

BIODEGRADASI ZAT WARNA *Indigosol Golden Yellow Irc* MENGUNAKAN BIOSISTEM VERTIKAL

Sophia MariaOliva Lau¹⁾, I Wayan Budiarsa Suyasa^{1*)}, James Sibarani¹⁾

¹⁾Program Studi Magister Kimia Terapan, Fakultas MIPA Unud

*Email:yandiars@gmail.com

ABSTRACT

BIODEGRADATION DYE INDIGOSOL GOLDEN YELLOW IRC USING VERTICAL BIOSYSTEM

The artificial waste of indigosol golden yellow irc dye has been processed using vertical biosystems with dimension of 30cm x 30 cm x 37 cm in the presence of *Typha angustifolia* Linnaeus plant and the addition of active mud seed from Batanta island road. The artificial wastes of indigosol golden yellow irc dye are made with concentrations of 25 mg / L. The processing of dye indigosol golden yellow irc is done by immersion system for 0, 1, 2, 3, until 4 days. Reduced concentration of indigosol golden yellow irc dye was measured using a uv-vis spectrophotometer and also measured the reduced concentration of COD, TDS and TSS. The results show vertical biosystem able to degrade The artificial waste of indigosol golden yellow irc dye, COD, TDS, and TSS are 47,80%; 41.17%; 76.51% and 63.06%.

Keywords: Vertical Biosystems, *Typha angustifolia* Linnaeus, indigosol golden yellow irc

1. PENDAHULUAN

Indigosol golden yellow irc merupakan salah satu contoh zat warna yang digunakan dalam industri tekstil. Pewarna jenis indigosol digunakan karena memiliki warna yang rata dan cerah serta mempunyai ketahanan luntur yang baik. Namun air bekas cucian dari zat warna *indigosol golden yellow irc* dapat mengakibatkan gangguan terhadap lingkungan karena warna cerah dari indigosol timbul setelah dibangkitkan dan dioksidasi oleh Natrium Nitrit /asam sulfat dan asam florida. Limbah batik yang mengandung zat warna *indigosol golden yellow irc* harus dikelola secara baik karena sangat berbahaya yang menyebabkan timbulnya beberapa dampak bagi kesehatan. Zat warna ini dapat mengakibatkan penyakit kulit dan yang sangat membahayakan dapat mengakibatkan kanker kulit (Sugiharto, 1987). Dalam rangka pengendalian pencemaran lingkungan oleh limbah industri, pemerintah Provinsi Bali melalui Pergub. Bali No. 16 Tahun 2016 tentang baku mutu limbah industri cair bagi kegiatan industri dan PP No 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air mewajibkan pelaku-pelaku industri yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar dan berpotensi mencemari lingkungan harus dilengkapi dengan instalansi pengolahan air limbah yang memadai.

Pengolahan limbah cair secara umum dapat dilakukan menggunakan tiga macam proses yaitu fisika, kimia dan biologi. Saat ini telah banyak dikembangkan pengelolaan limbah secara biologi (biosistem). Faktor yang menentukan efektivitas dalam sistem ini adalah penggunaan mikro

organisme serta terbentuknya sistem biofiltrasi didalam biosistem. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah dengan biosistem lahan basah buatan atau rawa buatan (*constructed wetland*) yang merupakan sistem pengolahan air limbah menggunakan teknologi sederhana dengan menurunkan pencemaran lingkungan berdasarkan pemanfaatan tanaman air dan mikroorganisme (Leady, 1997).

Hasil penelitian Suyasa dan Dwijani (2007) menyatakan bahwa, pengolahan limbah dengan biosistem menggunakan saringan pasir- tanaman mampu menurunkan nilai BOD sebesar 93,64% dan COD sebesar 56,50% pada limbah pencelupan. Penelitian yang dilakukan oleh Nurul dan Aditya (2010), tentang pengolahan air limbah domestik dengan proses lahan basah buatan yang menggunakan tumbuhan *Typha Angustifolia*, menunjukkan bahwa tumbuhan *Typha Angustifolia* dalam sistem lahan basah buatan pengolahan air limbah domestik dapat menurunkan kandungan pencemar dalam air limbah dengan waktu tinggal 3 sampai dengan 15 hari. Efisiensi penyisihan COD 77,6% - 91,8%, BOD 47,4% - 91,6% dan TSS 33,3% - 83,3%. Sedangkan penelitian Evasari (2012), tentang pemanfaatan lahan basah buatan aliran bawah permukaan dengan menggunakan tumbuhan *Typha latifolia* untuk mengolah limbah cair domestik yang dilakukan skala pilot, menunjukkan bahwa tumbuhan *Typha latifolia* dalam lahan basah buatan aliran bawah permukaan mempunyai efektifitas penurunan COD sebesar 94%, BOD mencapai 96,2%, TSS mencapai 91,5% dan MBAS mencapai 70,6%.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu belum pernah dilakukan penelitian biodegradasi zat

warna *Indigosol golden yellow irk* dalam limbah pencelupan menggunakan tanaman *Typha angustifolia linnaeus*, maka penulis ingin melakukan penelitian untuk mengetahui kemampuan biosistem vertikal dalam mendegradasi zat warna *Indigosol golden yellow irk*.

2. METODOLOGI

Tanaman yang digunakan adalah tanaman *Typha angustifolia linnaeus* yang diadaptasikan ke dalam bak biosistem vertikal selama 2 minggu. Kemudian sampling sedimen lumpur aktif dan pembibitan (*Seeding*) lumpur aktif yang diambil dari 3 tempat berbeda yaitu 1 di jalan pulau Batanta dan 2 di jalan pulau Bangka No. 7x dan No. 13x. pembibitan adalah tahap pertumbuhan mikroorganisme dari sedimen lumpur yang diambil dari selokan yang tercemar limbah pencelupan. Kemudian pertumbuhan mikroorganisme dilihat dengan mengukur nilai VSS-nya. Pengukuran nilai VSS dilakukan berulang kali untuk masing-masing sampel sedimen lumpur dengan rentang waktu setiap 1 hari sampai menunjukkan adanya peningkatan nilai VSS. Data yang diperoleh diplot antara nilai VSS dengan waktu pertumbuhan mikroorganisme. Pengamatan juga dilakukan dengan mengukur pH dan DO.

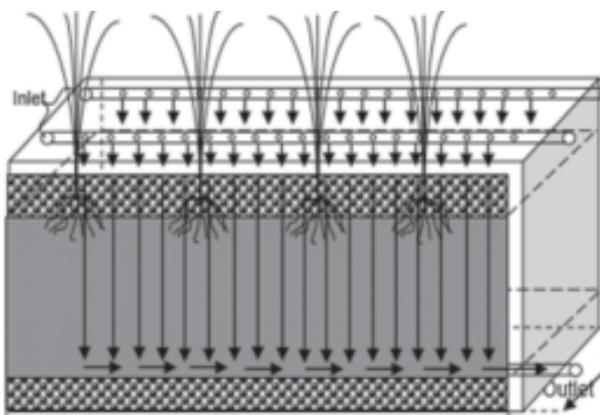
Konstruksi biosistem vertikal yang digunakan berukuran 30cm x 30cm x 37cm dan dilengkapi dengan tabung tempat pengambilan sampel. Bak perlakuan diisi dengan batu koral setinggi 15cm kemudian di atasnya diisi pasir berukuran 1mm-5mm yang sebelumnya dicuci terlebih dahulu setinggi 20cm. volume air limbah *artificial* zat warna *Indigosol golden yellow irk* yang diolah ke biosistem vertikal adalah 10 liter. Konsentrasi limbah *artificial* zat warna *Indigosol golden yellow irk* yang diolah adalah 25mg/L dengan menimbang 250mg zat warna *Indigosol golden yellow irk* secara teliti kemudian dilarutkan dengan 10L aquades. limbah *artificial* zat warna *Indigosol golden yellow irk* diolah

dengan sistem *batch* dimana merendam limbah selama 0, 1, 2, 3 sampai 4 hari. Zat warna *indigosol golden yellow irk* yang sudah di olah menggunakan biosistem vertikal di ambil dan diuji penurunan konsentrasi limbah *artificial* zat warna *Indigosol golden yellow irk* dengan Spektrofotometer uv-vis dan selanjutnya pengukuran parameter COD, TDS dan TSS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembibitan (*Seeding*) Lumpur aktif

Pembibitan adalah tahap pertumbuhan mikroorganisme dari sedi menyang disampling dari selokan tercemar limbah pencelupan. Tujuan pembibitan tersebut untuk memperoleh waktu optimal dari populasi dan aktivitas mikroorganisme sebelum dituangkan ke dalam bak biosistem vertikal. Dalam proses pembibitan lumpur aktif dari tiga sumber yang ditentukan dilakukan perhitungan nilai VSS (*Volatile Suspended Solids*) yang menunjukkan tingkat pertumbuhan biomassa dalam kurun waktu pengolahan yang ditetapkan. Hasil analisis kadar *Volatile Suspended Solid* (VSS) selama proses pembibitan (*seeding*) lumpur aktif dari tiga lokasi yang ditentukan dalam waktu enam hari. Sumber lumpur dari pulau Batanta (S3) yang digunakan dalam pembibitan memiliki tingkat pertumbuhan biomassa dengan nilai VSS yang paling tinggi. Kondisi tersebut dapat disebabkan cukup banyaknya variasi jenis mikroorganisme yang berasal dari sedimen lumpur yang digunakan. Industri Teksti di pulau batanta Denpasar mengolah limbah zat warna dengan kadar bahan organik yang tinggi. Pada perairan tercemar dengan kandungan bahan organik tinggi akan tercipta suasana yang sesuai bagi mikroorganisme untuk menggunakan bahan organik tersebut dalam proses metabolismenya (Mukono, 2000). Semakin tinggi aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik maka semakin tinggi pula biomassa yang dihasilkan. Peningkatan biomassa ini menyatakan nilai VSS yang diukur serta jumlah



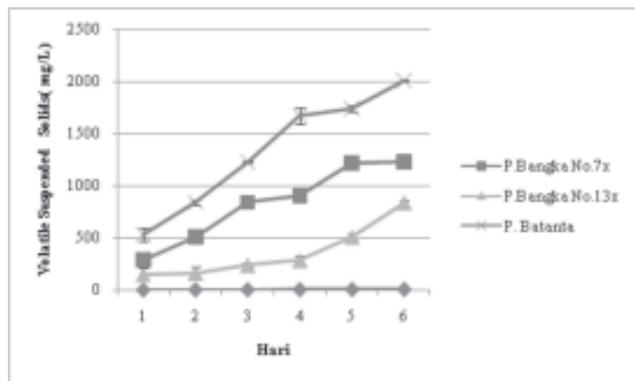
Gambar 1.

Skema biosistem vertikal yang digunakan pada penelitian

Tabel 1. Hasil Analisis Kadar VSS (mg/L) Selama Pembibitan (*Seeding*) Lumpur Aktif

Hari	VSS (mg/L)		
	Sedimen lumpur di jalan Pulau Bangka No.7x (S1)	Sedimen lumpur di jalan Pulau Bangka No. 13x (S2)	Sedimen lumpur di jalan Pulau Batanta (S3)
1	286	150	530
2	510	163	840
3	840	240	1230
4	900	286	1673
5	1220	510	1740
6	1230	840	2010

bahan organik yang telah didegradasi oleh mikororganisme (Atlas dan Bartha,1987).



Gambar 2. Rata-rata Nilai VSS selama proses pembibitan lumpur aktif

Berdasarkan hasil analisis nilai VSS yang ditunjukkan pada Tabel 1 diketahui bahwa sumber lumpur dari pulau Batanta (S3) pada hari keenam mampu mencapai nilai VSS melebihi 2000mg/L yaitu sebesar 2010 mg/L. Untuk sumber lumpur dari pulau Bangka No.7x (S1) dan sumber lumpur aktif dari pulau Bangka No.13x (S2) hanya mampu menghasilkan nilai VSS kurang dari 2000mg/L yaitu berturut-turut sebesar 1230 mg/L dan 840 mg/L. Adapun nilai VSS melebihi 2000mg/L menunjukkan tingkat pertumbuhan mikroorganisme dalam lumpur aktif memasuki *Accelaration phase*, yaitu suatu kondisi dimana mikroorganisme mengalami penurunan waktu generasi dan peningkatan laju pertumbuhan sehingga mikroorganisme mampu melakukan aktivitas dalam menguraikan bahan organik maupun anorganik yang ada (Sudaryanti *et al.*,2011). Rata-rata nilai VSS pada ketiga sumber lumpur yang digunakan dalam proses pembibitan dengan waktu pengolahan selama enam hari disajikan pada Gambar 2.

3.2. pH dan DO

Dalam proses pembibitan (*seeding*) lumpur aktif juga dianalisis nilai pH dan DO (ketersediaan oksigen terlarut) untuk mengetahui keterkaitan kedua parameter tersebut dalam proses pembibitan. Peningkatan nilai pH ini dikarenakan adanya

Amonia yang polar pada proses degradasi kandungan bahan organik dalam larutan zat warna *indigosol golden yellow irk* sehingga sangat mudah larut dalam air maka pH meningkat. pH tidak terlalu naik karena diimbangi dengan kelarutan asam dari H_2CO_3 yang lebih kecil maka pH meningkat. Kondisi ini juga berhubungan dengan reaksi biologis (proses penguraian) yang terjadi oleh mikroorganisme terhadap nutrien (makanan) berupa glukosa, K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , ragi dan akuades hingga volume pembibitan sebanyak 2L. Peningkatan nilai pH dari netral menuju basa ini disebabkan oleh adanya masukan bahan nutrien yang sebagian besar bersifat basa kedalam bibit lumpur. Faktor lain yang mampu mengubah nilai pH adalah proses pengendapan yang terjadi dalam suatu pengolahan serta pengaruh udara (Alaerts dan Santika, 1990). Dengan rentang kondisi pH antara 7,05–8,49 pada ketiga sumber lumpur dalam proses pembibitan dapat menunjang proses perkembangbiakan mikroorganisme dengan baik dan nantinya proses pendegradasian bahan organik dalam limbah dapat berlangsung dengan cepat. Parameter DO (oksigen terlarut) juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi proses pembibitan lumpur aktif. Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian dan musiman tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulence*) masa air, aktivitas fotosintesis, respirasi mikroorganisme dan limbah yang masuk ke perairan (Effendi, 2003). Kelarutan oksigen dalam air tergantung pada suhu, pergerakan air, luas permukaan air yang terbuka serta persentase oksigen dalam udara (Mahida, 1993). Penurunan kadar oksigen terlarut selama proses pembibitan terjadi akibat pemakaian oksigen oleh mikroorganisme untuk proses respirasi sehingga pertumbuhan mikroorganisme tetap berlangsung bahkan terjadi peningkatan. Oksigen juga diperlukan oleh mikroorganisme dalam penguraian nutrien dan bahan organik selama proses pembibitan lumpur aktif, oleh sebab itu untuk menunjang ketersediaan oksigen terlarut diperlukan sistem aerasi selama proses pembibitan maupun pengolahan limbah secara aerob. Analisis parameter pH dan DO selama 6 hari pembibitan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis pH dan DO selama pembibitan (Seeding) Lumpur Aktif

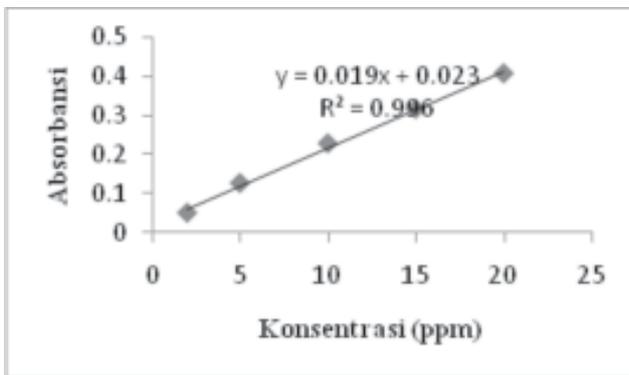
	Hari			PH		DO	
	Pulau Bangka No.7x (S1)	Pulau Bangka No.13 x (S2)	Pulau Batanta (S3)	Pulau Bangka No. 7x (S1)	Pulau Bangka No. 13x (S2)	Pulau Batanta (S3)	
1	7,59	7,05	8,03	6,06	5,89	6,00	
2	8,02	8,23	8,15	5,87	5,78	5,77	
3	8,14	8,27	8,27	5,64	5,52	5,53	
4	8,21	8,35	8,28	5,30	5,23	5,29	
5	8,23	8,38	8,35	5,01	4,87	5,05	
6	8,31	8,49	8,41	4,87	4,59	4,72	

3.3. Penurunan Konsentrasi Zat Warna *Indigosol Golden Yellow Irk*

Indigosol golden yellow irk digunakan sebagai larutan standar. Kurva kalibrasi standar dibuat dengan mengukur nilai absorbansi beberapa konsentrasi larutan standar pada panjang gelombang 400-800 nm. Hasil pengukuran Kurva Kalibrasi

Tabel 3. Data Absorbansi Larutan Standar *Indigosol golden yellow irk*

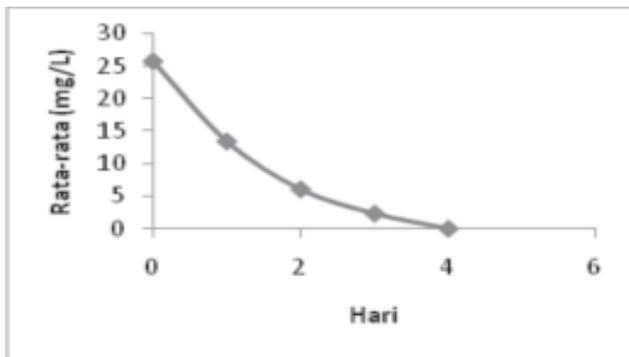
No.	Konsentrasi ppm	Absorbansi
1	2	0,0510
2	5	0,1271
3	10	0,2283
4	15	0,3163
5	20	0,4070



Gambar 3. Kurva Kalibrasi Standar *Indigosol golden yellow irk*

Tabel 4. Konsentrasi *Indigosol golden yellow irk*

No.	Waktu (hari)	Konsentrasi <i>Indigosol golden yellow irk</i> (mg/L)	Efektivitas penurunan <i>indigosol golden yellow irk</i> (5%)
1	0	25,807	-
2	1	13,470	47,80%
3	2	6,0967	76,37%
4	3	2,364	90,83%
5	4	0,0409	99,84%



Gambar 4. Pengaruh waktu perlakuan terhadap kadar *indigosol golden yellow irk*

Standar ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 3. Konsentrasi *indigosol golden yellow irk* dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 4.

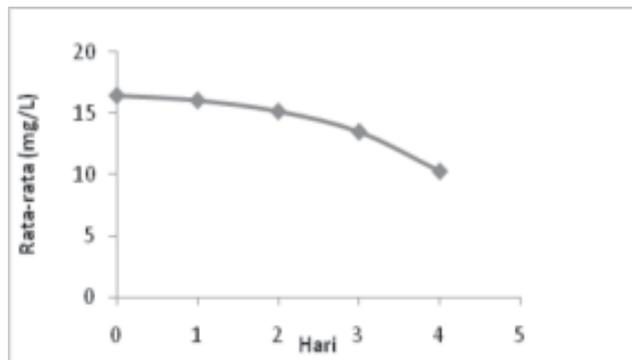
Berdasarkan Gambar 4 selama 4 hari perlakuan kadar *indigosol golden yellow irk* mengalami penurunan yang sangat tajam mulai dari awal pengolahan hingga hari ke-4 dengan sisa kadar pada hari terakhir sebesar 0,0409 mg/L. selama berjalannya waktu kadar *indigosol golden yellow irk* menurun karena proses biodegradasi. Aktivitas mikroorganisme pendegradasi zat warna menyebabkan penurunan pada kadar *indigosol golden yellow irk* melalui proses biodegradasi. Selain menyerap *indigosol golden yellow irk* tanaman *Typha angustifolia linnaeus* menguraikan zat-zat kontaminan dengan aktivitas mikroba yang berada disekitar akar melalui proses rhizodegradasi. Kontaminan-kontaminan organik didalam air diuraikan menjadi produk-produk turunan atau secara lengkap dimineralisasi menjadi produk-produk anorganik seperti karbondioksida melalui bantuan mikroorganisme. Kehadiran akar-akar tanaman akan meningkatkan ukuran dan variasi populasi mikrobia di dalam air mengelilingi akar (rhizosphere). Berdasarkan hasil uji Laboratorium pada suspensi aktif dari sampel sedimen pulau batanta terdapat 1 isolat bakteri yang berhasil diisolasi yaitu bakteri *Pseudomonassp.* Dominasi adanya *Pseudomonassp* dapat disebabkan karena spesies ini tidak bisa hidup pada kondisi asam (pada pH 4,5) sehingga bakteri ini sering ditemukan didaerah dengan pH basa. Menurut Chen *et al.* (1999) *Pseudomonassp* banyak dikembangkan untuk merombak zat warna azo maupun indigo dengan menggunakan gula sebagai sumber karbon. *Pseudomonas sp* mempunyai aktivitas perombakan terhadap *remazol yellow*, *remazol red*, dan *remazol blue* dengan efisiensi perombakan 91,16-95,17% selama 5 hari inkubasi (Sastrawidana, 2009).

3.4. Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical oxygen demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam proses oksidasi dari senyawa-senyawa kimia (Suyasa, 2007). Bahan-bahan anorganik sebagai pencemar dapat dioksidasi dengan kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) berlebih yang dipanaskan dalam suasana asam. Kelebihan $K_2Cr_2O_7$ yang tersisa sebagai oksidator lalu dititrasi dengan Ferro Ammonium Sulfat (FAS) untuk menentukan jumlah oksigen yang digunakan dalam mengoksidasi senyawa anorganik dalam air limbah (Achmad, 2010). Semakin tinggi nilai COD akan menyebabkan nilai oksigen terlarut (DO) menurun (Effendi, 2003). Pengukuran dan perhitungan konsentrasi COD dapat dilihat pada Tabel 5. dan Gambar 5.

Tabel 5. Konsentrasi *Chemical Oxigen Demand*(COD)

No.	Waktu (Hari)	Rata-rata(mg/L)	Efektivitas %
1	0	16,4181	-
2	1	16,0333	2,34%
3	2	15,1354	7,81%
4	3	13,468	17,96%
5	4	10,2613	37,50%



Gambar 5.

Pengaruh waktu perlakuan terhadap kadar *Chemical Oxigen Demand*(COD)

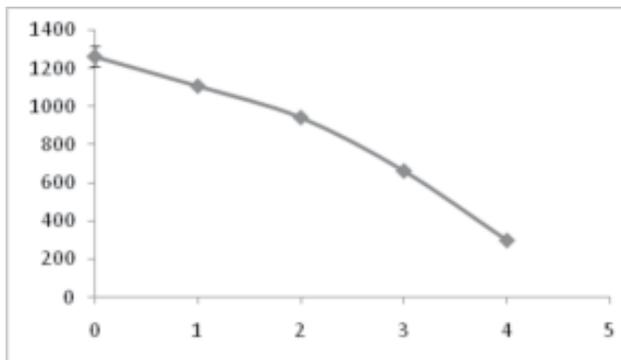
Hasil analisis COD dari pengolahan biosistem vertikal dalam Tabel 5 dan Gambar 5 diperoleh pada hari ke 0 sampai hari ke 4 mengalami penurunan konsentrasi dari 16,4181 mg/L menjadi 10,2613 mg/L. Pada hari ke-1 pengolahan, nilai hasil pengukuran konsentrasi masih tinggi yaitu sebesar 16,0333 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa proses oksidasi senyawa dalam air limbah yang membutuhkan oksigen paling tinggi terjadi pada hari pertama. Masih meningkatnya kadar COD pada hari pertama disebabkan oleh meningkatnya biomassa mikroorganisme. Peningkatan biomassa akan menyebabkan turunnya konsentrasi bahan organik pada limbah. Peningkatan biomassa disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme dalam limbah tersebut. Adanya penggunaan oksigen terlarut oleh bakteri aerob untuk mengoksidasi karbon dan nitrogen dalam bahan organik menjadi karbondioksida dan air sehingga kadar oksigen terlarut akan berkurang dengan cepat. Penurunan nilai COD menunjukan adanya suatu proses biodegradasi atau oksidasi bahan organik dan anorganik. Penurunan nilai COD pada sampel sangat tajam karena pengaruh penambahan bibit mikroorganisme. Aktivitas mikroorganisme yang ada pada sampel merombak bahan organik dan anorganik yang ada sehingga terjadi penurunan nilai COD.

3.5. Penurunan Konsentrasi *Total Dissolved Solid* (TDS)

Kemampuan Biosistem vertikal dalam menurunkan kadar TDS hasil biodegradasi limbah *indigosol golden yellow irk* selama waktu perlakuan 4 hari disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 6.

Tabel 6. Konsentrasi *Total Dissolved Solid* (TDS) Berbagai Waktu Berbeda

No.	Waktu (hari)	Rata-rata (mg/L)	Efektivitas %
1	0	1261,5537	-
2	1	1106,7884	12,26%
3	2	941,6219	25,36%
4	3	661,0226	47,60%
5	4	296,2231	76,51%



Gambar 6.

Pengaruh Waktu Perlakuan terhadap Kadar *Total Dissolved Solid*(TDS)

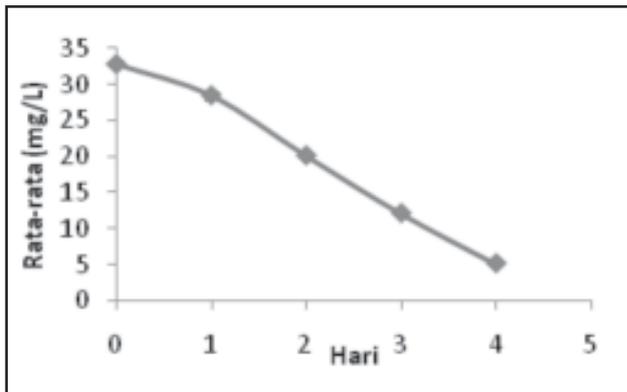
Penurunan kadar TDS pada Tabel 6 dan Gambar 6 terlihat saat awal perlakuan. Persentase penurunan mulai terlihat efektif pada hari ke-3 sampai hari ke-4 dengan persen penurunan masing-masing secara berturut-turut sebesar 47,60% dengan konsentrasi 661,0226 dan 76,51% dengan konsentrasi 296,2231 mg/L. Pada waktu perlakuan hari ke-1 dan hari ke-2 masih tinggi konsentrasi TDS dengan persen dan konsentrasi TDS masing-masing 12,26% konsentrasi 1106,7884 mg/L dan 25,36% konsentrasi 941,6219 mg/L. masih tingginya konsentrasi TDS ini menunjukkan bahwa bahan organik yang berukuran kecil <math>d < 1\mu m</math> belum terdegradasi secara sempurna menjadi gas dan adanya peningkatan biomassa mikroorganisme yang berukuran lebih kecil dari kertas saring ukuran 1 μm . Faktor lain yang membuat ketidak stabilan pengukuran TDS adalah suhu saat pemanasan. Suhu yang digunakan untuk mengeringkan residu sangat penting dan mempengaruhi hasil karena bobot yang hilang akibat bahan organik volatil, air, gas yang keluar akibat dekomposisi kimia sebagai bobot akibat oksidasi tergantung suhu dan waktu pemanasan. Jika dibandingkan dengan baku mutu, nilai padatan terlarut yang dicapai sudah di bawah standar baku mutu yang ditentukan. Penurunan kadar TDS pada biosistem vertikal terjadi akibat bahan organik yang terdapat pada sampel air limbah telah dikonversi menjadi gas. Peranan tanaman dalam menurunkan kadar TDS adalah proses penyerapan unsur hara oleh akar tanaman.

3.6. Penurunan Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS)

Zat padat tersuspensi atau TSS adalah semua zat padat atau partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik (pasir, lumpur, dan tanah liat). Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan (Tarigan, 2003). Kemampuan biosistem vertikal dalam menurunkan kadar TSS hasil biodegradasi *indigosol golden yellow irk* selama perlakuan 4 hari disajikan pada Tabel 7 dan Gambar 7.

Tabel 7. Konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) Berbagai Waktu Berbeda

No.	Waktu (hari)	Rata-rata (mg/L)	Efektivitas %
1	0	32,8426	-
2	1	28,5010	13,21%
3	2	10,1534	38,63%
4	3	12,1311	63,06%



Gambar 7.

Pengaruh Waktu Perlakuan terhadap Kadar *Total Suspended Solid* (TSS)

Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 7 presentase penurunan paling efektif diperoleh saat waktu perlakuan hari ke-3 sebesar 63,06% dengan konsentrasi 12,1311 mg/L. Penurunan kadar TSS dapat disebabkan ketersediaan nutrisi sebagai bahan makanan bagi bakteri, sehingga aktifitas metabolisme bakteripun meningkat dan proses degradasi bisa berjalan maksimal. Padatan yang bisa dilisis oleh biosurfaktan adalah padatan organik dengan sifat non-polar, biosurfaktan mengikat padatan organik yang bersifat non-polar sehingga menyatu dengan air yang bersifat polar. Selain bakteri, penurunan TSS melalui rizhodegradasi dapat terjadi dengan cara padatan tersuspensi yang berupa bahan organik digunakan oleh tumbuhan sebagai unsur hara yang menunjang pertumbuhan

(Debora, 2013). Hasil penelitian Komang Yogi (2015) persentase penurunan kadar TSS paling efektif pada proses penurunan kadar rhodamin B dalam air limbah dengan biofiltrasi sistem tanaman diperoleh saat waktu perlakuan ke-36 jam sebesar 50,44% dengan konsentrasi 20,1534%, pada waktu efektif bakteri yang berhasil diisolasi adalah *Pseudomonas*, *Pasteurella* dan *Yeast* (Spesies x). Menurut penelitian Reza, dkk (2012) *Pseudomonas* mampu menghasilkan biosurfaktan yang dapat menurunkan kadar TSS dari 2,96% menjadi 1,95%.

3.7. Kemampuan Biosistem Vertikal dalam Mendegradasi Zat Warna *Indigosol Golden Yellow Irk* sesuai Baku Mutu Pergub. Bali No. 16 Tahun 2016

Hasil pengukuran karakteristik limbah buatan *indigosol golden yellow irk* berdasarkan Baku mutu kualitas air limbah industri tekstil pergub Bali No. 16 Tahun 2016 disajikan pada Tabel 8.

3.8. Kapasitas Biosistem Vertikal

Kapasitas adalah hasil atau volume atau jumlah unit yang dapat ditangani, diterima, disimpan oleh sebuah fasilitas dalam suatu periode waktu tertentu (Heizer dan Barry, 2006). Kapasitas pengolahan biosistem vertikal dapat diketahui dengan menentukan efektivitas penurunan kadar pencemar dari *indigosol golden yellow irk*, COD, TDS maupun TSS selama waktu pengolahan paling efektif dengan volume ekosistem buatan tersebut. Waktu efektif pada masing-masing pencemar berbeda yaitu waktu efektif penurunan konsentrasi *indigosol golden yellow irk* terjadi pada hari ke-1, TSS pada hari ke-3, sedangkan COD dan TSS pada hari ke-4. Hasil pengukuran kapasitas biofiltrasi sistem tanaman terhadap beberapa parameter dapat dilihat pada Tabel 9.

Hasil pengukuran yang didapat volume maksimum bak pengolahan adalah 10 liter atau 0,010 m³. Dari hasil perhitungan kapasitas biosistem, bak pengolahan biosistem vertikal dengan volume 0,010 m³ mampu menurunkan *indigosol golden yellow irk*, COD, TDS, dan TSS dengan nilai besaran kapasitas masing-masing sebesar 51,4041 mg/L/m³jam selama waktu pengolahan 24 jam, 6,4133 mg/L/m³jam selama waktu pengolahan air limbah 96 jam, 1005,5527 mg/L/m³jam selama waktu pengolahan air limbah 96 jam dan 28,7659 mg/L/m³jam selama waktu pengolahan air limbah 72 jam. Hasil penelitian (Yogi, 2015) menyatakan bahwa kapasitas biofiltrasi sistem tanam dalam menurunkan kadar rhodamin B, TDS, dan TSS dengan volume bak 0,06 m³ masing-masing secara berturut-turut dengan waktu pengolahan berbeda-beda yaitu sebesar 0,256 mg/L/m³jam dengan waktu pengolahan 30 jam, 278,0237 mg/L/m³jam dengan waktu pengolahan 36 jam, dan 9,4978 mg/L/m³jam dengan waktu pengolahan 36 jam.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Karakteristik Limbah *Indigosol Golden Yellow Irk* pada Hari ke-4

Parameter	Satuan	Kadar Parameter Rata-rata	Baku mutu
<i>indigosol golden yellow irk</i>	mg/L	0,0409	0,75
COD mg/L	10,2613	15	
TDS mg/L	296,2231	300	
TSS mg/L	5,1488	5	

Keterangan: Baku mutu Kualitas Air Limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri tekstil Pergub Bali No.16 Tahun 2016

Tabel 9. Kapasitas Biosistem Vertikal dari Berbagai Parameter

No	Parameter	Ca (mg/L)	Ct (mg/L)	V (m ³)	t _r (jam)	Kapasitas (mg/L/m ³ jam)
1	<i>Indigosol golden yellow irk</i>	25,807	6,0967	0,010	24	51,4041
2	COD	16,4181	10,2613	0,010	96	6,4133
3	TDS	1261,5537	296,2231	0,010	96	1005,5527
4	TSS	32,8426	12,1311	0,010	72	28,7659

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1. Simpulan

1. Suspensi aktif terbaik diperoleh melalui pembibitan dari sedimen lumpur industri tekstil di jalan pulau Batanta Denpasar yang ditunjukkan dengan pertumbuhan biomassa tertinggi (nilai VSS) sebesar 2010 mg/L.
2. Biosistem vertikal mampu mendegradasi zat warna *Indigosol golden yellow irk* dengan efektivitas penurunan kadar *indigosol golden yellow irk* TDS dan TSS (di atas 50%), namun kurang efektif untuk menurunkan kadar COD (di bawah 50%).

4.2. Saran

1. Perlu adanya penelitian lanjutan menggunakan jenis mikroorganisme pendegradasi polutan yang mampu bertahan hidup dalam biosistem tanaman.
2. Perlu penelitian tentang dinamika oksigen dan pH dalam proses biodegradasi limbah pada biosistem tanaman.
3. Perlu adanya penggunaan jenis tanaman lain dalam proses biofiltrasi pada biosistem tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Rukaesih, 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi. Jakarta.
- Alaerts, G. dan Santika, S.S. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Atlas, R.M., and Bartha, R. 1987. *Microbial Ecology, Fundamental and Applications*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.. California.
- Chen, K., Huang, W., Wu, J. & Houg, J. 1999. Microbial decolorization of azo dyes by *Proteus mirabilis*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23: 686-690.
- Deboraf, Sitompul., Mumu, S., Kancitrha, P. 2013. Pengolahan Limbah Cair Hotel Aston Braga City Walk dengan Proses Fitore mediasi menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok. *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 2 (1) : 2 -10.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Periaran*. Kanisius. Yogyakarta.
- Evasari, J., 2012. Pemanfaatan Lahan Basah Buatan dengan Menggunakan Tanaman *Typha Latifolia* Untuk Mengolah Limbah Cair Domestik. *Skripsi*. Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Komang Y., 2015. "Penurunan Kadar Rhodamin B dalam Air Limbah dengan Biofiltrasi Sistem Tanaman" (Tesis). Universitas Udayana. Denpasar.
- Leady, B., 1997, *Constructed subsurface flow wetlands for wastewater treatment*. Purdue University.
- Mahida, U.N. 1993. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Rajawali Press. Jakarta.
- Mukono, H.J. 2000. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Airlangga University Press. Surabaya.
- Reza, R.P., Masdiana C., Padaga., Dyah KW. 2012. Pengaruh Penggunaan Biosurfaktan Asal *Pseudomonas* sp. dengan Media Tumbuh Air Rendaman Kedelai terhadap Kadar Total Suspended Solid (TSS) dan Lemak pada Bioremediasi Limbah Cair Rumah Potong Ayam (RPA). *Jurnal PKH* Universitas Brawijaya.

- Sastrawidana, I D.K. 2009. "Isolasi bakteri dari Lumpur Limbah Tekstil dan Aplikasinya untuk Pengolahan Limbah Tekstil Menggunakan System Kombinasi Anaerob- Aerob" (*disertasi*). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sudaryanti, L. G., Kasa dan Budiarsa, S. 2011. *Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. *Ecotrophic* 3 (1): 21–29.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. UI Press. Jakarta.
- Suyasa, I. W.B., dan Dwijani, W. 2007. Kemampuan Sistem Saringan Pasir- Tanaman Menurunkan Nilai BOD dan COD Air Tercemar Limbah Pencelupan. *Jurnal Ecotrophic*, 2 (1):1-7
- Tarigan, M.S dan Edward. 2003. Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) Di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara. Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta 14430, Indonesia. *Makara Sains*, 7 (3): 127-130.