

OPTIMASI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KARET REMAH MENGGUNAKAN MIKROALGA INDIGEN DALAM MENURUNKAN KADAR BOD, COD, TSS

LIQUID WASTE PROCESSING OPTIMATION OF CRUMB RUBBER INDUSTRY USING MICROALGAE INDIGEN AS A DEGRADING BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND, CHEMYCAL OXYGEN DEMAND AND TOTAL SUSPENDED SOLID

Chasri Nurhayati¹, Basuni Hamzah² dan Rindit Pambayun²

¹) Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang, ²) Pasca Sarjana Universitas Sriwijaya Palembang
e-mail : chasrinurhayati@yahoo.com

Diajukan: 25 Februari 2013; Dinilai: 13 Maret – 01 Mei 2013; Disetujui: 03 Juni 2013

Abstrak

Telah dilakukan penelitian teknologi pengolahan limbah cair karet remah menggunakan mikroalga indigen. Penelitian ini untuk memanfaatkan mikroalga hasil isolasi dengan memvariasikan pH dan konsentrasi mikroalga dalam menurunkan kadar Biological Oxygen Demand (BOD), Chemycal Oxygen Demand (COD) dan Total Suspended Solid (TSS). Tahapan pengolahan limbah yang dilakukan pada penelitian ini dengan metode Comprehensive Solution adalah isolasi dan skrining mikroalga indigen dari limbah yang diolah, karakterisasi mikroalga, pengembangbiakan, penggandaan dan menguji kinerja mikroalga terhadap limbah cair industri crumb rubber. Mikroalga hasil isolasi diperlakukan pada pH dan konsentrasi mikroalga berturut turut yaitu 7, 8, 9 dan 5%, 10%, 15%, 20% untuk pengolahan limbah. Hasil isolasi mikroalga diperoleh satu jenis mikroalga indigen yaitu *Chlorella vulgaris* dan perlakuan pH dan konsentrasi mikroalga mampu menurunkan kadar BOD, COD, TSS, dimana perlakuan terbaik yaitu pada pH 7 dengan konsentrasi mikroalga 10% yaitu 36,84 mg/l (32,84%) untuk BOD, perlakuan pH 7 dan konsentrasi 20% untuk 88,20 mg/l (60%) untuk BOD, dan perlakuan pH 8 dan konsentrasi 5% yaitu 0.91 mg/l (15%) untuk TSS.

Kata kunci : BOD, COD, karet remah, mikroalga indigen, TSS

Abstract

*A study of waste water treatment technology using indigenous microalgae from waste water crumb rubber industry was done. This aims of study to use the isolated microalgae in variously pH (7, 8, 9) and concentration 5%, 10%, 15%, 20% of indigenous microalgae as a degradating Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solid (TSS). Stages of sewage treatment conducted in this study with comprehensive solution method was isolation and screening indigenous microalgae of treated waste sites, characterization microalgae, cultivation doubling microalgae and test performance of microalgae from liquid industrial waste crumb rubber. The isolate of microalgae with pH variation and concentration of indigenous microalgae has potency to reduce waste water crumb rubber. The result show that the type of microalgae as a result of identification is *Chlorella vulgaris*. In pH variation (7, 8, 9) and concentration of indigenous microalgae (5%, 10%, 15%, 20%), we found that the the best result to degradated BOD, COD, and TSS as namely as pH 7 with concentration of microalga 15% was 36.84 mg/l (83.48%) for BOD, pH 7 with concentration of microalgae 20% was 88.20 mg/l (76.91%) for COD, pH 8 with concentration of microalgae 5% was 0.91 mg/l (92.67%) for TSS.*

Keywords : BOD, COD, crumb rubber, indigenuos microalgae, TSS

PENDAHULUAN

Industri karet remah adalah industri yang mengolah karet spesifikasi teknis yang mempunyai penetapan jenis-jenis mutunya berdasarkan sifat teknis (Nazaruddin dan Paimin, 1992). Bahan baku dalam pembuatan karet remah adalah menggunakan bahan baku bokar atau lateks pekat. Bokar yang dihasilkan petani bermacam-macam jenis seperti sit asap, sit tebal/tipis, slab tebal/tipis atau lump, sedang lateks merupakan hasil penyadapan pohon karet berupa getah cair (Setyamidjaya dalam Wardhani, 2007).

Industri karet remah (*crumb rubber*) merupakan salah satu industri yang berpotensi menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar. Jumlah limbah yang dihasilkan oleh industri karet remah berbahan baku bokar sebesar 38,671 m³ ton karet remah sedang limbah karet remah berbahan baku lateks sebesar 24,518 m³/ton karet kering (Gapkindo, 1992). Pada dasarnya limbah industri karet remah tidak banyak mengandung bahan kimia dan logam berat karena proses pengolahannya merupakan rangkaian proses pencucian, pencabikan, penggilingan, peremahan, pengeringan dan pengepresan bokar. Limbah yang dihasilkan banyak mengandung bahan organik yang tinggi, sisa senyawa bahan olahan karet, senyawa karbon, nitrogen, fosfor dan senyawa-senyawa lain seperti amoniak yang cukup tinggi sehingga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan bila tidak diolah dengan baik dan dibuang begitu saja ke lingkungan.

Pengolahan limbah secara anaerobik saja seringkali belum mampu menurunkan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biology Oxygen Demand*) sampai ambang batas yang dapat ditolerir, sehingga pengolahan lanjutan masih sangat diperlukan karena pada limbah tersebut masih banyak terdapat kadar polutan organik yang tinggi. Pengolahan aerobik dapat dilakukan dengan penambahan mikroalga.

Setiap limbah cair karet remah mempunyai karakteristik yang berbeda, sehingga mikroalga yang tumbuh dalam limbah berbeda-beda. Untuk mengetahui jenis mikroalga yang berperan dalam mendegradasi limbah maka dilakukan identifikasi dan isolasi mikroalga. Dengan mengetahui jenis mikroalga yang dominan dalam limbah diharapkan dapat dikembangkan pengolahan limbah cair karet dengan mikroalga yang ada sehingga dapat menghasilkan kinerja penurunan pencemaran yang optimal dan dapat mengolah limbah cair karet remah dengan karakteristik sejenis dengan karakteristik mikroalga. Selain itu mikroalga indigen yang diisolasi langsung dari habitatnya sebagai agen pendegradasi akan mempersingkat waktu bioremediasi, keefektifan proses bioremediasi dari mikroalga indigen diduga karena mikroalga indigen tidak membutuhkan waktu adaptasi yang terlalu lama dalam pertumbuhannya.

Pemanfaatan mikroalga dalam teknik kultur tergantung pada kesesuaian antara mikroalga yang dibudidayakan dan beberapa faktor lingkungan, salah satu faktor adalah derajat keasaman (pH) karena pH akan mempengaruhi metabolisme sel mikroalga (Reynolds, 1984 dalam Prihantini *et al.*, 2005). Derajat keasaman media menentukan kelarutan dan ketersediaan ion mineral sehingga mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh sel. Perubahan nilai pH yang drastis dapat mempengaruhi kerja enzim serta dapat menghambat proses fotosintesa dan pertumbuhan beberapa mikroalga. Kisaran pH pada kebanyakan kultur mikroalga adalah antara 7-9 (Becker, 2003).

Jumlah kultur mikroalga yang diinokulasi dalam media limbah cair karet remah akan menentukan proses pendegradasian bahan-bahan organik. Proses pendegradasian bahan organik dalam limbah cair karet remah akan menentukan prosentase penurunan kadar polutan sampai mencapai baku mutu limbah cair yang ditentukan (Komariah, 2011), oleh karena itu dilakukan penelitian penentuan

konsentrasi mikroalga sebagai pendegradasi limbah cair karet remah.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alkohol, asam cuka glasial, aquades steril, balsem Kanada, larutan gliserin 5%, medium Bristol's Agar, Medium bristol's cair, HCl 1 M, NaOH 1 M, kapur untuk pertanian, sampel air dan spirtus.

Autoclave, cool box, hot plate, hemasitometer, inkubator, laminar air flow, lampu TL 20 watt, magnetic stirrer, mixer, penangas air, pH meter, shaker, box plastik, timbangan analitik dan alat gelas.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (faktorial). yang terdiri dari dua faktor (konsentrasi mikroalga) dan pH media) dengan 12 kombinasi perlakuan, masing masing perlakuan tiga kali. Perlakuan yang dicoba meliputi :

- Konsentrasi mikroalga (K) dengan taraf :
 - K1 = konsentrasi 5%
 - K2 = konsentrasi 10%
 - K3 = konsentrasi 15%
 - K4 = konsentrasi 20%
- pH media (P) dengan taraf :
 - P1 = pH 7
 - P2 = pH 8
 - P3 = pH 9

Peubah yang diamati adalah kadar TSS (*Total Suspended Solid*), Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biochemical Oxygen Demand (BOD).

Penelitian ini dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

Pembuatan Medium.

Medium yang digunakan adalah BBM yang merupakan modifikasi dari larutan bristol's. Untuk medium cair BBM, dimasukkan 996 mL aquades lalu ditambahkan 10 mL campuran larutan macronutrien dan 1 mL masing-masing larutan EDTA, *acidified iron*, boron dan TML. Kemudian medium disterilkan dengan *autoclave* pada suhu 121 °C dan

tekanan 1,5 Bar selama 15 menit dan didinginkan. Setelah dingin dibawa ke *laminar air flow* dan disesuaikan pH nya sesuai pH limbah yang diolah dengan menambahkan NaOH 1 M, atau HCl 1 M. Kemudian dimasukkan 100 ml medium cair BBM ke dalam erlenmeyer kemudian disterilkan kembali dengan sinar ultraviolet. Medium disimpan dalam ruang inkubasi. Pembuatan medium agar miring dan agar lempeng pada waktu akan diinokulasi sampel.

Pengambilan Sampel.

Pengambilan sampel dilaksanakan di empat lokasi pabrik *Crumb Rubber* di Palembang, dilakukan pada siang hari sampai dengan selesai. Pengambilan contoh dilakukan sesuai SNI. 6989.59.2008 "Metode pengambilan contoh air limbah. Pengujian pH dilakukan di lapangan dan sampel dimasukkan dalam botol sampel steril yang telah disiapkan sehari sebelum pengambilan sampel. Sampel disimpan dalam *cool box* yang telah ditambahkan es untuk menjaga kondisi sampel tidak berubah setelah perpindah tempat untuk isolasi mikroalga, pengujian BOD dan TSS, sedangkan COD ditambahkan H₂SO₄ sampai pH <2 kemudian didinginkan. Selanjutnya pengujian dilakukan di laboratorium Baristand Industri Palembang.

Isolasi dan Pemurnian.

Untuk sampel air diambil sebanyak 10 ml dan diinokulasi ke dalam medium cair BBM sebanyak 90 ml di dalam Erlenmeyer ukuran 250 ml, lalu diinkubasi di rak kultur dengan suhu ruang selama satu minggu dengan menggunakan lampu TL 20 watt, kemudian dilakukan pengenceran 10⁻³, sampel diambil dengan pipet serologis sebanyak 1 ml lalu dituang pada permukaan agar lempeng, diratakan memenuhi permukaan agar dengan cara memutar cawan membentuk angka delapan. Letakkan pada rak kultur dan disinari dengan lampu TL 20 Watt, lalu diinkubasi selama satu minggu. Koloni tumbuh yang diduga mikroalga secara aseptik diisolasi dengan jarum ose lalu diisolasi ke media ke BBM agar miring

secara zig-zag, diinkubasi untuk mendapatkan isolat yang murni, jika belum murni dilakukan pemurnian kembali sampai didapatkan isolat murni (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995 *dalam* Syahriani, 2004).

Seleksi.

a. Seleksi Tahap I

Masing-masing isolat yang telah dimurnikan pada 10-15 ml medium BBM agar dalam cawan petri ditumbuhkan dengan metode gores, olesi kertas saring dengan air limbah karet steril 2.5%, kemudian kertas tersebut diletakkan di atas permukaan medium BBM yang telah diinokulasi mikroalga. Kultur diinkubasi di rak kultur dengan suhu ruang selama 7 hari. Tumbuhnya koloni isolat mikroalga pada permukaan BBM yang diolesi limbah berarti isolat mikroalga tersebut mampu bertahan hidup dan tumbuh pada lingkungan yang sesuai (Modifikasi Munawar, 1999).

b. Seleksi tahap II.

Isolat yang lolos pada tahap seleksi I diinokulasi pada medium agar miring BBM dengan menggoreskan secara zig-zag. Lalu diinkubasi selama 5 hari. Untuk pembuatan starter mikroalga, isolat kultur diambil sebanyak 6 jarum ose lalu ditambahkan medium cair sebanyak 50 ml, kemudian diagitasi dengan kecepatan 100 rpm sampai jumlah sel 10^6 /ml. Jumlah sel diamati setiap 12 jam sekali menggunakan *counting chamber*. Setelah jumlah sel mencapai 10^6 /ml stater siap digunakan. Starter 10% dari 50 ml medium cair BBM dan ditambahkan limbah cair karet 2,5% sebanyak 1 g hingga jumlah seluruh larutan mencapai 50 mL. Larutan diagitasi selama 7 hari, kemudian pada hari ke tujuh dihitung berat residunya. Isolat mikroalga yang mampu menurunkan berat awal, berarti mikroalga tersebut mampu mendegradasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam limbah karet.

Pengolahan Limbah Karet dengan Mikroalga.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mikrokosmos. Untuk keperluan tersebut, mikrokosmos dibuat dari kotak kaca ukuran 10 liter dengan dilengkapi aerator dan lampu TL 40 Watt. Mikroalga yang dihasilkan dari isolasi limbah cair dilakukan seleksi terhadap mikroalga yang dominan.

Penentuan waktu inokulum berdasarkan populasi mikroalga dengan cara menghitung jumlah sel pada pertumbuhan. Untuk mendapatkan fase logaritma pertumbuhan mikroalga maka dilakukan perhitungan jumlah populasi mikroalga setiap hari dari 0 jam sampai 144 jam. Fase optimal pertumbuhan mikroalga selanjutnya digunakan sebagai konsorsium mikroalga dalam pengolahan limbah cair karet remah. Pada mikrokosmos dilakukan perlakuan konsentrasi mikroalga dan pH media dengan kapur pertanian sesuai dengan perlakuan, pengamatan kadar BOD, COD, TSS dilakukan selama sepuluh hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Isolasi, Seleksi, Karakterisasi dan Identifikasi Mikroalga

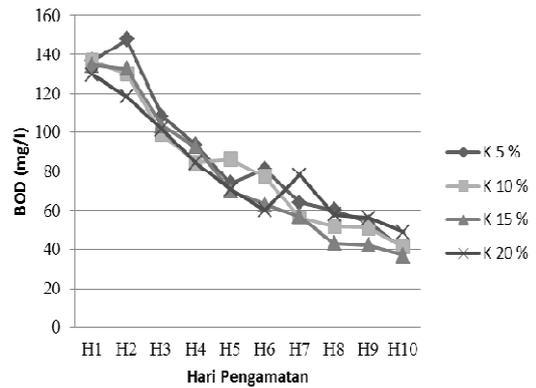
Berdasarkan hasil isolasi, seleksi, karakterisasi dan identifikasi Laboratorium Analisis Ekosistem Akuatik Institut Teknologi Bandung, jenis mikroalga yang diperoleh dari limbah cair industri crumb rubber hanya satu jenis spesies yaitu *Chlorella vulgaris*. Pemberian nama pada spesies ini didasarkan pada morfologi mikroalga dilihat dari bentuk dan warna sel sporanya. Bentuk mikroalga yang diperoleh dari hasil isolasi yaitu bulat atau bola, bagian dalamnya memiliki kloroplas yang berbentuk mangkuk, bersel tunggal (soliter). Selain itu juga, pada morfologi luar mikroalga ini tidak ditemukan adanya flagel (alat gerak). Pemberian nama *Chlorella vulgaris* juga

didasarkan pada pigmen hijau yang dihasilkannya, didominasi oleh klorofil yang terdiri dari pigmen klorofil a dan b dan lebih dominan dibandingkan dengan karoten dan xanthopil. Farahani *et al.*, (2006) menyatakan mikroalga jenis *Chlorella* paling sering ditemukan diperairan tawar. Dibandingkan dengan jenis mikroalga lainnya, *Chlorella* hasil isolasi ini merupakan salah satu alga yang paling berpotensi dalam menurunkan kadar pencemaran di perairan tawar maupun laut dan kandungan nutrisi yang bernilai tinggi. Ukuran dan bentuk sel *Chlorella* bervariasi tergantung pada variasi ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan. Diantara jenis *Chlorella*, *Chlorella vulgaris* dipilih mampu menghasilkan senyawa lipid dalam jumlah yang lebih banyak, dibandingkan beberapa jenis alga lain seperti alga hijau-biru *Anacystis nidulans*. Beragam faktor dapat mempengaruhi jumlah produksi lipid dari mikroalga seperti suhu, kandungan nutrisi dalam medium, aerasi serta pencahayaan. Laju aerasi CO₂ pada kultur mikroalga *Chlorella vulgaris* mempengaruhi total konten lipid yang dihasilkan. *Chlorella vulgaris* merupakan salah satu ganggang yang paling ekonomis untuk menurunkan kadar pencemaran dan mampu menghasilkan biodiesel sebab ganggang hijau ini kaya karbohidrat yang tidak memerlukan perawatan khusus serta mudah tumbuh (Widjaja *et al.*, 2009).

2. Perlakuan BOD

Kadar BOD terendah diperlihatkan pada perlakuan pH 7 konsentrasi 15% yaitu 36,84 mg/l dan tertinggi pada perlakuan pH 8 konsentrasi 5% yaitu 57,9 mg/l. Kadar BOD untuk setiap perlakuan bervariasi akan tetapi terdapat kecenderungan bahwa kadar BOD berfluktuasi. Untuk persyaratan kadar maksimal BOD yang diperbolehkan menurut Peraturan Gubernur Sumsel Tahun 2005 No.18 yaitu 60 ppm. Jika dibandingkan dengan hasil pengamatan hingga hari kesepuluh maka mikroalga efektif menurunkan kadar BOD pada pH 7 hingga 32,84% karena masing masing kadar BOD untuk setiap perlakuan pH

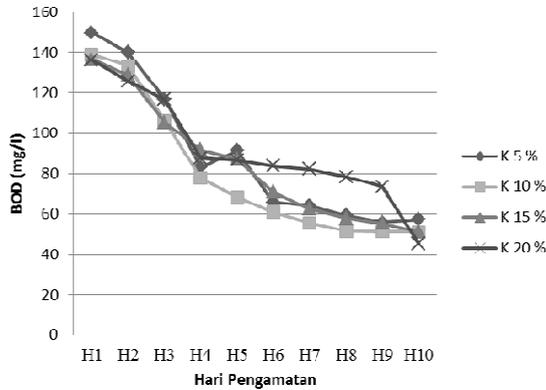
dengan konsentrasi mikroalga mampu menurunkan nilai BOD dibawah batas maksimal 60 mg/l sehingga limbah cair karet remah ini telah memenuhi standar baku mutu lingkungan. Berfluktuasinya kadar BOD biasa disebabkan oleh faktor mikroalga itu sendiri. Kadar BOD total pada pH 7 berdasarkan hasil aktivitas mikroalga dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kadar BOD Total pada pH 7

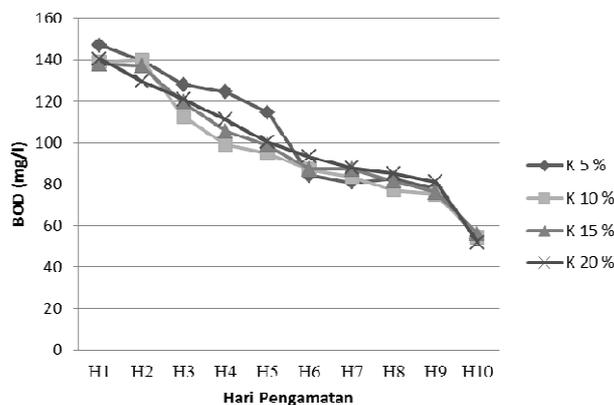
Menurut Carolina *et al.*, (2005) bahwa berfluktuasinya kadar BOD disebabkan oleh semakin banyaknya biomassa mikroalga yang terbentuk akibat pertambahan sel, sehingga zat organik yang harus didegradasi pun dengan sendirinya bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah sel spora mikroalga. Berbeda dengan kadar rata rata BOD pada pH 7, kadar rata rata BOD pada pH 8 tidak begitu memperlihatkan kefluktuatifannya, hanya konsentrasi 5% mikroalga di hari ke 5 yang memperlihatkan peningkatan nilai BOD. Memasuki hari keenam, kadar BOD pada konsentrasi 5% ini menurun kembali. Nilai rata-rata kadar BOD untuk pH Kecendrungan ini disebabkan karena pertumbuhan sel spora mikroalga pada pH 8 cepat mengalami fase stationer hingga mencapai fase kematian sehingga tidak adanya pertambahan zat organik yang akan didegradasi oleh mikroalga. Pada fase kematian, laju kematian mikroalga melampaui laju pembiakan mikroalga. Hal ini disebabkan karena habisnya jumlah makanan dalam medium sehingga pembiakan mikroalga terhenti dan keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan karena semakin

banyaknya hasil metabolit yang tidak berguna dan mengganggu pertumbuhan mikroalga. Rata rata kadar BOD pada pH 8 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kadar BOD Total pada pH 8

Pada pH 9, rata-rata kadar BOD mengalami penurunan dari hari pertama hingga hari kesepuluh. Jika dibandingkan dengan ketiga konsentrasi dan pH perlakuan, maka penurunan rata-rata kadar BOD terbaik pada pH 9 lebih rendah yaitu 13,4%. Kadar rata-rata BOD pada pH 9 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kadar BOD Total pada pH 9

Masih sama dengan pH 8, pada pH 9 rata rata kadar BOD mengalami penurunan dari hari pertama hingga hari kesepuluh. Jika dibandingkan dengan ketiga konsentrasi dan pH perlakuan, maka penurunan rata rata kadar BOD terbaik pada pH 9 lebih rendah yaitu 13.4%.

Pengamatan dilanjutkan dengan pengujian analisis varian untuk mengetahui kesinergisan antara perlakuan pH dengan konsentrasi terhadap penurunan kadar BOD. Data hasil analisis varian mengenai pengaruh pH dan konsentrasi mikroalga terhadap penurunan kadar BOD dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji BNT perlakuan variasi pH dan variasi konsentrasi terhadap penurunan kadar BOD

Source	Df	Mean Square	F	Sig.
pH	2	7142.176	1182.562	.000
Konsentrasi	3	627.812	103.950	.000
Hari	9	21927.51	3630.636	.000
pH * Konsentrasi	6	164.172	27.183	.000
pH * Hari	18	220.770	36.554	.000
Konsentrasi * Hari	27	114.975	19.037	.000
pH * Konsentrasi * Hari	54	62.730	10.387	.000
Error	120	6.040		
Total	240			
Corrected Total	239			

Hasil Analisis varian menunjukkan bahwa perlakuan pH dan konsentrasi isolat mikroalga berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap penurunan kadar BOD berdasarkan pengamatan hari pertama hingga hari kesepuluh yaitu Sig .000 < 0,01, sehingga terdapat interaksi yang sangat nyata ($P < 0,01$) antara pH dengan konsentrasi mikroalga terhadap penurunan kadar BOD.

Oleh karena hasil analisis varian menunjukkan pengaruh yang sangat nyata maka selanjutnya dilakukan analisis BNT untuk mengetahui signifikansi masing masing perlakuan pH maupun konsentrasi mikroalga terhadap penurunan kadar BOD. Data hasil analisis signifikansi uji BNT dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji BNT perlakuan variasi pH dan variasi konsentrasi terhadap penurunan kadar BOD

pH	Uji BNT		
	Nilai signifikansi	Konsentrasi Mikroalga	Nilai signifikansi
7	81.359 ^a	10%	93.719 ^a
8	85.764 ^b	15%	95.170 ^b
9	99.476 ^c	20%	95.336 ^{bc}
		5%	99.795 ^d

Dari tabel diatas, terlihat bahwa perlakuan masing masing variasi pH terhadap penurunan kadar rata rata BOD berbeda sangat nyata. Begitu pula dengan variasi konsentrasi 5%, 10% terhadap penurunan kadar BOD berbeda nyata. Namun dari tabel dapat dilihat bahwa kadar rata rata BOD antara konsentrasi mikroalga 15% dan 20% tidak terdapat perbedaan yang nyata. Diantara perlakuan variasi pH dan variasi konsentrasi mikroalga maka perlakuan pH maupun konsentrasi mikroalga yang paling baik dalam menurunkan kadar BOD yaitu pH 7 konsentrasi 15%.

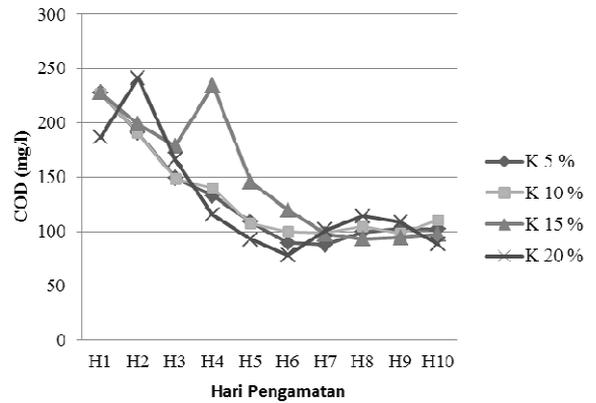
3. Perlakuan COD

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk menguraikan seluruh bahan organik yang terkandung di dalam air. Pengukuran COD merupakan pengukuran jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam 1 liter air. Hasil pengukuran kadar COD setelah perlakuan dengan mikroalga pada pH 7 diperlihatkan pada Gambar 4.

Penurunan Kadar COD tertinggi pertama, dimana pengamatan dilakukan pada hari kesepuluh, diperlihatkan pada pH 7 yang dikombinasikan dengan konsentrasi mikroalga 20% yaitu 88,20 mg/l (persen penurunan kadar COD sebesar 76,91%), penurunan kadar kedua pada perlakuan pH 7 yang dikombinasikan dengan konsentrasi mikroalga 15% yaitu 97,70 mg/l (persen penurunan COD sebesar 74,42%) dan tertinggi ketiga pada pH 7 yang dikombinasikan dengan konsentrasi mikroalga 5% yaitu 102,1 mg/l (persen penurunan COD sebesar 73,27%) serta tertinggi keempat pada pH 7 yang dikombinasikan dengan konsentrasi mikroalga 10%, yaitu 110, 7 mg/l (persen penurunan COD sebesar 71,02%).

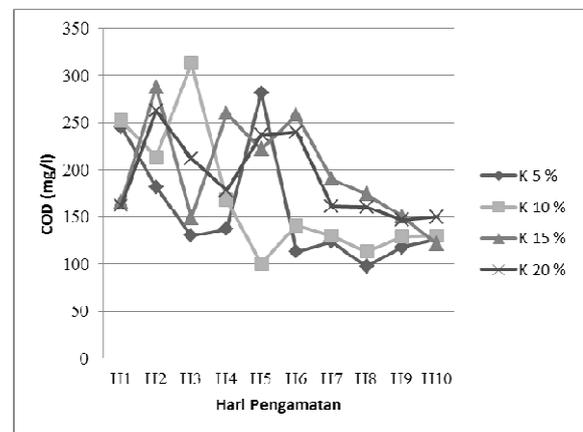
Pada perlakuan pH 7 yang dikombinasikan dengan konsentrasi mikroalga 15% ini terjadi peningkatan kadar COD di hari keempat kemudian menurun kembali pada hari kelima. Hampir sama dengan perlakuan pada pH 7 konsentrasi 15%, pada konsentrasi mikroalga 20% terjadi peningkatan kadar

COD pada hari kedua dan menurun kembali pada hari ketiga.



Gambar 4. Kadar COD Total pada pH 7

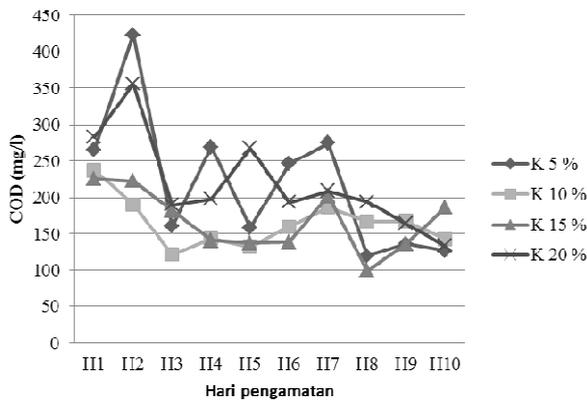
Gejala fluktuasi ini diperlihatkan kembali pada hari ketujuh hingga hari kesembilan, dimana terjadi peningkatan kadar COD dan pada hari kesepuluh kadar COD menurun kembali. Untuk konsentrasi mikroalga 5%, peningkatan kadar COD terjadi pada hari kedelapan hingga hari kesepuluh tanpa terjadi penurunan kadar COD. Sedangkan kadar rata rata COD untuk pH 8 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kadar COD Total pada pH 8

Pada gambar grafik diatas untuk setiap konsentrasi mikroalga, kefluktuatifan kadar COD terlihat jelas. Kadar COD terendah diperlihatkan pada konsentrasi 15% yaitu 121 mg/l dengan nilai persen penurunan sebesar 68.32%, diikuti oleh konsentrasi mikroalga 5% yaitu 126.4 mg/l dengan nilai persen penurunan sebesar 66.91%, kemudian

konsentrasi mikroalga 10% yaitu 130.2 mg/l dengan nilai persen penurunan sebesar 65.91% dan konsentrasi 20% yaitu 150 mg/l dengan nilai persen penurunan sebesar 60.73%. Untuk rata-rata kadar COD tertinggi setelah diberi perlakuan pH dan konsentrasi mikroalga diperlihatkan pada pH 9 konsentrasi 15% yaitu 186 mg/l dengan nilai persen penurunan hanya 51.30%. Rata-rata kadar COD untuk pH 9 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kadar COD Total pada pH 9

Pengamatan dilanjutkan dengan pengujian analisis varian untuk mengetahui kesinergisan antara perlakuan pH dan konsentrasi mikroalga terhadap penurunan kadar COD. Data hasil analisis varian mengenai pengaruh pH dan konsentrasi mikroalga terhadap penurunan kadar COD dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Anova perlakuan pH dan konsentrasi mikroalga terhadap kadar COD

		ANOVA				
		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
pH	Between Groups	152.833	226	.676	1.227	.356
	Within Groups	7.167	13	.551		
	Total	160.000	239			
Konsentrasi	Between Groups	289.333	226	1.280	1.560	.182
	Within Groups	10.667	13	.821		
	Total	300.000	239			

Hasil Analisis varian menunjukkan bahwa perlakuan pH dan konsentrasi isolat mikroalga berpengaruh nyata ($F_{hit} > F_{tabel}$) terhadap penurunan kadar COD berdasarkan pengamatan hari

pertama hingga hari kesepuluh sehingga terdapat interaksi yang nyata antara pH dengan konsentrasi mikroalga terhadap penurunan kadar COD.

Oleh karena hasil analisis varian menunjukkan pengaruh yang nyata maka selanjutnya dilakukan analisis BNT untuk mengetahui signifikansi masing masing perlakuan pH maupun konsentrasi mikroalga terhadap penurunan kadar COD. Data hasil analisis signifikansi uji BNT pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji BNT perlakuan pH dan konsentrasi terhadap kadar COD

pH	Nilai signifikansi	Konsentrasi Mikroalga	Nilai signifikansi
7	134.180 ^a	10%	155.479 ^a
8	180.572 ^b	5%	166.529 ^b
9	193.835 ^c	15%	175.076 ^c
		20%	181.033 ^d

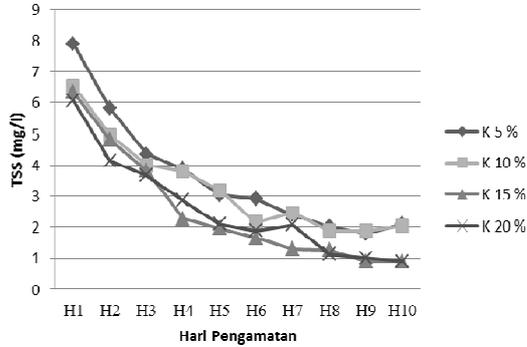
Dari tabel diatas, perlakuan masing masing variasi pH berbeda sangat nyata. Begitu pula dengan perlakuan masing masing variasi konsentrasi mikroalga berbeda sangat nyata terhadap kadar COD. Diantara ketiga perlakuan pH dan keempat konsentrasi mikroalga, maka perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan kadar COD limbah cair karet remah yaitu pH 7 konsentrasi 20%.

4. Perlakuan TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS merupakan residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Semua perlakuan variasi pH dan variasi konsentrasi mikroalga terhadap kadar rata rata TSS menunjukkan adanya penurunan dimulai dari hari pertama. Kadar TSS maksimal yang diperbolehkan menurut standar baku mutu lingkungan yaitu 100 mg/l. Kadar TSS yang tinggi mengakibatkan terganggunya aktivitas metabolisme makhluk hidup air karena tingginya tingkat kekeruhan dan mengurangi cahaya matahari yang masuk kedalam air. Dengan adanya aktivitas mikroalga, TSS dapat mengalami pengendapan sehingga tingkat kekeruhan dapat

dikurangi. Makin rendah kadar TSS maka makin mudah bagi mikroalga memanfaatkan cahaya matahari untuk proses fotosintesis.

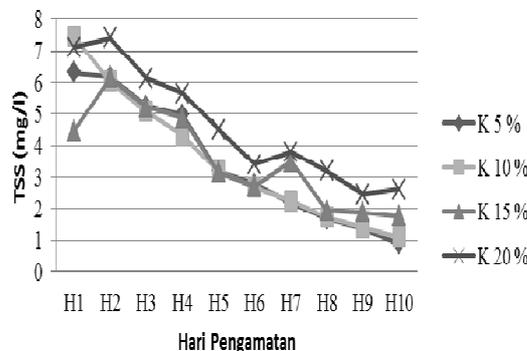
Rata rata kadar TSS untuk pH 7 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kadar TSS pada pH 7

Oleh karena itu limbah cair yang diberi perlakuan pH dan konsentrasi mikroalga telah memenuhi standar baku mutu lingkungan. Kadar rata rata TSS terendah diperlihatkan pada pH 8 konsentrasi mikroalga 0.90 mg/l dengan nilai penurunan sebesar 99.1%. Kemudian diperlihatkan oleh pH 7 konsentrasi 15% dan 20% yang menunjukkan nilai yang sama yaitu 0.91 mg/l dengan nilai penurunan sebesar 99.09%.

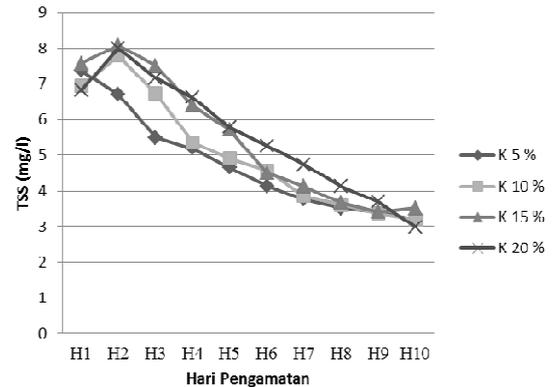
Dari Gambar 7, rata rata kadar TSS untuk pH 7 berbagai konsentrasi menunjukkan gejala yang sinergis. Dimulai dari hari pertama hingga hari keenam, kadar TSS yang diberi perlakuan konsentrasi mikroalga mengalami penurunan.



Gambar 8. Kadar TSS pada pH 8

Namun pada hari ketujuh pada konsentrasi 10% dan 20%, kadar TSS meningkat dan menurun kembali pada

hari kedelapan hingga hari kesepuluh. Sedangkan untuk perlakuan pH 8 dan pH 9, rata rata kadar TSS dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9. Untuk pH 8, peningkatan kadar TSS terjadi pada hari kedua konsentrasi 5% dan 20%. Kemudian gejala ini menurun memasuki hari ketiga hingga hari keenam dan meningkat kembali pada hari ketujuh. Namun pada hari ke delapan, kadar TSS menurun kembali hingga hari kesepuluh.



Gambar 9. Kadar TSS pada pH 9

Hanya pada konsentrasi 10%, kadar TSS tidak mengalami fluktuasi. Adanya gejala fluktuasi tersebut masih mendapatkan pengaruh dari aktivitas mikroalga. Sedangkan rata rata kadar TSS pada pH 9 dapat dilihat pada Gambar 9. Pengamatan berikutnya dilanjutkan dengan analisis varian untuk melihat pengaruh perlakuan pH dan konsentrasi mikroalga terhadap kadar TSS. Dari hasil analisis varian, terlihat bahwa perlakuan pH dan konsentrasi mikroalga berpengaruh nyata terhadap kadar TSS. Data hasil uji BNT dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis varian pengaruh pH dan konsentrasi mikroalga terhadap kadar TSS

		ANOVA				
		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
pH	Between Groups	140.667	190	.740	1.876	.005
	Within Groups	19.333	49	.395		
	Total	160.000	239			
Konsentrasi	Between Groups	243.667	190	1.282	1.116	.333
	Within Groups	56.333	49	1.150		
	Total	300.000	239			

Dari tabel diatas, terlihat bahwa perlakuan pH dan konsentrasi mikroalga berpengaruh nyata terhadap kadar TSS. Karena perlakuan pH dan konsentrasi berpengaruh nyata terhadap kadar TSS maka pengujian berikutnya dilanjutkan dengan uji BNT untuk melihat apakah terdapat perbedaan masing masing perlakuan pH (7,8,9) dan perbedaan masing masing perlakuan konsentrasi (5%, 10%,15%, dan 20%) terhadap kadar TSS. Data hasil uji BNT dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Uji BNT perlakuan pH dan konsentrasi mikroalga terhadap TSS

pH	Uji BNT		
	Nilai signifikansi	Konsentrasi Mikroalga	Nilai signifikansi
7	3.396a	10%	4.292a
8	4.253b	15%	4.334a
9	5.557c	5%	4.337a
		20%	4.643ab

Dari tabel hasil uji BNT diatas terlihat bahwa masing masing perlakuan variasi (7,8,9) berbeda nyata terhadap kadar TSS. Namun perlakuan masing masing variasi konsentrasi mikroalga tidak begitu berbeda nyata. Dari hasil analisis varian dan uji BNT maka Perlakuan pH dan konsentrasi mikroalga terbaik untuk menurunkan kadar TSS yaitu pH 7 konsentrasi 15%.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa :

Berdasarkan hasil pengujian bahwa perlakuan pH dan perlakuan konsentrasi *Chlorella* vulgari menunjukkan adanya kesinergisan dalam menurunkan kadar BOD, COD, TSS.

Kadar BOD pada limbah cair karet remah telah memenuhi standard BML pada hari kesepuluh, dengan nilai penurunan tertinggi sebesar 36,84 mg/l pada pH 7 konsentrasi 15%.

Kadar COD pada limbah cair karet remah telah memenuhi standard BML pada hari kesepuluh dengan nilai

penurunan tertinggi sebesar 88.20 mg/l pada pH7 konsentrasi 20%.

Kadar TSS pada limbah cair karet remah telah memenuhi standard BML pada hari kesepuluh dengan nilai penurunan tertinggi sebesar 0.90 mg/l pada pH 8 konsentrasi 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Becker E. W. (2003). *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. Press Syndicate the University of Cambridge, New York, USA. Hlm : vii+291
- Farahani, F., Ahmadi, A.R., Farmohammadi, S.A., Golkhoo, S. (2006). *Isolation of New Isolate of Microalgae Chlorella sp. Al-25 from Tiab Estuary of Iran*. Pakistan Journal of Biological Sciences. 9 (3) : 448-451.
- Gapkindo. (1992). *Rencana Pengendalian Pencemaran Limbah Crumb Rubber*. Gapkindo, Jakarta.
- Komariah, (2011). *Pengaruh Isolat Fungi Trichoderma sp dalam Menurunkan Kadar COD dan BOD Limbah Lateks pada Industri Karet*. Skripsi Fak. Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro. Semarang.
- Munawar, (1999). *Bioremediasi In Vitro Limbah Industri Pengilangan Minyak Bumi Oleh Bakteri Hidrokarbonoklastik*. Jurnal Penelitian Sains (6) :44-49.
- Nazaruddin dan Farry B. Paimin, (1992). *Karet, Budi daya dan Pengolahan Strategi Pemasaran*. Panebar Swadaya, Jakarta.
- Nining B.P., B. Putri dan R. Yuniati, (2005). *Pertumbuhan Chlorella spp Dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan Variasi pH Awal*. Journal Makara, Sains. 9(1):1-6.
- Syahriani. N. (2004). *Isolasi, Karakterisasi dan Identifikasi Spirulina spp di Teluk Huru Desa Hanura Kecamatan Padang Cermin, Lampung Selatan*. Skripsi Unsri. Fakultas MIPA Biologi , Palembang.

Widjaja, Arief. (2009). *Lipid Production From Microalgae As A Promising Candidate For Biodiesel Production. Makara, Teknologi Vol. 13, No. 1, pp. 47-51.*