu pengamatan (W) dengan taraf 1 s/d 10. Peubah yang diamati adalah pH, BOD, COD, TSS, dan amonia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi mikroalga, pH dan waktu pengamatan berpengaruh nyata terhadap pH, BOD, COD, TSS, dan amonia. Kombinasi perlakuan konsentrasi mikroalga 5% dan pH 7 dan waktu pengamatan ke-5 ($K_1P_1W_5$) merupakan perlakuan terbaik untuk menurunkan limbah *crumb rubber* sesuai Per. Gubernur Sumatera Selatan No.8 Tahun 2012 dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51/Men LH/10/1995 dengan nilai pH sebesar 7,72, BOD sebesar 58,3667 mg/L, COD sebesar 108,5700 mg/L, TSS sebesar 3,0300 mg/L, dan amonia sebesar 3,3500 mg/L.

Kata Kunci: limbah *crumb rubber*, konsentrasi mikroalga, pH

Abstract

The purpose of this study was to determine the influence of microalgae concentration, pH and time of observation of the levels of pH, *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solids* (TSS), and ammonia on *crumb rubber* waste water. This study use the Completely Randomized Design-factorial which consisting of three factors. The first factor is the concentration of microalgae (K) with $K_1=5\%$, $K_2=10\%$, $K_3=15\%$ and $K_4=20\%$, the second factor is pH (P) with $P_1=pH7$, $P_2=pH8$, $P_3=pH9$ and the third factor is the time of observation (W) with the standard of 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10. The variables that were observed were pH, BOD, COD, TSS, and ammonia. The results showed that the microalgae concentration, pH and time of observation has significant effect on pH, BOD, COD, TSS, and ammonia. Combination treatment of microalgae concentration of 5% and a pH of 7 and time of 5th observation ($K_1P_1W_5$) is the best treatment to reduce *crumb rubber* waste water according to Government Regulation of South Sumatera Number 8 Year 2012 (Per. Gub. Sum.Sel. 8 Th 2012) and Kep.Men. LH No. 51/Men LH/10/1995 with a pH of 7.72, the BOD of 58.3667 mg/L, COD of 108.5700 mg/L, TSS of 3.0300 mg/L, and ammonia of 3.3500 mg/L.

Keywords: *crumb rubber* waste, concentration of microalgae, pH

PENDAHULUAN

Industri karet remah menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar,

sebesar 38,671/m³/ton karet remah (Gapkindo, 1992). Pada dasarnya limbah industri karet remah tidak banyak mengandung bahan kimia dan logam

berat karena proses pengolahannya merupakan rangkaian peremahan dan pengeringan (Ompusunggu dan Dalimonte, 1995).

Bahan baku dalam pembuatan *crumb rubber* adalah bokar atau lateks kebun. Bahan baku bokar yang dihasilkan petani bermacam-macam seperti sit asap, sit tebal, slab atau lump, sedang lateks kebun merupakan hasil penyadapan pohon karet, berupa getah cair. Apabila dilihat dari bahan bakunya maka limbah yang dihasilkan banyak mengandung bahan organik yang tinggi, sisa senyawa bahan olahan karet, senyawa karbon, nitrogen, fosfor dan senyawa-senyawa lain seperti amonia yang cukup tinggi sehingga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan apabila tidak diolah dengan baik dan langsung dibuang ke lingkungan.

Pengolahan secara anaerobik seringkali belum mampu menurunkan kadar BOD dan COD sampai memenuhi baku mutu lingkungan sesuai Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51/Men-LH/10/1995, sehingga pengolahan lanjutan masih diperlukan seperti penggunaan dengan mikroalga. Salah satunya adalah pemanfaatan mikroalga *Chlorella vulgaris*, karena mikroalga ini mempunyai kelebihan diantaranya dapat hidup pada salinitas rendah atau tinggi (Walker *et al.*, 2005), dapat hidup di air tawar (Farahani *et al.*, 2006), dapat menggunakan bahan organik dalam limbah untuk metabolisme sel (Mulyadi, 1999) serta dapat menyerap logam berat seperti Cd, Zn, Pb dan Cu (Suresh and Ravishankar, 2004).

Menurut Chang and Yang (2003). *Chlorella vulgaris* adalah mikroalga uniceluler dengan bentuk spiral ukuran 3-6 μm , kloroplas bentuk gelas, jenis chloropyl a dan b dan dapat hidup dengan pH>4, salinitas 2,5% dan suhu ruang <38°C.

Pada pertumbuhannya, mikroalga ini tergantung pada faktor lingkungan, seperti derajat keasaman (pH), karena pH lingkungan akan mempengaruhi

metabolisme sel mikroalga (Reynolds, 1984 dalam Prihantini *et al.*, 2005). Derajat keasaman media menentukan kelarutan dan ketersediaan ion mineral sehingga dengan ketersediaan nutrient yang cukup akan mempengaruhi penyerapan *nutrient* oleh sel (Becker, 2003). Kisaran pH untuk pertumbuhan pada kebanyakan mikroalga antara 7-9 (Becker, 1994).

Jumlah kultur mikroalga yang diinokulasi akan menentukan proses pendegradasian bahan organik dan akan menentukan penurunan kadar polutan limbah sampai mencapai baku mutu limbah cair yang ditentukan (Komariah, 2011).

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah *Bolds Basal Medium* (BBM), alkohol, aquades steril, medium Bristol's Agar, Medium bristol's cair, HCl 1M, NaOH 1M, larutan kapur/ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, sampel air limbah karet dari PT. Bintang Gasing Musi Persada di Palembang, isolat murni *Chlorella vulgaris* hasil isolasi berumur 48 jam dll.

Peralatannya terdiri dari *autoclave*, *cool box*, *hot plate*, *hemasitometer*, inkubator, *laminar air flow*, lampu TL 20 watt, *magnetic stirrer*, *mixer*, penangas air, pH meter, *shaker*, kotak plastik ukuran 30 liter, timbangan analitik dan alat gelas.

B. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan RAL (faktorial), dengan tiga variabel yaitu konsentrasi mikroalga (K), pH (P) dan waktu pengamatan (W), dengan pengulangan 3 (tiga) kali, meliputi :

- a. K (K_1 :5%, K_2 :10%, K_3 :15%, K_4 :20%).
- b. P (P_1 :pH7, P_2 :pH8, P_3 :pH 9).
- c. W ($W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7, W_8, W_9, W_{10}$)

Peubah yang diamati adalah pH, BOD, COD, TSS, dan amonia. Hasil uji dilakukan analisis menggunakan statistica 6.0, kemudian dibandingkan

dengan baku mutu sesuai Kep.51/Men-LH/10/1995 dan Per.Gub. Sum.Sel No. 8 tahun 2012.

C. Prosedur Kerja Pengambilan Sampel

Pengambilan limbah di PT. Bintang Gasing Musi Persada, Jl. Tanjung Siapi-api Palembang. Limbah karet remah diatur pH nya sesuai dengan perlakuan dengan cara penambahan kapur. Diperbanyak isolat murni *Chlorella vulgaris* yang berumur 48 jam sebagai konsorsium (Arafah, 2009). Limbah diolah dengan penambahan mikroalga sesuai perlakuan dan dilengkapi aerator dan lampu TL 20 Watt (Rostini, 2007). Semua perlakuan diamati setiap hari selama 10 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. pH

Hasil pengujian pH, bahwa pH terendah (5,42) dan pH tertinggi (8,99). Nilai pH ini mengarah pada peningkatan pH dari rendah ke tinggi pada pengamatan ke-1 sampai ke-10. Analisis keragaman menunjukkan bahwa K, P dan W berpengaruh nyata ($P < 0,05$) dimana nilai $P_{0,00} < 0,05$.

Hasil uji BJND 5% pengaruh K, P dan W terhadap pH menunjukkan bahwa pH terendah terdapat pada $K_3P_1W_{10}$ (5,42) dan belum memenuhi baku mutu karena persyaratan pH 6-9, sedang pH tertinggi terdapat pada perlakuan $K_4P_3W_6$ (8,99) memenuhi baku mutu. pH terendah diperoleh pada $K_3P_2W_{10}$ dengan nilai 6,02 tidak berbeda nyata dengan perlakuan $K_1P_1W_{10}$ (6,12) merupakan nilai pH terendah sedang pH tertinggi terdapat pada $K_4P_3W_6$ (8,99). Konsentrasi mikroalga yang tinggi menunjukkan akan menaikkan pH limbah. Keadaan ini disebabkan karena adanya perombakan protein dari sel bakteri yang telah mati atau perombakan hidrokarbon yang berkaitan dengan kandungan karbohidrat dari lateks kebun sebagai bahan baku karet remah. Penambahan pH dari protein kemungkinan juga disebabkan karena adanya kematian sel

Chlorella vulgaris. Karena adanya perubahan nilai PH akibat proses proses biokimia ini maka perlu dilakukan pengukuran nilai keasaman (pH) pada awal pengolahan limbah. pH 7 merupakan pH terbaik dan dari pengamatan menunjukkan bahwa pH 7 akan menaikkan pH limbah sedang untuk perlakuan pH 8 dan perlakuan pH 9 akan menurunkan pH limbah. Meningkatnya nilai pH limbah pada perlakuan pH 7 kemungkinan disebabkan karena pada pH tersebut mikroalga tumbuh secara maksimal karena pH 7 merupakan pH yang cocok untuk pertumbuhan mikroalga, sehingga mikroalga mampu bertahan hidup dan tumbuh pada lingkungan yang sesuai (Munawar, 1999). Pertumbuhan yang maksimal tersebut diakibatkan metabolisme yang tinggi sehingga akan meningkatkan nilai pH limbah. Pendapat ini didukung oleh penelitian Prihantini *et al.* (2005) yang menyebutkan bahwa kerapatan sel *Chlorella* spp pada ekstrak taube tertinggi diperoleh pada pH 7 dan kerapatan terendah pada pH 9 dan 5.

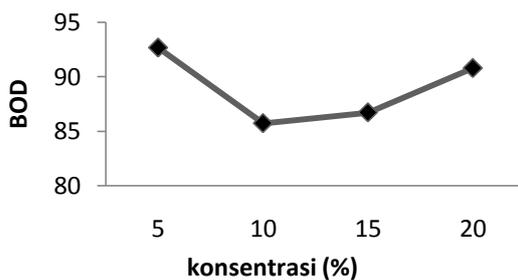
Menurut Sze (1993) bahwa adanya perubahan nilai pH yang berbeda dari perlakuan pH awal disebabkan adanya aktivitas fotosintesis mikroalga pada saat fotosintesis, CO_2 bebas merupakan jenis karbon anorganik utama yang digunakan mikroalga berupa ion karbonat (CO_3^{2-}) dan ion bikarbonat (HCO_3^-). Penyerapan CO_2 bebas dan bikarbonat oleh mikroalga menyebabkan penurunan konsentrasi CO_2 terlarut dan mengakibatkan peningkatan nilai pH. Faktor lain penyebab terjadinya peningkatan pH pada media limbah disebabkan karena terjadinya penguraian protein dan persenyawaan nitrogen lain. Amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) merupakan bentuk senyawa nitrogen organik yang telah mengalami penguraian. Pada umumnya, senyawa nitrogen yang digunakan dalam metabolisme sel mikroalga berupa amonium. Amonium dihasilkan melalui proses disosiasi amonium hidroksida. Amonium hidroksida merupakan amonia yang terlarut dalam air. Menurut Goldman (1983) dalam Prihantini *et al.*,

(2005), menyatakan peningkatan pH diakibatkan oleh peningkatan konsentrasi amonium di dalam media. Demikian juga untuk pH diatas 9. Menurut Sriharti (2004), pada pH mencapai nilai 7,9, secara kultur berwarna kuning dan terjadi fase deselatif yaitu fase penurunan dan perlambatan pertumbuhan, didukung oleh pendapat Graham (2000) dalam Prihantini *et al.*, (2005), apabila pH air >9 maka enzim yang berperan untuk membentuk amonium pada saat metabolisme sel biota terganggu sehingga makluk hidup yang ada pada biota air akan mati.

B. BOD

Analisis varian pengaruh K, P dan W menunjukkan tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) akan tetapi interaksi P dengan W berpengaruh nyata dengan $p < 0,000001$, interaksi antara K dan W berpengaruh nyata dengan $p < 0,020077$ dan interaksi K dan P berpengaruh nyata dengan nilai $p < 0,043819$.

Uji BJND 5% K terhadap kadar BOD menunjukkan bahwa rata-rata terendah pada K₂ (85,7264 mg/L) berbeda tidak nyata dengan K₃ (86,7171 mg/L), dan K₄ (90,7877 mg/L) berbeda tidak nyata dengan tertinggi K₁ (92,6640 mg/L) (Gambar 1).

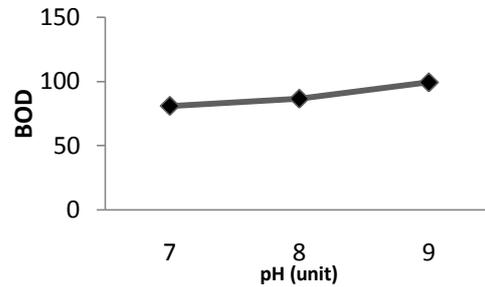


Gambar 1. Grafik K terhadap BOD

Grafik tersebut menunjukkan bahwa penambahan mikroalga 10% dan 15% menghasilkan BOD terendah sedangkan penambahan mikroalga dengan konsentrasi 20% dan 5% menghasilkan BOD tertinggi.

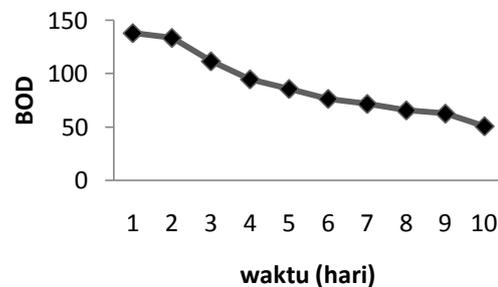
Uji BJND 5% pH, menunjukkan berbeda nyata dengan nilai terendah pada P₁ (80,9330 mg/L), diikuti P₂

(86,6141 mg/L) dan BOD rata-rata tertinggi pada P₃ (99,3742 mg/L) (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik Pengaruh pH terhadap Kadar BOD

Uji BJND 5% W terhadap kadar BOD menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,0000 < 0,05$), dengan BOD terendah pada W₁₀ (62,72 mg/L) yang berbeda tidak nyata dengan W₉ (62,4839 mg/L) dan W₈ (65,5292 mg/L). Perlakuan W₇ (71,5561 mg/L) berbeda tidak nyata dengan W₆ (76,3197 mg/L), diikuti W₅ (85,6092), W₄ (94,6131 mg/L), W₃ (111,5339 mg/L), sedang BOD tertinggi W₂ (133,92 mg/L) berbeda tidak nyata terhadap W₁ (137,9561 mg/L) (Gambar 3)



Gambar 3. Grafik W terhadap BOD

Kadar BOD limbah yang diperbolehkan adalah maks. 60 mg/L. Dari Uji BJND 5% interaksi K, P dan W bahwa kadar BOD terendah dengan berbeda tidak nyata adalah perlakuan konsentrasi mikroalga K₄, K₃, K₂ dan K₁, perlakuan kadar pH 7, pH 8, pH9 dan waktu pengolahan adalah 10 hari, 9 hari, 8 hari, 7 hari, 6 hari dan 5 hari. Dengan kata lain bahwa pengolahan limbah *crumb rubber* dengan waktu pengolahan limbah berkisar antara 5 sampai 10 hari pada semua

konsentrasi dan semua pH maka kadar BOD limbah telah memenuhi baku mutu limbah cair crumb rubber sesuai dengan Per.Gub. Sum-Sel No. 8 tahun 2012 dan Kep.Men.LH No. 51 tahun 1995, bahwa limbah karet remah diperbolehkan dibuang ke lingkungan apabila telah memenuhi parameter uji untuk BOD maks.60 mg/L.

Sedang kadar BOD tertinggi dengan perbedaan tidak nyata pada $K_1P_1W_5$, $K_1P_2W_8$ dan $K_4P_1W_6$. Dari perlakuan yang memenuhi kadar BOD minimal 60 mg/L disimpulkan bahwa semua perlakuan K (K_1 , K_2 , K_3 , K_4) dan perlakuan P (P_1 , P_2 , P_3) sedang perlakuan W yang memenuhi adalah W_{10} , W_9 , W_8 , W_7 , W_6 , W_5 . Dengan kata lain bahwa waktu pengamatan yang memenuhi minimal 5 hari.

Hasil Uji BJND 5% interaksi K, P dan W yang memenuhi persyaratan dan berdasarkan kajian teknis dapat disimpulkan bahwa $K_1P_1W_5$ (58,3667 mg/L) merupakan perlakuan terbaik dan telah memenuhi baku mutu.

Menurunnya kadar BOD dihubungkan dengan berkurangnya zat organik. Data tersebut didukung oleh data analisis kadar BOD pada hari ke-1 dibandingkan dengan ke -10, menunjukkan penurunan. Kadar BOD pada hari ke-1 jauh lebih tinggi jika dibandingkan hari ke-10. Hal ini berarti bahwa mikroalga menggunakan oksigen untuk mensintesa zat organik dalam kehidupannya.

Pengujian BOD merupakan salah satu metode analisis yang digunakan dalam penanganan limbah dan pengendalian polusi. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kekuatan polusi dari suatu limbah yang berkaitan dengan kebutuhan mikroba terhadap oksigen. Pengujian BOD ini juga merupakan ukuran secara tidak langsung dari bahan organik yang dikandung dalam limbah. Hasil analisa BOD berfluktuasi. Menurut Carolina *et al.* (2005) bahwa berfluktuasinya kadar BOD disebabkan oleh semakin banyaknya biomasa mikroalga yang terbentuk akibat pertambahan sel, sehingga zat organik yang harus didegradasi pun bertambah seiring

dengan bertambahnya jumlah spora mikroalga.

Menurunnya kadar BOD dihubungkan langsung dengan berkurangnya zat organik. Data tersebut didukung oleh data analisis kadar BOD pada hari ke-1 aktifitas mikroalga. Kadar BOD hari ke-1 jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengamatan selanjutnya, hal ini berarti bahwa mikroalga menggunakan oksigen untuk mensintesa zat organik dalam kehidupannya.

C. COD

COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk menguraikan seluruh bahan organik yang terkandung di dalam air. Pengujian COD dilakukan secara kimia sehingga pengujian COD merupakan gabungan pengukuran senyawa organik yang tidak dapat dipecah seperti pelarut, pembersih dan bahan yang dapat dipecah secara biologi dalam pengujian BOD. Dengan demikian pengujian COD merupakan gabungan pengujian kimia dan pengujian biologi sehingga nilai pengujian COD limbah akan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan hasil pengujian BOD. Analisis keragaman antara K, P dan W menunjukkan berpengaruh nyata ($p.0,0000>0,05$), interaksi P dan W berpengaruh nyata, interaksi K dan W berpengaruh nyata. Hasil pengamatan beberapa perlakuan telah memenuhi baku mutu limbah dengan maksimum yang diperbolehkan 200 mg/L adalah perlakuan yang mencakup variasi perlakuan konsentrasi mikroalga sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%, variasi pH 7, pH8, pH9 dan variasi waktu pengolahan limbah *crunbr rubber* meliputi 10 hari, 9 hari, 8 hari, 7 hari, 6 hari, 5 hari, 4 hari, 3 hari dan 2 hari. Hasil tersebut disimpulkan bahwa semua perlakuan K (K_1 , K_2 , K_3 , K_4) dan perlakuan P (P_1 , P_2 , P_3) dan perlakuan W yang memenuhi adalah W_{10} , W_9 , W_8 , W_7 , W_6 , W_5 , W_4 , W_3 , dan W_2 , telah memenuhi baku mutu akan tetapi apabila dilakukan pengkajian secara teknis maka pengolahan limbah *crumb rubber* selama 2 (dua) hari merupakan pengolahan limbah yang paling optimum

untuk menurunkan kadar COD dan data tersebut didukung oleh hasil pengujian pada perlakuan terbaik dari ke tiga interaksi adalah $K_1 P_1 W_2$ dengan nilai BOD sebesar 198,92 mg/L. Nilai ini diartikan bahwa dengan menambahkan 5% kultur mikroalga pada limbah karet remah yang pH nya telah diatur menjadi pH 7, maka selama waktu dua hari pengolahan, limbah dapat kita buang ke lingkungan karena kadar COD.

Limbah karet mengandung bahan organik yang dibawa pada proses pengolahan karet remah. Keadaan ini dapat terlihat pada hasil pengujian COD yang menghasilkan nilai yang melampaui baku mutu pada hari ke-1. Nilai COD yang tinggi ini berasal dari bahan organik yang ada pada bokar sebagai bahan baku karet remah. Bokar mengandung kotoran, sehingga menyebabkan nilai COD tinggi pada limbah. Pendapat ini didukung oleh Carolina *et al.*, (2001), pada penelitian dengan mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* mampu menurunkan kadar COD total sampai 80,1%. Mikroalga ini mampu menyesuaikan diri dengan kondisi substrat organik limbah karet yang digunakan sebagai cadangan energi dalam metabolisme sel.

Proses pengolahan karet remah dimulai dari proses pengecilan ukuran bokar, pencucian, penggilingan, peremahan, pengeringan dan pengepresan. Pada proses ini tidak terjadi penambahan bahan kimia, sehingga kandungan zat organik pada limbah sebagian besar berasal dari kotoran yang menempel pada bokar yang timbul akibat proses pengolahan bokar yang kurang baik. Proses pengolahan bokar pada umumnya berupa pembekuan lateks kebun dengan menambahkan asam format (semut) atau asam asetat (asam cuka), kemudian lateks kebun dicetak menggunakan kayu sampai berbentuk bantal yang disebut bokar. Bokar yang dihasilkan kemudian direndam dalam air sampai bokar siap dijual.

D. TSS

Analisis keragaman pengaruh K, P dan W berpengaruh nyata, interaksi P

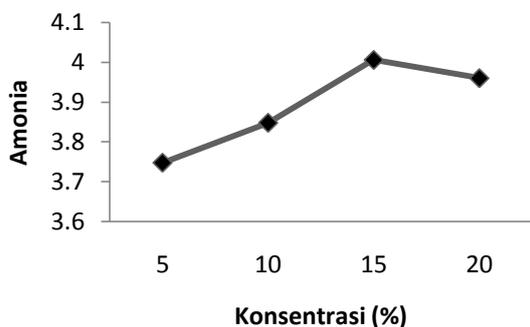
dan W berpengaruh nyata, interaksi K dan W berpengaruh nyata dan interaksi K dan P berpengaruh nyata. Kadar TSS limbah pada semua perlakuan setelah dilakukan pengolahan mempunyai kadar <100 mg/L, dan TSS terendah dengan tidak ada perbedaan terdapat pada: $K_1 P_2 W_{10}$, $K_3 P_1 W_9$, $K_3 P_1 W_{10}$, $K_4 P_1 W_{10}$, $K_4 P_1 W_9$, $K_4 P_1 W_8$, $K_3 P_1 W_8$, $K_3 P_1 W_7$, $K_1 P_2 W_9$, $K_3 P_1 W_6$, $K_1 P_2 W_8$, $K_2 P_2 W_8$, $K_3 P_2 W_{10}$, dan $K_1 P_1 W_9$. Data di atas disimpulkan $K_1 P_2 W_{10}$ menunjukkan kadar TSS terendah (0,9000mg/L). Dari perlakuan yang memenuhi, dapat disimpulkan bahwa semua perlakuan K (K_1 , K_2 , K_3 , K_4) dan perlakuan P (P_1 , P_2 , P_3) dan perlakuan W yang memenuhi adalah W_{10} , W_9 , W_8 , W_7 , W_6 , W_5 , W_4 , W_3 , W_2 dan W_1 . Dengan kata lain bahwa konsentrasi mikroalga, pH dan waktu pengamatan telah memenuhi.

Kadar TSS yang tinggi mengakibatkan terganggunya aktivitas metabolisme makhluk hidup air karena dengan TSS tinggi mengakibatkan tingginya tingkat kekeruhan badan air sehingga mengurangi cahaya sinar matahari yang masuk dalam air. Sebaliknya, semakin rendah TSS maka semakin mudah cahaya matahari menembus badan air sehingga mikroalga dapat melakukan proses fotosintesis. Padatan limbah sulit dihilangkan dengan cara kimia, penanganan padatan terlarut total membutuhkan mikroorganisme untuk mengkonversi bahan partikulat, dan salah satu mikroorganisme itu adalah ganggang *Chlorella* (Jenie dan Rahayu, 1993).

E. Amonia

Amonia merupakan senyawa sumber utama nitrogen selain nitrat yang mampu digunakan oleh mikroalga untuk proses metabolismenya sedangkan penggunaan nitrit dibatasi oleh toksisitasnya. Apabila nitrat dan amonia-N terdapat bersama, maka nitrat tidak akan diabsorpsi sampai semua amonia-N habis terserap. Hampir semua mikroalga memiliki enzim urease sebagaimana halnya tumbuhan tingkat tinggi. Urea digunakan sebagai sumber

N dalam pertumbuhan berbagai jenis mikroalga, bahkan juga oleh mikroalga yang tidak mempunyai urease.

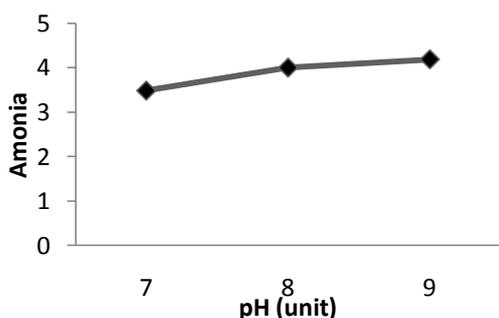


Gambar 4. Grafik K terhadap Amonia

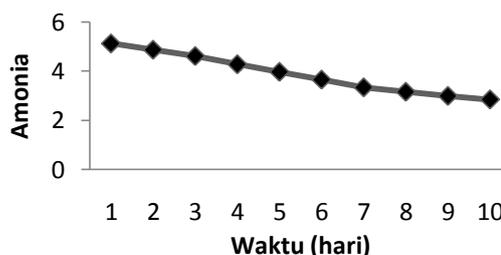
Analisis keragaan pengaruh K terhadap kadar amonia berpengaruh nyata ($p.0,0000 < 0,05$), P berpengaruh nyata ($p.0,0000 < 0,05$), W berpengaruh nyata dengan $p.0,0000 < 0,05$ dan interaksi antara K, P dan W berpengaruh nyata ($p.0,0000 < 0,05$). Uji BJND 5% pengaruh K menunjukkan beda nyata dengan kadar amonia rata-rata terendah pada K_1 , diikuti K_2 , K_4 dan tertinggi pada K_3 . (Gambar 4).

Uji BJND 5% pH media menunjukkan berbeda nyata dengan amonia terendah pada P_1 , diikuti P_2 dan tertinggi pada P_3 . (Gambar 5).

Uji BJND 5% waktu pengamatan menunjukkan berbeda nyata dengan amonia rata-rata terendah W_{10} , diikuti $W_9, W_8, W_7, W_6, W_5, W_4, W_3, W_2$ dan kadar amonia rata-rata tertinggi terdapat pada W_1 . Dari Gambar 5. dapat diketahui bahwa kadar amonia menurun mulai dari pengamatan hari ke-1 sampai pengamatan ke-10.



Gambar 5. Grafik P terhadap Amonia

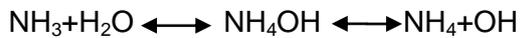


Gambar 6. Grafik pengaruh W terhadap amonia.

Hasil uji BJND 5% interaksi K, P dan W menunjukkan berbeda nyata dan hasil pengujian kadar amonia setelah percobaan menunjukkan bahwa semua perlakuan mempunyai kadar amonia < 5 mg/L. Hasil BJND 5% interaksi K, P dan W menunjukkan bahwa kadar amonia terendah pada $K_4P_1W_{10}$ (1,8200 mg/L). Keadaan ini menunjukkan bahwa pada perlakuan dengan konsentrasi mikroalga 20%, pH yang disesuaikan menjadi pH 7 dan waktu pengamatan hari ke 10 menunjukkan kadar amonia terendah. Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa pada pH 7, mikroalga akan melakukan metabolisme secara optimal sehingga dengan jumlah sel yang banyak akan memanfaatkan amonia dari limbah karet dalam jumlah yang banyak sehingga akan menurunkan jumlah amonia sebagai bahan pencemar limbah karet remah. Pendapat ini didukung oleh hasil penelitian Megharaj *et al.* (1994) menyebutkan bahwa penambahan 626 μ g p-nitrophenol (PNP) pada 25 ml kultur *Chlorella vulgaris*, selama 15 hari pertumbuhannya, kandungan akan menurun menjadi 190 μ g dan berubah menjadi nitrit sebesar 31 μ g.

Menurut baku mutu limbah, bahwa kadar amonia untuk air limbah karet remah yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah maksimum 5 mg/L maka semua perlakuan yang dicoba telah memenuhi baku mutu limbah cair karet, maka berdasarkan kajian teknis disimpulkan perlakuan terbaik pada pH 7 dan konsentrasi mikroalga 5% ini kemungkinan disebabkan pada pH 7 selain sel mikroba masih dapat melakukan metabolesma sel walaupun adanya peningkatan pH. Menurut

Goldman *et al.*, (1983) dalam Prihantini, *et al.*, (2005), penguraian protein dan persenyawaan nitrogen lain akan meningkatkan nilai pH. amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-) dan Nitrit (NO_2^-) merupakan bentuk senyawa nitrogen organik yang telah mengalami peruraian. Pada umumnya senyawa nitrogen yang digunakan dalam metabolisme sel mikroalga berupa amonium. Amonium yang dihasilkan melalui proses disosiasi amonium hidroksida. Amonium oksida merupakan amonia yang terlarut dalam air. Masih menurutnya, reaksi pembentukan amonium adalah sebagai berikut :



Apabila reaksi diatas bergerak ke kanan maka konsentrasi amonium di dalam media akan meningkat dan pH menjadi basa. Data ini didukung oleh pertumbuhan sel dimana mulanya mikroalga akan mengalami fase lag pada hari ke satu. Pada hari ke-2 sampai hari ke-4 mikroalga mengalami fase logaritmik dan pada hari ke-4 mikroalga mengalami fase eksponensial. Pada hari ke-4 sampai ke-5 mengalami fase stationer, dan hari ke-5 sampai hari ke-10 mengalami kematian.

F. Kajian Teknis Perlakuan Terbaik

Berdasarkan Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 tahun 2012 dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 1995, bahwa limbah karet remah diperbolehkan dibuang ke lingkungan apabila telah memenuhi parameter uji yang dipersyaratkan. Baku mutu yang ditetapkan adalah pH 6,00 – 9,00, BOD maksimum 60 mg/L, COD maksimum 200 mg/L, TSS maksimum 100 mg/L, dan amonia maksimum 5 mg/L. Untuk menentukan perlakuan terbaik berdasarkan biaya minimal yang dikeluarkan untuk pengolahan limbah maka perlu dilakukan kajian teknis dengan acuan bahwa :

- Pada perlakuan pH, maka untuk merubah pH (air limbah) menjadi pH sesuai perlakuan maka pH awal

limbah cair karet sebesar 5,5 – 6,00 harus dirubah dahulu sesuai perlakuan dengan penambahan kapur pertanian ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) sebanyak 40 g/m³ limbah karet (Wardhani, 2007).

- Pada perlakuan konsentrasi mikroalga, pembuatan stater mikroalga yang dipergunakan sebagai pengatur jenis perlakuan konsentrasi mikroalga, maka stater mikroalga murni harus disiapkan pada awal pengolahan limbah sesuai dengan perlakuan.
- Pada perlakuan waktu pengamatan, perlakuan ini berkaitan dengan jumlah kolam yang dibutuhkan untuk menampung limbah selama proses bioremediasi berlangsung sampai limbah karet remah mencapai baku mutu. Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik berkisar 38,671 m³ per ton karet remah, dan kapasitas produksi pabrik karet remah berkisar antara 2000 sampai 5000 ton produksi per bulan (Gapkindo, 1992), maka dari semua perlakuan yang telah memenuhi baku mutu limbah terhadap lima parameter tersebut maka perlakuan yang terbaik adalah perlakuan K₁P₁W₅ dengan nilai pH (7,72) , BOD (58,3667 mg/L), COD (108,5700 mg/L), TSS (3,0300 mg/L), dan amonia (3,3000 mg/L).

KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa konsentrasi mikroalga berpengaruh nyata terhadap BOD, COD, TSS, dan amonia. pH media berpengaruh nyata terhadap pH, BOD, COD, TSS, dan amonia air limbah dan waktu pengamatan berpengaruh nyata terhadap pH, BOD, COD, TSS, dan amonia limbah. Perlakuan terbaik berdasarkan mutu dan kajian teknis terhadap teknis operasional dalam pengolahan limbah adalah perlakuan konsentrasi mikroalga 5% dengan pH media 7 dan lama pengolahan 5 hari (K₁P₁W₅). Perlakuan tersebut telah memenuhi baku mutu limbah sesuai dengan Peraturan Gubernur Sumatera

Selatan Nomor 8 tahun 2012 dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 1995.

DAFTAR PUSTAKA

- Arafah, S.G. (2009). *Isolasi, Karakterisasi dan Identifikasi Mikroalga Indigen Pendegradasi Senyawa Hidrokarbon di Lingkungan Tercemar Limbah Minyak Bumi PT. Pertamina UBEP Limau Prabumulih*. (Skripsi). Palembang: Jurusan Biologi Fak. MIPA Universitas Sriwijaya.
- Becker, K., dan D. Herson. (1994). *Bioremediation*. New York, USA: Mc Graw-Hill. Inc.
- Becker, E.W. (2003). *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. New York, USA.: Press Syndicate the University of Cambridge.
- Carolina, Sriharti dan Sinaga, N. (2001). Netralisasi Limbah Karet oleh Beberapa Jenis Mikroalga. *Prosiding Seminar Perhimpunan Bioteknologi Pertanian Indonesia*. Hal.433-439. Subang: Pusat Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan LIPI.
- Chang, E.H and Yang, S.S. (2003). Some characteristics of microalgae isolated in Taiwan for biofixation of carbon dioxide. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 44:43-52.
- Farahani, F., Ahmadi, A.R., Farmohammadi, S.A., and Golkhoo, S. (2006). Isolation of New Isolate of Microalgae *Chlorella* sp. AI-25 from Tiab Estuary of Iran. *Journal of Biology Science*. 9(3): 448-451.
- Gapkindo. (1992). *Rencana Pengendalian Pencemaran Limbah Crumb Rubber*. Jakarta: Gapkindo.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51/MENLH/10/1995. *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri Karet*. Tanggal 23 Oktober 1995. Jakarta: KLH.
- Komariah. (2011). *Pengaruh Isolat Fungi Trichoderma sp dalam Menurunkan Kadar COD dan BOD Limbah Lateks pada Industri Karet*. (Skripsi). Semarang: Fak. Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro.
- Megharaj, N., Madhavi, D.R., Sreenivasulu, C., Umamaheswari, A., Venkateswarlu, K. (1994). Biodegradation of Methyl Parathion by Soil Isolate of Microalgae and Cyanobacteria. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 53:292-297
- Mulyadi, A. (1999). Pertumbuhan dan Daya Serap Nutrien dari Mikroalga *Dunaliella tertiolecta* yang Dipelihara pada Limbah Domestik. *Jurnal Natur*. 11(1): 65-68.
- Munawar, (1999). Bioremediasi In Vitro Limbah Industri Pengilangan Minyak Bumi oleh Bakteri Hidrokarbonoklastik. *Jurnal Penelitian Sains*. (6) :44-49.
- Ompusunggu, M., Dalimonte, R., (1995). Teknologi Pengolahan Karet Alam di Indonesia. *Seminar Ilmiah Medan 21-22 Agustus 1995. Lustrum VI*. Medan: FMIPA-USU.
- Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 tahun 2012. *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit dan Pertambangan Batubara*. Palembang: Pemprov. Sumsel.
- Prihantini, N.B., B. Putri dan R. Yuniati. (2005). Pertumbuhan *Chlorella* spp dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan Variasi pH Awal. *Jurnal Makara Sains*. 9(1):1-6
- Rostini, I. (2007). Kultur Fitoplanton (*Chlorella* sp. dan *Tetraselmis chuii*) Pada Skala Laboratorium. *Jurnal UNPAD* 9 (1):1-6.
- Sriharti. (2004). Pengaruh Species *Chlorella* dalam menetralsir limbah Cair Karet. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses*. ISSN:1411-4216
- Suresh, B and Ravishankar, G.A. (2004). Phytoremediation-A Novel and Promising Approach for Enviromental Clean-up. *Bull. Critical reviews in Biotechnology*. 24(2-3): 97-124.

- Syahriani. N. (2004). *Isolasi, Karakterisasi dan Identifikasi Spirulina spp di Teluk Huru Desa Hanura Kecamatan Padang Cermin, Lampung Selatan.* (Skripsi). Palembang: Unsri. Fakultas MIPA Biologi.
- Sze, P. (1993). *A Biology : a Physiological Approach.* Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Walker, T.L, Purton, S., and Becker, D.K. Microalgae as Bioreactors. *Journal Plant. Cell. Rep.* 24: 629-641.