

Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka dengan menggunakan Tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)

RIKA NURKEMALASARI¹, MUMU SUTISNA¹, EKA WARDHANI¹

Jurusan Teknik Lingkungan (Institut Teknologi Nasional Bandung)Email:
rikanurkemalasari@gmail.com

ABSTRAK

*Industri tapioka menimbulkan pencemaran air yang mengakibatkan penurunan kualitas air. Suatu teknologi seperti fitoremediasi diperlukan untuk menurunkan parameter pencemar limbah cair tapioka. Pada fitoremediasi mikroorganisme bekerjasama dengan tumbuhan untuk mendegradasi parameter pencemar. Penelitian fitoremediasi ini menggunakan *Ipomoea aquatica* yang bertujuan untuk mengetahui perlakuan optimum dalam menurunkan parameter BOD₅, COD, TSS dan sianida pada limbah cair tapioka sehingga tidak melebihi baku mutu SK Gub Jabar no. 6 tahun 1999. Penelitian pendahuluan diperoleh hasil *Ipomoea aquatica* dapat tumbuh pada limbah cair tapioka 25%. Penelitian utama dilakukan 16 hari dengan tiga perlakuan (kontrol, *Ipomoea aquatica* 100 gram dan *Ipomoea aquatica* 200 gram). Perlakuan optimum menggunakan *Ipomoea aquatica* 200 gram yaitu BOD₅ 81,13% hari ke 16, COD 78,57% hari ke 16, TSS 59,29% hari ke 12 dan sianida 50% hari ke 4. Pertumbuhan biomassa kangkung air yang paling cepat terdapat pada *Ipomoea aquatica* 200 gram dengan laju pertumbuhan 67,05%. Setelah 16 hari *Ipomoea aquatica* dapat mengakumulasi sianida dan masih memenuhi standar baku mutu FAO yaitu 10 mg/kg.*

Kata kunci: limbah cair tapioka, fitoremediasi, *Ipomoea aquatica*.

ABSTRACT

*Tapioca Industry generate wastewater which is decreased water quality. A technology such as phytoremediation is needed to reduce pollutant parameters. In this research, *Ipomoea aquatica* as phytoremediator was used in order to knowing optimum treatment in reduce the value of BOD₅, COD, TSS and cyanide on the tapioca wastewater so it did not exceed the quality standards SK Gub Jabar no. 6 tahun 1999. The result of pre-research is the *Ipomoea aquatica* can grow in tapioca wastewater 25%. The main research was done in 16 days using three kind of treatments (control, 100 gram *Ipomoea aquatica* and 200 grams *Ipomoea aquatica*). The optimum treatment was treatment using 200 grams *Ipomoea aquatica* with the result decreasing BOD₅ 81.13% on day 16, COD 78.57% on day 16, TSS 59.29% on day 12 and cyanide 50% on day 4. The fastest *Ipomoea aquatica* biomass growth was in the treatment 200 grams *Ipomoea aquatica* 67.05%. The *Ipomoea aquatica* in 16 days of treatment parameters can accumulate cyanide and still meet the quality standards of FAO of 10 mg/kg.*

Kata kunci: tapioca wastewater, phytoremediation, *Ipomoea aquatica*

1. PENDAHULUAN

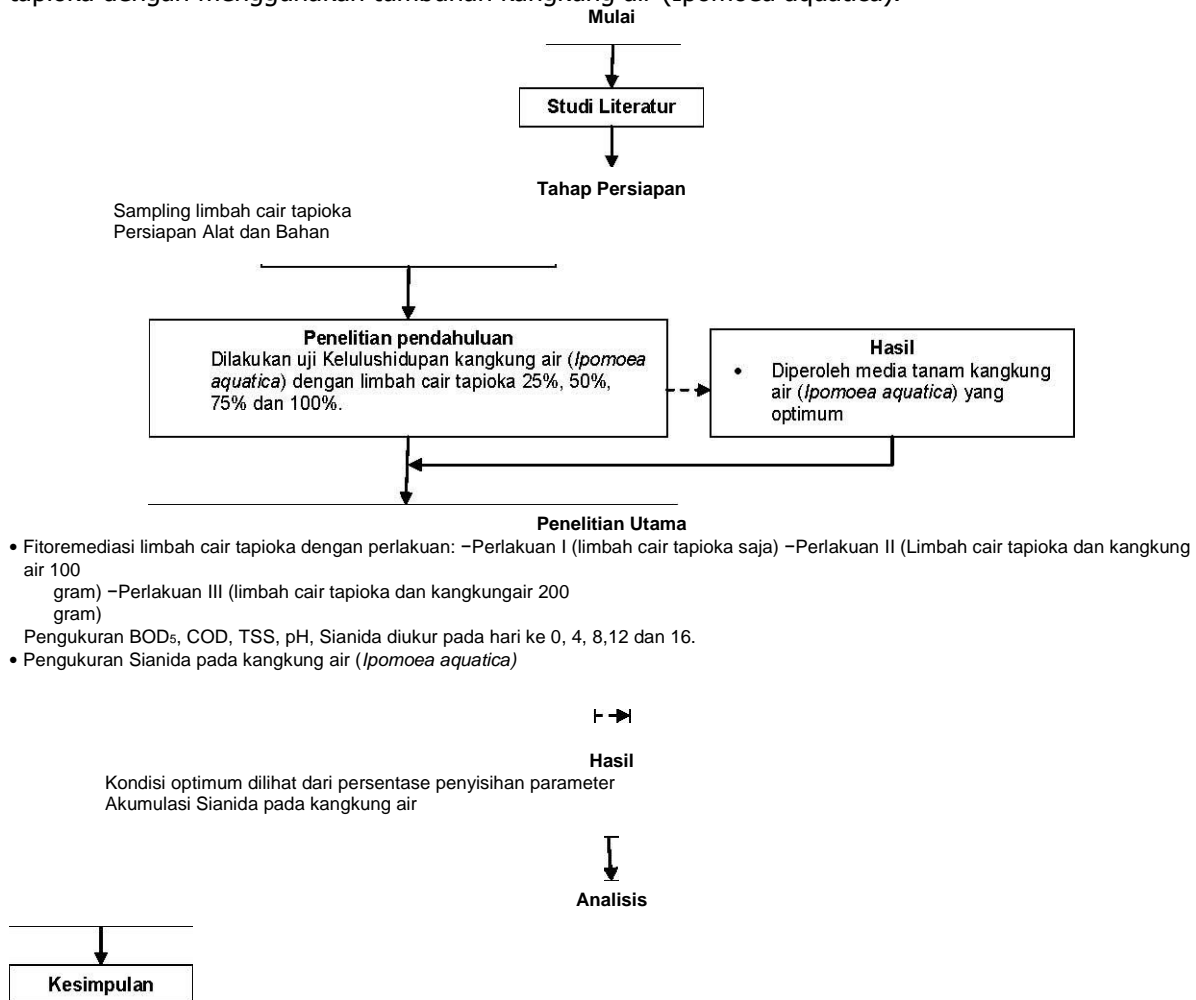
Industri tapioka selain menghasilkan produk yang diinginkan juga menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Industri tapioka terutama industri berskala kecil belum memiliki teknologi untuk mengurangi pencemaran. Limbah padat tapioka (onggok) digunakan sebagai makanan ternak sedangkan limbah cair tapioka dibuang langsung ke badan perairan. Oleh karena itu diperlukan suatu teknologi dalam mengurangi parameter fisika-kimia limbah cair tapioka salah satunya yaitu dengan fitoremediasi. Fitoremediasi adalah proses dimana tumbuhan yang bekerjasama dengan mikroorganisme untuk mengubah zat pencemar menjadi berkurang atau tidak berbahaya (Harahap, 2003). Fitoremediasi juga dapat digunakan dalam mengolah limbah cair tapioka menggunakan tumbuhan eceng gondok (Sari, 1995). Selain fitoremediasi menggunakan tumbuhan eceng gondok dapat juga menggunakan tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dalam mengolah limbah cair kelapa sawit (Avlenda, 2009)

Penelitian ini dilakukan fitoremediasi dalam menurunkan parameter pencemar limbah cair tapioka. Dilakukannya pengolahan fitoremediasi tersebut karena mudah dalam proses pengolahannya sehingga dapat diaplikasikan oleh industri tapioka terutama industri kecil. Penggunaan tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) tersebut diharapkan selain menurunkan parameter pencemar juga dapat dimanfaatkan sebagai budidaya. Pengukuran yang dilakukan pada limbah cair tapioka yaitu BOD₅, COD, TSS, pH dan sianida agar sesuai dengan baku mutu Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Barat No. 6 tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan. Sianida dengan konsentrasi yang tinggi merupakan parameter yang beracun maka dilakukan pengukuran sianida pada kangkung air (*Ipomoea aquatica*) untuk mengetahui akumulasi pada tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*).

2. METODOLOGI

Penelitian mengenai fitoremediasi limbah cair tapioka menggunakan kangkung air dilakukan dengan skala laboratorium. Alat yang digunakan meliputi 6 reaktor berkapasitas 12 Liter sedangkan bahan yang digunakan yaitu kangkung air untuk fitoremediasi. Pada penelitian ini sampel berasal dari pabrik berskala kecil Desa Gunung Leutik Kecamatan Ciparay Kabupaten Bandung. Sampel limbah cair tapioka yang digunakan dalam fitoremediasi sebanyak 10 Liter. Pengambilan sampel limbah cair tapioka untuk penelitian pendahuluan sebanyak 25 liter dan untuk penelitian utama disesuaikan setelah mendapatkan hasil penelitian pendahuluan. Sampel limbah cair tapioka diambil dari sebuah pabrik kecil di desa Gunung Leutik Kecamatan Ciparay. Penelitian pendahuluan pada penelitian ini yaitu uji kelulushidupan kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan hidup kangkung air (*Ipomoea aquatica*) pada limbah cair tapioka. Uji kelulushidupan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dilakukan variasi perlakuan yaitu dengan limbah cair tapioka 25%, 50% dan 75% dan 100%. Hasil penelitian pendahuluan digunakan pada penelitian utama sebagai kondisi dapat hidupnya kangkung air. Penelitian utama dilakukan penelitian fitoremediasi kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dengan variasi perlakuan I (limbah cair tapioka), perlakuan II (limbah cair tapioka dengan kangkung air 100 gram) dan perlakuan III (limbah cair tapioka dengan kangkung air 200 gram) untuk menyisahkan parameter limbah cair tapioka. Parameter tersebut yaitu BOD₅, COD, TSS, pH dan sianida agar memenuhi baku mutu SK Gubernur TK 1 Jawa Barat No. 6 Tahun 1999. Selain itu untuk mengetahui akumulasi parameter sianida maka dilakukan pengukuran sianida pada

kangkung air. Gambar 1 menunjukkan bagan alir metodologi penelitian fitoremediasi limbah cair tapioka dengan menggunakan tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*).



Gambar 1. Bagan Alir Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian pendahuluan dilakukan uji kelulushidupan kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) yang akan tumbuh pada limbah cair tapioka. Pada limbah cair tapioka 25%, kangkung air (*Ipomoea aquatica*) mampu bertahan hidup lebih dari 10 hari. Pada limbah cair tapioka 50%, 75% dan 100% rata-rata hanya bertahan hidup 4 hari. Hal ini kemungkinan karena tingkat keasaman dari limbah cair tapioka tersebut tinggi yaitu sebesar 4,67 sehingga mengganggu pertumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Tumbuhan air akan tumbuh dengan baik dengan pH netral, sedangkan pada pH kurang dari 5 pertumbuhan akan terhambat (Gopal & Sharma, 1981). Selain pH yang asam juga karena konsentrasi parameter fisika-kimia limbah cair tapioka yang tinggi sehingga kangkung air (*Ipomoea aquatica*) tidak dapat tumbuh dengan baik.

3.2 BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand)

BOD₅ adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang dapat menunjukkan banyaknya zat organik yang terkandung dalam suatu limbah (Sofiany, 1999). Konsentrasi serta efisiensi penurunan untuk parameter BOD₅ terdapat pada Tabel 1.

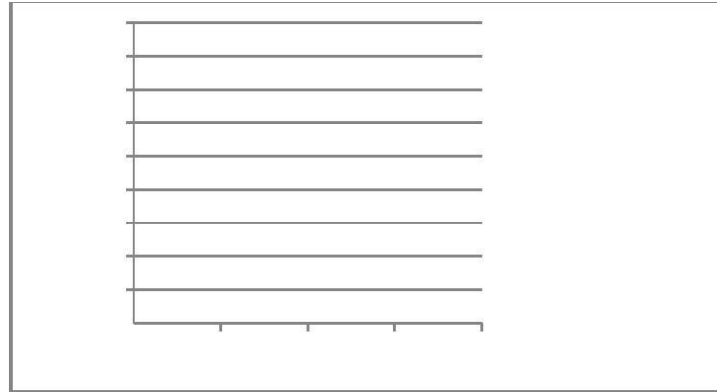
Tabel 1. Konsentrasi dan Efisiensi Penyisihan Parameter BOD₅

Perlakuan I		Perlakuan II		Perlakuan III		*Baku	
Hari	Konsentrasi	Efisiensi	Konsentrasi	Efisiensi	Konsentrasi	Efisiensi	Mutu
	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)
0	774,22	0,00	774,22	0,00	774,22	0,00	
4	721,53	6,81	694,06	10,35	604,17	21,96	
8	642,52	17,01	444,58	42,58	390,71	49,53	150
12	492,15	36,43	217,29	71,93	166,01	78,56	
16	513,72	33,65	188,50	75,65	146,06	81,13	

*Standar baku mutu SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999

Sebelum dilakukan pengolahan BOD₅ belum memenuhi standar baku mutu yaitu 774,22 mg/L. Pada perlakuan I konsentrasi BOD₅ mengalami penurunan setelah 12 hari sebesar 492,15 mg/L dengan efisiensi 36,43%. Penurunan konsentrasi BOD₅ tersebut terjadi pada limbah cair tapioka secara alamiah karena adanya proses dekomposisi senyawa organik. Setelah 16 hari pada perlakuan I konsentrasi BOD₅ meningkat sebesar 513,72 mg/L dengan efisiensi 33,65%. Hal ini disebabkan adanya lapisan pati yang berada pada permukaan air sehingga udara yang masuk ke dalam reaktor terhambat. Terhambatnya udara yang masuk dapat menurunkan oksigen terlarut dalam air yang menyebabkan BOD₅ meningkat.

Perlakuan II dan III setelah dilakukan pengolahan mengalami penurunan konsentrasi. Konsentrasi BOD₅ pada perlakuan II setelah 16 hari sebesar 188,50 mg/L dengan efisiensi 75,65% sedangkan perlakuan III sebesar 146,08 mg/L dengan efisiensi 81,13%. Hal ini menunjukkan dengan pengolahan fitoremediasi menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) mampu menurunkan parameter BOD₅. Limbah cair tapioka banyak mengandung bahan organik biodegradable yaitu mudah diuraikan oleh jasad renik. Senyawa organik yang terkandung didalamnya menjadi sumber nutrisi bagi mikroba yang selanjutnya diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana (BPPI, 1986). Pada perlakuan menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) terjadi penurunan BOD₅ tinggi. Proses penurunan pencemar dalam limbah cair dengan menggunakan tumbuhan air merupakan kerjasama antara tumbuhan dan mikroba yang berada pada tumbuhan tersebut (Hayati, 1992).



Gambar 2. Efisiensi Penurunan Parameter BOD₅ Limbah Cair Tapioka

Pada Gambar 2 efisiensi penyisihan parameter BOD₅ yang tertinggi untuk perlakuan I mencapai 36,43% pada hari ke-12, perlakuan II mencapai 75,65% pada hari ke-16 dan perlakuan III 81,13% pada hari ke-12. Hal ini membuktikan bahwa ketiga perlakuan tersebut mampu menurunkan parameter limbah cair tapioka. Perlakuan yang optimum yaitu pada perlakuan III hari ke-16. Penentuan perlakuan yang optimum ini karena pada perlakuan III menghasilkan efisiensi penyisihan tertinggi dibandingkan dengan pengolahan lain. Selain itu dengan menggunakan perlakuan III konsentrasi BOD₅ setelah hari ke-16 memenuhi baku mutu. Pada perlakuan III penurunan limbah cair tapioka lebih cepat hal ini diperkirakan karena akar pada tanaman tersebut lebih banyak dibandingkan pada perlakuan II sehingga mikroba rizosfir yang berada pada akar tanaman menguraikan zat organik lebih banyak pula. Selain itu pati yang terdapat pada limbah cair tapioka tertambat pada akar-akar kangkung air (*Ipomoea aquatica*) sehingga dapat dimanfaatkan oleh mikroba rizosfir sebagai sumber nutrisi (Sari, 1995).

Konsentrasi BOD₅ yang menurun selama 16 hari terjadi karena jumlah senyawa organik dalam air semakin sedikit. Hal ini diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme yang mengubah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa yang lebih sederhana akan diserap oleh tanaman kangkung air tersebut. Berkurangnya jumlah bahan organik dalam air limbah, maka populasi mikroorganisme akan berkurang dan oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan senyawa kompleks tersebut juga berkurang. Sehingga nilai oksigen terlarut akan meningkat dan nilai BOD₅ akan menurun (Avlenda, 2009).

3.3 COD (Chemical Oxygen Demand)

Pengamatan terhadap penurunan kadar COD hasil yang diperoleh tidak berbeda jauh dengan hasil penurunan kadar BOD₅. Tabel 2 merupakan nilai konsentrasi dan efisiensi penurunan COD pada setiap waktu kontak.

Tabel 2. Konsentrasi dan Efisiensi Penurunan Parameter COD

Perlakuan I		Perlakuan II		Perlakuan III		*Baku
Hari	Konsentrasi	Konsentrasi	Efisiensi	Konsentrasi	Efisiensi	Mutu
	(mg/L)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)

20
0,0
0
1.1
20
0,0
0
1.1
20
0,0
0

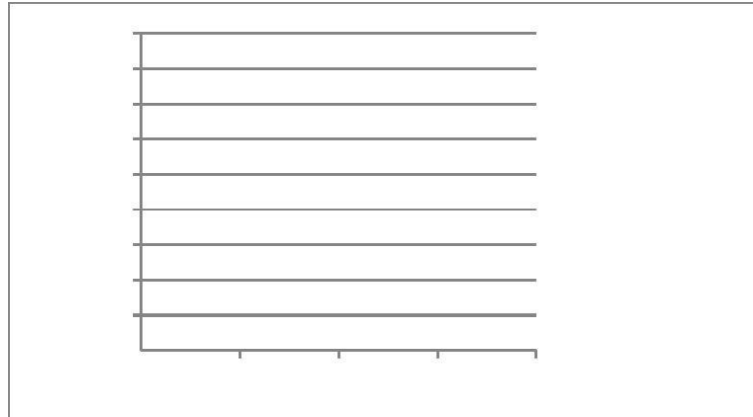
4 1.040 7,14 880 21,43 760 32,14

8 960 14,29 560 50,00 520 53,57 300 12 840 25,00 480 57,14 440 60,71 16 880
21,43 400 64,29 240 78,57

*Standar baku mutu SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999

Berdasarkan Tabel 2 sebelum dilakukan pengolahan parameter COD melebihi baku mutu yaitu 1.120 mg/L. Pada perlakuan I mengalami penurunan konsentrasi COD hingga 840 mg/L dengan efisiensi 25% pada hari ke-12. Hal ini disebabkan karena adanya proses penguraian senyawa organik secara alamiah pada limbah cair tapioka sehingga menyebabkan konsentrasi COD menurun. Pada hari ke-16 konsentrasi COD meningkat hingga 880 mg/L dengan efisiensi 21,43%. Hal ini disebabkan pada limbah cair tapioka terdapat pati yang menggenang di reaktor dan selain itu mikroorganisme yang ada pada limbah cair tapioka tersebut telah mengalami kejenuhan nutrisi sehingga konsentrasi COD meningkat. BOD₅ merupakan oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi senyawa organik yang mudah terurai (biodegradable) sedangkan COD merupakan oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi senyawa organik baik yang mudah terurai (biodegradable) maupun yang sulit terurai (non biodegradable). Sehingga dengan menurunnya konsentrasi BOD₅ maka konsentrasi COD juga menurun begitupun sebaliknya.

Pada perlakuan II dan III setelah dilakukan pengolahan selama 16 hari konsentrasi COD semakin menurun. Pada perlakuan II setelah hari ke-16 mengalami penurunan sebesar 400 mg/L dengan efisiensi 64,29% sedangkan perlakuan III sebesar 240 mg/L dengan efisiensi 78,57%. Penurunan COD dalam air limbah terjadi karena tanaman bekerjasama dengan mikroorganisme yang menyebabkan senyawa-senyawa organik terurai menjadi senyawa lebih sederhana (Sari, 1995). Menurunnya nilai karena unsur-unsur kimia organik maupun anorganik diserap oleh tanaman yang mengakibatkan proses-proses kimiawi yang membutuhkan oksigen menjadi menurun (Jauhi, Wiryanto, & Setyono, 2002). Tumbuhan akan menyerap ion-ion berupa amonium, nitrat, fosfat dan lain-lain. Akibat berkurangnya senyawa organik maupun anorganik dalam air limbah, secara tidak langsung mengurangi jumlah mikroorganisme yang menguraikan bahan organik tersebut dan nilai COD menjadi turun (Avlenda, 2009). Setelah dilakukan pengolahan parameter COD yang telah memenuhi baku mutu yaitu pada perlakuan III hari ke-16 240 mg/L. Untuk mengetahui fluktuasi efisiensi penurunan pada setiap perlakuan dan waktu kontak disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Efisiensi Penurunan Parameter COD

Berdasarkan Gambar 3 penurunan parameter COD perlakuan optimum untuk menurunkan parameter COD yaitu pada perlakuan III. Penentuan nilai optimum dilihat berdasarkan efisiensi penyisihan COD tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain yaitu sebesar 78,57%. Hal ini menunjukkan bahwa berat biomassa kangkung air (*Ipomoea aquatica*) yang tinggi memberikan kontribusi untuk menurunkan parameter COD yang lebih tinggi pula karena akar tanaman pada perlakuan III lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan II sehingga pendegradasian oleh mikroorganisme rhizosfir lebih cepat dan penyerapan nutrisi oleh tumbuhan pun cepat.

3.3 TSS (Total Suspended Solid)

Padatan tersuspensi dapat mempengaruhi kekeruhan dan warna pada air. Hal ini terjadi karena adanya zat organik (seperti pati) yang tidak dapat segera mengendap (Sari, 1995). Hasil pengolahan setiap waktu kontak selama 16 hari untuk parameter TSS terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Konsentrasi dan Efisiensi Penurunan TSS Limbah Cair Tapioka

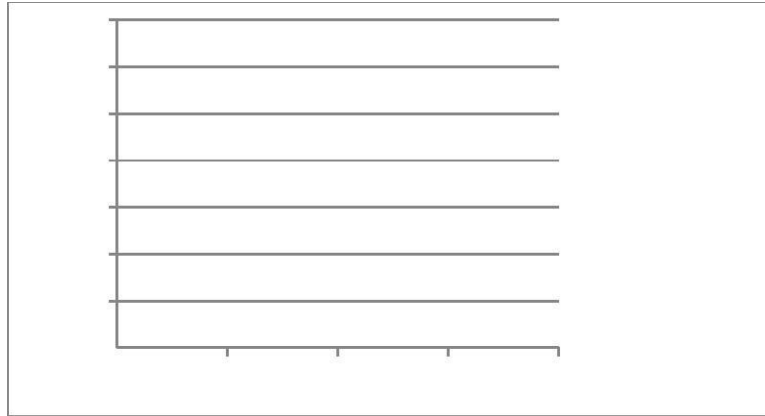
Perlakuan I		Perlakuan II		Perlakuan III		*Baku
Hari	Konsentrasi	Konsentrasi	Efisiensi	Konsentrasi	Efisiensi	Mutu
	(mg/L)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)
0	366	0,00	366	0,00	366	0,00
4	338	7,65	279,5	23,63	257,5	29,64
8	302	17,49	195,5	46,58	155,5	57,51
12	252	31,15	182	50,27	149	59,29
16	263	28,14	187	48,91	158	56,83

*Standar baku mutu SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999

Tabel 3 terlihat bahwa limbah cair tapioka sebelum dilakukan pengolahan memiliki nilai TSS sebesar 366 mg/L. Tabel 4.4 terlihat bahwa limbah cair tapioka yang belum dilakukan pengolahan memiliki nilai TSS sebesar 366 mg/L. Nilai TSS tersebut belum memenuhi standar baku SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999. Pada perlakuan I konsentrasi TSS mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa limbah cair tapioka mampu menguraikan senyawa organik secara alami sehingga zat organik yang terbaca sebagai TSS menurun. Hari ke-16 konsentrasi TSS meningkat disebabkan karena adanya lapisan pati dan tumbuhnya ganggang yang terbaca sebagai TSS.

Pada perlakuan II dan III parameter TSS mengalami penurunan konsentrasi. Penurunan konsentrasi TSS tersebut karena adanya pendegradasian zat organik oleh mikroba rhizosfir yang ada pada akar

tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Parameter TSS pada hari ke-16 mengalami penurunan konsentrasi. Hal ini disebabkan keberadaan ganggang yang telah tumbuh pada hari ke-12. Pada hari ke-12 ganggang tumbuh menempel disekitar akar kangkung air (*Ipomoea aquatica*) sehingga tidak terikut pada saat pengukuran. Sedangkan pada hari ke-16 ganggang tumbuh lebih banyak yang menyebabkan air sedikit berwarna hijau. Hal ini menyebabkan ganggang terbaca sebagai TSS yang menyebabkan nilai TSS mengalami peningkatan (Sitompul, 2013). Selain itu padatan tersuspensi dapat terbentuk dari bagian tanaman yang jatuh ke air (Siswoyo & Kasam, 2005). Fluktuasi efisiensi penyisihan parameter TSS setiap perlakuan selama 16 hari dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Efisiensi Penurunan Parameter TSS

Gambar 4 menunjukkan bahwa setiap perlakuan baik perlakuan I, II maupun III dari hari ke-0 sampai hari ke-12 efisiensi penyisihan parameter TSS mengalami kenaikan namun hari ke-16 mengalami penurunan. Hal ini disebabkan keberadaan ganggang yang tumbuh pada limbah cair tapioka yang terbaca sebagai TSS. Waktu yang optimum dalam menurunkan parameter TSS yaitu pada hari ke-12 yaitu pada perlakuan I sebesar 31,15%, perlakuan II sebesar 50,27% dan perlakuan III sebesar 59,29%. Dilihat dari efisiensi penyisihan konsentrasi TSS yang paling tinggi terdapat pada perlakuan III sehingga perlakuan yang optimum yaitu perlakuan III hari ke-12 sebesar 148 mg/L dengan efisiensi penyisihan 59,29%. Pengolahan dalam menurunkan konsentrasi TSS belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh karena itu diperlukan suatu pengolahan fisik untuk menurunkan parameter tersebut seperti pengendapan sehingga konsentrasi TSS memenuhi baku mutu.

3.4 Keasaman (pH)

Pengamatann pH dilakukan untuk mengetahui pengaruh pengolahan dengan fitoremediasi terhadap pH limbah cair tapioka. Perubahan pH setiap waktu kontak terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Parameter pH Limbah Cair Tapioka

Perlakuan	Satuan	Hari ke					*Baku Mutu
		0	4	8	12	16	
Perlakuan I	-	6,15	6,50	6,91	6,0	6,54	
Perlakuan II	-	6,15	6,41	7,01	7,87	7,63	6-9
Perlakuan III	-	6,15	6,93	7,21	7,44	7,7	

*Standar baku mutu SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999

Hasil pengukuran awal limbah cair tapioka telah memenuhi baku mutu yaitu sebesar 6,15. Dilakukannya pengukuran pH untuk melihat pengaruh proses fitoremediasi karena kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dapat hidup dengan baik pada pH sekitar 6.0-8,0. Kenaikan maupun penurunan pada limbah cair tapioka baik perlakuan I, II maupun III selama proses fitoremediasi disebabkan aktivitas biokimia mikroorganisme yang terdapat pada akar tumbuhan (Sitompul, 2013). Parameter pH limbah cair tapioka masih memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

3.5 Sianida

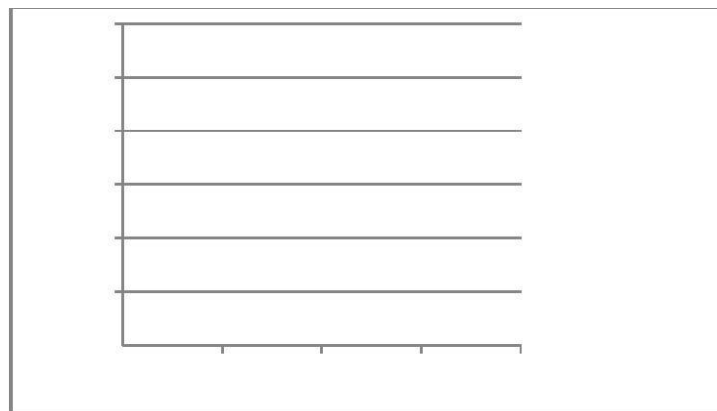
Pengukuran sianida dilakukan untuk mengetahui penurunan parameter sianida pada setiap perlakuan. Tabel 5 menunjukkan nilai konsentrasi sianida pada limbah cair tapioka setiap perlakuan.

Tabel 5. Nilai Konsentrasi dan Efisiensi Penurunan Sianida Limbah Cair Tapioka

Perlakuan I			Perlakuan II		Perlakuan III		*Baku Mutu
Hari	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	(mg/L)
0	0,10	0	0,10	0	0,10	0	
4	0,065	35	0,08	20	0,05	50	
8	0,05	50	0,05	50	0,05	50	400
12	0,05	50	0,05	50	0,05	50	
16	0,065	50	0,05	50	0,05	50	

*Standar baku mutu SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999

Keberadaan sianida pada limbah cair tapioka masih memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Namun pada penelitian ini tetap dilakukan pengamatan untuk melihat pengaruh proses fitoremediasi terhadap parameter sianida mengingat parameter sianida merupakan parameter yang berbahaya. Sianida dapat bereaksi sehingga berubah menjadi ammonia (Nsimba, 2009). Hal ini yang menyebabkan pada perlakuan I terjadi penurunan dan kenaikan konsentrasi sianida. Terlihat pada Tabel 5 bahwa setiap perlakuan mampu mencapai konsentrasi 0,05 mg/L. Untuk mengetahui efisiensi penurunan terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Efisiensi Penurunan Parameter Sianida Limbah Cair Tapioka

Efisiensi penurunan yang paling tinggi yaitu mencapai 50% terdapat pada perlakuan III pada hari ke-4, 8, 12 dan 16. Sedangkan pada perlakuan II efisiensi tertinggi pada hari ke-8, 12, dan 16. Penurunan sianida pada limbah cair tapioka pada perlakuan II dan perlakuan III karena terakumulasinya parameter tersebut ke dalam tubuh kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Perlakuan yang paling optimum yaitu perlakuan III dengan waktu kontak hari ke-4 dengan efisiensi penyisihan mencapai 50%.

3.6 Biomassa Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) pada Media Limbah Cair Tapioka

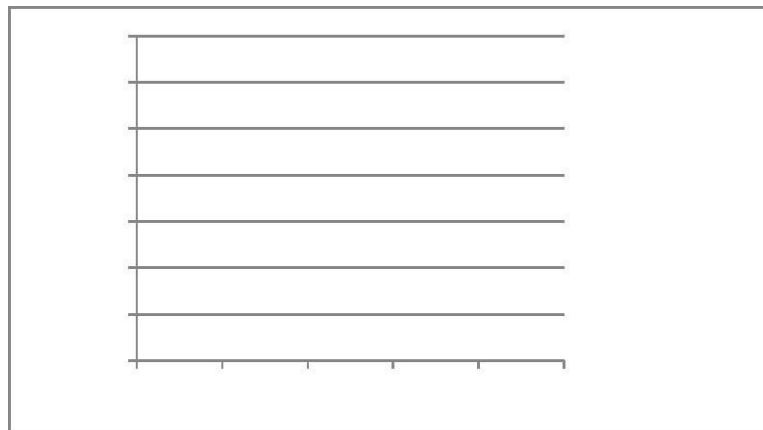
Hasil data pertumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) setiap waktu kontak hari ke-0, 4, 8,12 dan 16 terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pertumbuhan Biomassa Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*)

Perlakuan II			Perlakuan III	
Hari	Konsentrasi (gram)	pertumbuhan (%)	Konsentrasi (gram)	Efisiensi (%)
0	100	0	200	0
4	105,50	5,50	212,55	6,28
8	119,5	19,50	240,95	20,48
12	130,95	30,95	265,55	32,78
16	160,4	60,40	334,1	67,05

Pada Tabel 6 baik perlakuan II maupun perlakuan III kangkung air (*Ipomoea aquatica*) mengalami penambahan berat basah setiap waktu kontak dibandingkan berat awal. Pada

Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka Dengan Menggunakan Tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) – 9 perlakuan II kangkung air (*Ipomoea aquatica*) yang ditumbuhkan dalam limbah cair tapioka penambahan berat yang mula-mula 100 gram hingga pada hari ke-16 mencapai 160,4 gram dengan laju pertumbuhan sebesar 60,40%. Sedangkan perlakuan III mula-mula 200 gram hingga hari ke-16 mencapai 334,10 gram dengan laju pertumbuhan 67,05%. Untuk dapat membandingkan pertumbuhannya maka perlu dilakukan persentase kenaikan berat kangkung air (*Ipomoea aquatica*).



Gambar 6. Persentase Laju Pertumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)

Berdasarkan Gambar 4.5 pada perlakuan II maupun perlakuan III mengalami perbedaan dalam laju pertumbuhannya. Perbedaan hasil yang diperoleh setiap perlakuan kemungkinan disebabkan oleh kondisi yang berbeda dari kedua tumbuhan tersebut saat ditumbuhkan dalam limbah cair tapioka yaitu dalam keadaan 100 gram dan 200 gram kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Pada akar kangkung air (*Ipomoea aquatica*) terdapat mikroba rizosfir. Perlakuan III persentase pertumbuhannya lebih tinggi hal ini mungkin disebabkan banyaknya akar pada perlakuan tersebut dibandingkan dengan perlakuan II.

Sisa-sisa pati yang banyak terdapat dalam limbah cair tapioka akan tertambat pada akar tumbuhan tersebut sehingga dimanfaatkan oleh mikroba sebagai sumber nutrisinya. Mikroba akan memecah pati menjadi gula sederhana yang selanjutnya senyawa tersebut digunakan untuk proses metabolisme tubuhnya. Selain itu mikroba juga akan mendegradasi senyawa-senyawa protein yang terdapat dalam limbah cair tapioka dan mengubahnya menjadi amonia. Oleh tumbuhan amonia akan diserap melalui akar dan akan masuk ke dalam jaringan tubuhnya (Hayati, 1992). Semakin banyak akar maka semakin banyak pula mikroba rizosfir yang mendegradasi senyawa organik yang akan digunakan untuk proses metabolisme. Melalui proses tersebut akan dihasilkan sel-sel baru yang berarti meningkatkan penambahan biomassa tumbuhan, sehingga meningkatkan persentase pertumbuhan (Sari, 1995)

3.2.4 Sianida Pada Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)

Sianida merupakan parameter yang termasuk ke dalam limbah yang sangat berbahaya. Parameter sianida ternyata dapat terakumulasi oleh tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Tabel 7 menunjukkan konsentrasi parameter sianida pada tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*).

Tabel 7. Nilai Konsentrasi Sianida Pada Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)

Perlakuan	Satuan	Hari ke		*Baku Mutu
		0	16	
Perlakuan II	mg/kg	0,832	1,664	10
Perlakuan III	mg/kg	0,832	3,326	

*standar FAO/WHO, 1993

Tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) sebelum dilakukan pengolahan sudah mengandung sianida yang tinggi yaitu sebesar 0,832 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) baik perlakuan II maupun perlakuan III konsentrasi sianida meningkat. Pada perlakuan II setelah dilakukan pengolahan dibandingkan dengan mula-mula konsentrasi sianida kangkung air (*Ipomoea aquatica*) mengalami kenaikan sebesar 1,664 mg/L dengan laju akumulasi 50% sedangkan perlakuan III sebesar 3,326 mg/L dengan laju akumulasi 74,98%. Perlakuan III mengakumulasi sianida lebih tinggi dibandingkan perlakuan II karena proses akumulasi berlangsung melalui akar yang kemudian masuk ke organ tubuh. Akar yang terdapat pada perlakuan III lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan II sehingga parameter sianida terakumulasi lebih cepat melalui akar. Hal ini membuktikan tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dapat mengakumulasi sianida dan memenuhi baku mutu yang ditetapkan setelah 16 hari.

4. KESIMPULAN

Fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dapat menurunkan parameter pencemar limbah cair tapioka. Kangkung air dapat tumbuh pada limbah cair tapioka 25%.

Pengolahan yang optimum yaitu dengan menggunakan kangkung air 200 gram. Efisiensi penyisihan pengolahan tersebut yaitu BOD₅ 81,14% hari ke-16, COD 78,57% hari ke-16, TSS 59,29% hari ke-12 dan sianida 50% hari ke-4. Parameter BOD₅, COD, pH dan sianida setelah dilakukan pengolahan memenuhi standar baku mutu SK Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Barat No. 6 tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat pada limbah cair. Pertumbuhan berat biomassa setelah 16 hari untuk kangkung air (*Ipomoea aquatica*) 100 gram mencapai 60,4% dan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) 200 gram mencapai 67,05%.

Tumbuhan kangkung air dapat mengakumulasi parameter pencemar yang berbahaya yaitu sianida. Kandungan sianida pada kangkung air (*Ipomoea aquatica*) mula-mula sebanyak 0,832 mg/kg. Kangkung air (*Ipomoea aquatica*) 100 gram setelah 16 hari mengakumulasi sianida sebesar 1,664 mg/kg dengan laju akumulasi 50% dan setelah waktu panen sebesar 3,326 mg/kg dengan laju akumulasi 74,98%. Sedangkan konsentrasi sianida pada kangkung air (*Ipomoea aquatica*) 200 gram setelah 16 hari sebesar 1,924 mg/kg dan setelah waktu panen sebesar 4,105 mg/kg. Konsentrasi sianida pada kangkung air (*Ipomoea aquatica*) tersebut masih memenuhi baku mutu FAO sehingga masih aman untuk dikonsumsi.

DAFTAR RUJUKAN

- Avlenda, E. (2009). Penggunaan Tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica*) Forsk.) Dan Genjer (*Limnocharis flava* (L.) Buch.) Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. Bandung: Tesis Pascasarjana Biologi Institut Teknologi Bandung.
- BPPI. (1986). Teknologi Pengelolaan Air Buangan Industri Tapioka. Semarang: Departemen Perindustrian. Gopal, B., & Sharma, R. P. (1981). Water Hyacinth, most troublesome Weed of the World. New Delhi: Hindasia Publisher. Harahap, R. E. (2003). Fitoremediasi. Retrieved 5 November, 2007, from <http://l.tl.bppt.tripod.com/sublab/Ifloral.htm>
- Hayati, N. (1992). Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia molesta* Mitchell) dalam Mengubah Sifat Fisika-Kimia Limbah Cair Pabrik Pupuk Urea dan Asam Formiat. Bandung: Pasca Sarjana Biologi Institut Teknologi Bandung.
- Jauhi, Wiryanto, & Setyono. (2002). Penggunaan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Mart. Solms) dalam Menurunkan Tingkat Pencemaran Limbah Cair Tapioka. *Enviro*, 2, 26
34. Nsimba, E. B. (2009). Cyanide and Cyanide Complexes in the Goldmine Polluted Land in the East and Central Rand Goldfields. Johannesburg: University of the Witwatersrand.
- Sari, M. R. (1995). Pengolahan Limbah Cair Tapioka Secara Biologis Menggunakan Eceng Gondok, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, Dan Mikroba Rizosfirnya. Bandung: Tesis Pascasarjana Biologi Institut Teknologi Bandung.
- Siswoyo, E., & Kasam. (2005). Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS dan Sianida (CN) Limbah Cair Tapioka dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Kangkung Air. *Jurnal Teknik Lingkungan Edisi Khusus*, 129-137.
- Sitompul, D. F. (2013). Pengolahan Limbah Hotel Aston Braga City Walk Menggunakan Fitoremediasi dengan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes* e.g). Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Sofiany, R. (1999). Biji Moringa oleifera Lam. Dalam Memperbaiki Sifat Fisika-Kimia Limbah Cair Penyamakan Kulit di Sukaregang, Garut. Bandung: Institut Teknologi Bandung.