

POTENSI TANAMAN MAKROHIDROFITA DAN SEMIHIDROFITA UNTUK REMEDIASI LIMBAH CAIR PABRIK TAPIOKA

Eko Rini Indriyatie

Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan

Abstract

Potensial role of a macrohydrophyte plant (*Veyivera zizanioides*) and four semihydrophyte plants (*Ipomoea aquatica*, *Cyperus iria*, *Commelina nudiflora*, *Oryza sativa*) as remediators of liquid waste of tapioca industry was tested in a glasshouse for 35 days under conditions that resemble to wet and polyculture systems. Results showed that all type of plants grew normally on media containing tapioca liquid waste. Total biomass of *Ipomoea aquatica* and polyculture grown in wet conditions were 32,35 g and 38,44 g, respectively. This were higher than those of control (30,53 g and 36,39 g). Those of *V. zizanioides*, *Cyperus iria*, *Commelina nudiflora* and *Oryza sativa* were inversely observed. However, *V. zizanioides* showed the highest tolerance index value (120,99%) compared to that of *Ipomoea aquatica* (91,21 %), *Cyperus iria* (56,62 %), *Commelina nudiflora* (89,63 %), *Oryza sativa* (83,13 %), and polyculture (62,25 %).

Key words: macrohydrophyte, tapioca liquid waste, mediator

Pendahuluan

Pabrik tapioka dalam proses produksinya menghasilkan limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Selama ini hampir semua pabrik tapioka, pengelolaan limbah cair hanya dengan cara pengendapan pada bak-bak pengendapan untuk selanjutnya di buang ke badan perairan umum. Penanganan semacam ini ternyata sangat mengganggu lingkungan khususnya lingkungan perairan.

Hasil penelitian lain menunjukkan kualitas air sungai Cijolang melebihi baku mutu, dibagian hilir kandungan sianida 1,16 mg/L (baku mutu 0,3 mg/L) dan pH 3,5 (baku mutu minimal pH 6,6). Hal ini disebabkan adanya pembuangan limbah yang tidak diolah

oleh industri tapioka di kawasan hulu sehingga menyebabkan bau busuk dan kematian biota air (Sunaryo, 2003). Kenyataan tersebut mengindikasikan bahwa kualitas limbah cair yang dibuang ke badan perairan melebihi baku mutu yang telah ditetapkan.

Beberapa pengamatan menunjukkan bahwa komposisi dari limbah cair pabrik tapioka mengandung bahan organik yang tinggi yaitu COD sebesar 7.000-14.243 mg/L, BOD sebesar 6.200-13.200 mg/L, TSS sebesar 500-3.080 mg/L, tingginya nitrogen organik dan ratio BOD/COD (Sunaryo, 2003).

Baku mutu kualitas air limbah pabrik tapioka yaitu BOD sebesar 150 mg/l, COD sebesar 300 mg/l, TSS

sebesar 100 mg/l dan sianida sebesar 0,2 mg/l (Bapedal, 2002).

Pengolahan limbah cair dapat dilakukan secara fisik/mekanis, kimia, maupun biologi. Pengolahan limbah secara fisik pada limbah cair industri tapioka, seperti telah dikemukakan di atas, ternyata kurang efektif. Pengolahan limbah secara kimia, disamping biaya mahal, juga menimbulkan resiko pencemaran oleh bahan kimia yang digunakan. Oleh karena itu pengolahan limbah secara biologi merupakan pilihan yang menjanjikan.

Penggunaan mikroorganisme, memerlukan teknologi relatif tinggi dan mahal, padahal industri tapioka di Indonesia pada umumnya merupakan industri kecil sampai industri menengah. Dengan demikian penggunaan tanaman tinggi, yang kemudian dikenal dengan istilah "fitoremediasi" yang paling sesuai dikembangkan di Indonesia.

Tanaman dapat menurunkan kandungan polutan dalam media dengan cara mengekstrak atau melakukan immobilisasi polutan dari tanah dan/atau air. Teknologi ini merupakan sebuah teknologi yang relatif baru, cukup efektif, dengan biaya relatif murah dalam pengelolaan limbah berbahaya (EPA, 2000).

Telah dibuktikan bahwa beberapa tanaman secara alami sangat efektif dalam menyerap dan mengakumulasi berbagai logam berat beracun dan zat organik dalam jaringan tanaman (Zayet *et al.*, 1998). Disamping itu, tanaman dapat menstimulasi mikrobia untuk melakukan immobilisasi logam berat dalam rhizosfer (Zhu *et al.*, 1999). Fitoremediasi bekerja dengan baik pada tempat tingkat polusinya rendah sampai sedang. Dari penelitian yang ada, tanaman-tanaman yang sangat cocok digunakan untuk fitoremediasi adalah: Duckweed (*Lemna minor* L.), Enceng

Gondok (*Eichhornia crassipes*), Salvinia (*Salvinia natans*), Hybrid Poplar (*Populus Trichocarpa*) (Baker, 1994; Rosenfielt dan Beath dalam Zayet *et al.*, 1998). Tanaman lainnya adalah *Ipomoea aquatica* *Cyperus iria* dan *Commelina nudiflora*.

Tujuan penelitian ini adalah membandingkan pertumbuhan beberapa tanaman sebagai remediator limbah cair pabrik tapioka.

Bahan dan Metode

Tanaman Akar Wangi ((*V. zizanioides* L), *Ipomoea aquatica*, *Cyperus iria*, *Commelina nudiflora*, yang merupakan tanaman makrohidrofit, dan *Oryza sativa*, yang merupakan tanaman semihidrofit. Percobaan dilakukan dalam rumah kaca dengan menggunakan pot berkapasitas 10 L. Ke lima tanaman tersebut ditanam dengan media tanah yang digenangi limbah cair industri tapioka (sistem lahan basah).

Disamping itu juga ada perlakuan polikultur, dalam arti ke 5 tanaman tersebut ditanam bersama didalam 1 pot. Ke-enam perlakuan ini diatur dalam Rancangan Acak Lengkap, dengan 3 ulangan. Sebagai pembanding, ke-enam perlakuan tersebut ditanam dalam media tanah yang digenangi aquades. Untuk tanaman pembanding hanya digunakan satu ulangan.

Sebelum tanaman diberi perlakuan, maka masing-masing di aklimatisasi selama 2 minggu dengan menanam pada tanah yang digenangi aquades. Pada akhir aklimatisasi masing-masing tanaman yang akan diperlakukan salah satunya dibongkar, dipisahkan akar dan bagian atasnya untuk dikering udarkan dan kemudian dioven pada suhu 70 °C selama 2 X 24 jam sampai bobot kering konstan sebagai biomass awal.

Tanah yang digunakan setiap pot sebanyak 5 kg, kemudian digenangi aquades atau limbah dengan tinggi

genangan 10 cm dari permukaan tanah (sistem lahan basah). Limbah cair diperoleh dari hasil proses pengendapan akhir dari pabrik tapioka PT. Sumber Timur, Kecamatan Dampit, Kabupaten Malang. Penelitian dilakukan di rumah kaca Fakultas MIPA Biologi, Universitas Brawijaya. Karakteristik kualitas limbah cair dan tanah disajikan

pada Tabel 1. Selama periode penanaman (35 hari), setiap 4 (empat) hari sekali ditambahkan aquades untuk mengganti air yang hilang akibat evapotranspirasi, dan jumlah aquades yang ditambahkan sama dengan air yang hilang.

Tabel 1. Karakteristik kualitas limbah cair dan kimia tanah yang digunakan dalam percobaan pot

	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	Sianida (mg/L)	DO (mg/L)
Tanah	-	-	-	0,7	-
Limbah Cair	3,97	2530	2870	3,38	0

Untuk pengamatan pertumbuhan tanaman, pada saat panen adalah biomasa. Untuk sample tanaman, masing-masing perlakuan yang ada tanamannya dibongkar untuk dipisahkan akar dan bagian atas, dicuci dengan air kemudian di kering oven pada suhu 70 °C selama 48 jam sampai bobot kering konstan sebagai biomasa akar, bagian atas dan total. Variabel lain adalah, Indeks Toleransi (IT) yang di peroleh dengan mengukur rasio pertumbuhan akar yang diberi polutan dibandingkan tanpa polutan (Baker, 1994), dimana pertumbuhan akar direfleksikan dengan biomas akar.

Perbaikan kualitas limbah diperoleh dengan mengukur rerata % rasio (selisih konsentrasi limbah cair sebelum fitoremediasi dan sesudah fitoremediasi)/konsentrasi limbah cair sesudah fitoremediasi (Xia *et al.*,2004).

Sifat kimia limbah diamati pada saat panen yang meliputi: pH, BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), Oksigen terlarut/DO (*Dissolved oxygen*), sianida, % perbaikan kualitas limbah cair.

Pengukuran BOD di laboratorium menggunakan kondisi optimal pada suhu 20 °C selama 5 hari. COD dianalisa dengan menggunakan Kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai oksidator kuat. Sianida dianalisa dengan metode titrimetri dengan standar titrasi silver nitrat ($AgNO_3$).

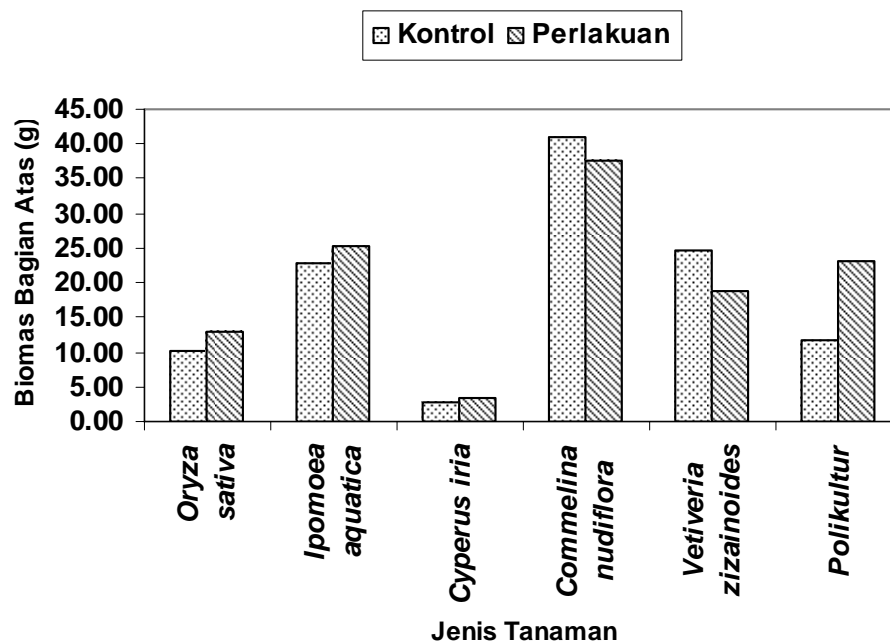
Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan tanaman sesudah proses remediasi limbah cair pabrik tapioka

Hasil pengamatan pertumbuhan tanaman, yang dalam percobaan ini dinyatakan dalam biomasa tanaman yang disajikan pada Gambar 1 dan 2. Gambar 1. memperlihatkan bahwa semua tanaman mampu tumbuh pada limbah cair pabrik tapioka yang paling rendah pertumbuhannya adalah *Cyperus iria* diikuti *Oryza sativa*, yang tertinggi *Commelina nudiflora*, sedangkan Akar Wangi (*V. zizanioides*), tanaman polikultur dan *Ipomoea aquatica* pertumbuhannya hampir sama. Apabila biomasa total perlakuan (sistim lahan basah dengan limbah cair) dibandingkan

dengan kontrol (sistem lahan maka tanaman *Commelina nudiflora* mempunyai biomasa total tanaman tertinggi baik yang ditanam pada media kontrol (60,96 g), maupun media mengandung limbah (55,43 g). Lebih lanjut, ditunjukkan bahwa biomasa total tanaman *Commelina*

nudiflora, Akar Wangi (*V. zizanioides*), *Oryza sativa* dan *Cyperus iria* yang ditanam pada media kontrol lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang ditanam pada media limbah.



Gambar 1. Biomasa total berbagai jenis tanaman yang ditanam pada tanah digenangi limbah (perlakuan) dan digenangi akuades (kontrol) sesudah proses fitoremediasi

Untuk tanaman *Ipomoea aquatica* dan polikultur yang terjadi justru sebaliknya, biomasa total tanaman yang ditanam pada media mengandung limbah cair justru lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa senyawa yang dikandung dalam limbah cair pabrik tapioka sangat mendukung pertumbuhan tanaman *Ipomea aquatica* dan sistem penanaman polikultur.

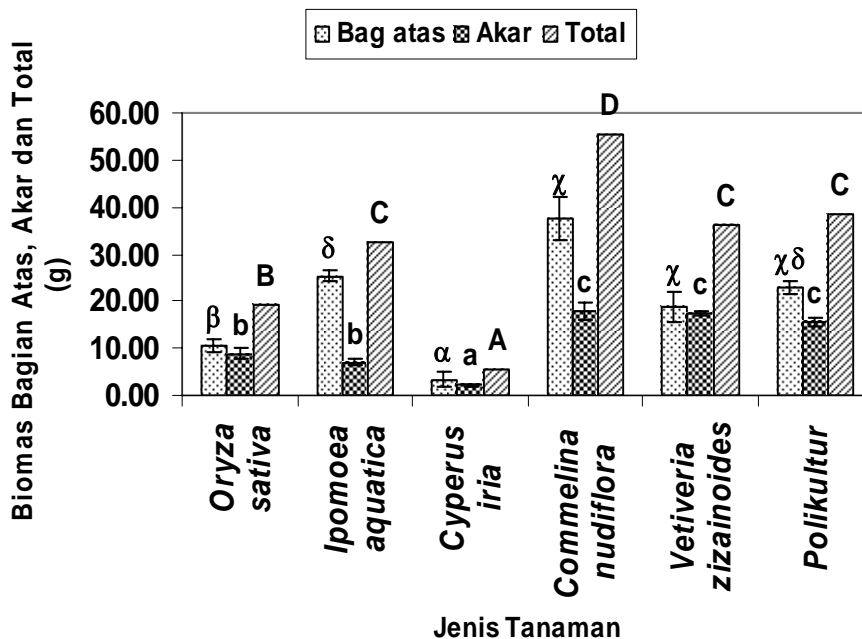
Gambar 2 menunjukkan bahwa biomasa bagian atas tanaman tertinggi diperoleh tanaman *Commelina nudiflora* (37,56 g), kemudian berturut-turut

adalah, *Ipomoea aquatica* (25,30 g), polikultur (23,04 g), Akar Wangi (*V. zizanioides* L) (18,74 g), *Oryza sativa* (10,42 g) dan *Cyperus iria* (3,42 g). Biomasa akar tertinggi didapat pada tanaman *Commelina nudiflora* (17,87 g), kemudian turut dihasilkan oleh tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L) (17,24 g), polikultur (15,40 g), *Oryza sativa* (8,83 g), *Ipomoea aquatica* (7,05 g) dan *Cyperus iria* (2,10 g). Biomasa akar tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L) dan biomasa akar polikultur yang ditanam pada tanah digenangi limbah cair pabrik tapioka

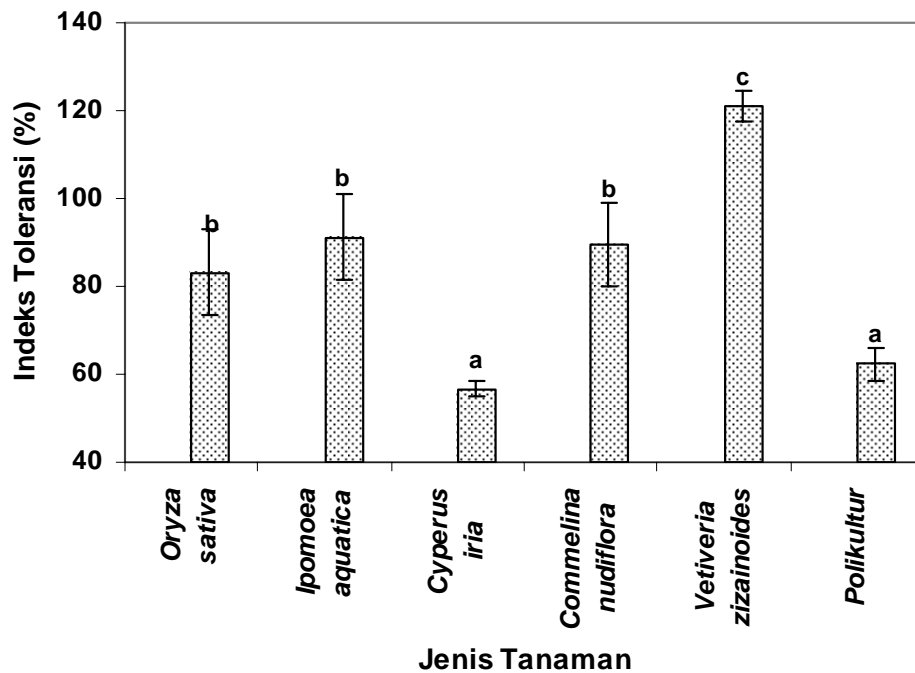
tidak berbeda. Biomasa total tertinggi juga diperoleh tanaman *Commelina nudiflora* (55,43 g) selanjutnya berturut-turut adalah polikultur (38,44 g), akar wangi (*V. zizanioides* L) (35,98 g), *Ipomoea aquatica* (32,35 g), *Oryza sativa* (19,25 g) dan *Cyperus iria* (5,52 g).

Ditinjau dari resistensi tanaman terhadap bahan metal maupun inorganik digambarkan dengan mengukur Indeks toleransi. Indeks Toleransi di peroleh dengan mengukur rasio pertumbuhan akar yang diberi polutan dibandingkan tanpa polutan (Baker, 1994). Pertumbuhan akar direfleksikan dengan biomasa akar. Hasil pengamatan yang disajikan pada Gambar 3. menunjukkan bahwa Indeks

toleransi tertinggi diperoleh dari remediasi oleh tanaman Akar Wangi (*V. zizanioides* L) sebesar 120, 99 %, diikuti *Ipomoea aquatica* 91,21 %, *Commelina nudiflora* 89,63 %, *Oryza sativa* 83,13 %, polikultur 62,35 %, *Cyperus iria* 56,62 %. Tingginya indeks toleransi tanaman Akar Wangi pada percobaan ini membuktikan bahwa tanaman ini mampu tumbuh dan resisten pada kondisi lingkungan kurang baik yaitu pH (3,9), konsentrasi sianida (3,97 mg/L), BOD (2530 mg/L), COD (2870 mg/L) dan DO sangat rendah. Hal ini sesuai dengan pendapat Truong (2001) bahwa tanaman Akar Wangi dapat tumbuh pada tanah/ media (pH 3 – 9) dan toleran pada lahan tercemar.



Gambar 2. Rerata biomasa akar, bagian atas, total berbagai jenis tanaman sesudah proses fitoremediasi.



Gambar 3. Rerata Indeks Toleransi (%) berbagai jenis tanaman sesudah proses fitoremediasi.

Kualitas limbah cair tapioka setelah panen

Secara umum semua tanaman yang digunakan untuk meremediasi limbah cair pabrik tapioka menunjukkan perbaikan yang ditandai dengan penurunan konsentrasi BOD, COD, sianida dan peningkatan DO dan nilai pH larutan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa dalam percobaan ini, ke 6 (enam) perlakuan berbeda sangat nyata terhadap DO, BOD, COD, dan kandungan sianida ($P \leq 0,01$) dan berbeda nyata terhadap pH ($P \leq 0,05$). Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*) merupakan kebutuhan dasar untuk kehidupan tanaman dan hewan dalam air.

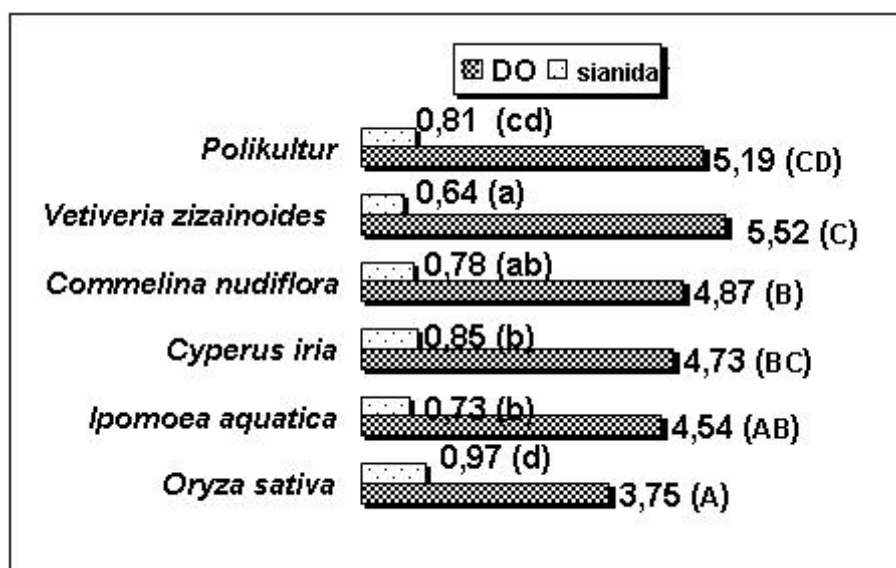
Gambar 4 menunjukkan bahwa keberadaan kelima jenis tanaman dan perlakuan tanaman polikultur mampu

meningkatkan DO dari 0 menjadi 3,75 - 5,52 mg/L. Peningkatan konsentrasi DO karena adanya hasil proses fotosintesa tanaman air dan algae (Fardiaz, 1992). Konsentrasi DO tertinggi sampai terendah adalah tanaman Akar Wangi (*V. zizanioides* L) 5,52 mg/L, diikuti oleh tanaman polikultur 5,19 mg/L, *Commelina nudiflora* 4,87 mg/L.

Cyperus iria 4,73 mg/L, *Ipomoea aquatica* 4,54 mg/L dan tanaman Padi (*Oryza sativa*) 3,75 mg/L. Peningkatan DO tertinggi terjadi pada tanaman *V. zizanioides* L dari 0 menjadi 5,52 mg/L selama 35 hari. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman *V. zizanioides* mampu menciptakan kondisi yang lebih baik dan dapat menciptakan kondisi yang lebih mikriaerofilik bagi kehidupan mikroorganisme dan biota air dibandingkan tanaman lain. Hal ini

sesuai dengan hasil penelitian Truong (2001) bahwa tanaman Akar Wangi mampu mengolah limbah domestik dari limbah buangan toilet dan

meningkatkan DO kurang 1 mg/L menjadi 8 mg/L dalam waktu empat minggu secara hidroponik.



Gambar 4. Rerata konsentrasi DO dan sianida (mg/L) limbah fitoremediasi berbagai berbagai jenis tanaman.

Hasil pengamatan yang disajikan pada Gambar 4. menunjukkan bahwa semua jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian ini mampu menurunkan konsentrasi sianida dalam limbah cair pabrik tapioka dari 3,38 mg/L turun menjadi 0,98 – 0,64 mg/L (71–81 %). Penurunan konsentrasi sianida terendah sampai tertinggi berturut-turut adalah tanaman

Padi (*Oryza sativa*) 0,97 mg/L, *Cyperus iria* 0,85 mg/L, tanaman polikultur 0,81 mg/L, *Commelina nudiflora* 0,78 mg/L, *Ipomoea aquatica* 0,78 mg/L, *V. zizanioides* L 0,64 mg/L. Sianida merupakan anion yang mengandung unimolar atom karbon dan nitrogen terikat kuat dan bersifat sangat

komplek pada konsentrasi rendah, dan beracun (Harrison, 2002). Bahan kimia yang bersifat racun akan berbahaya bagi kehidupan biota darat dan perairan. Semua jenis sianida dianggap bahan sangat beracun (Young dan Jordan, 1996).

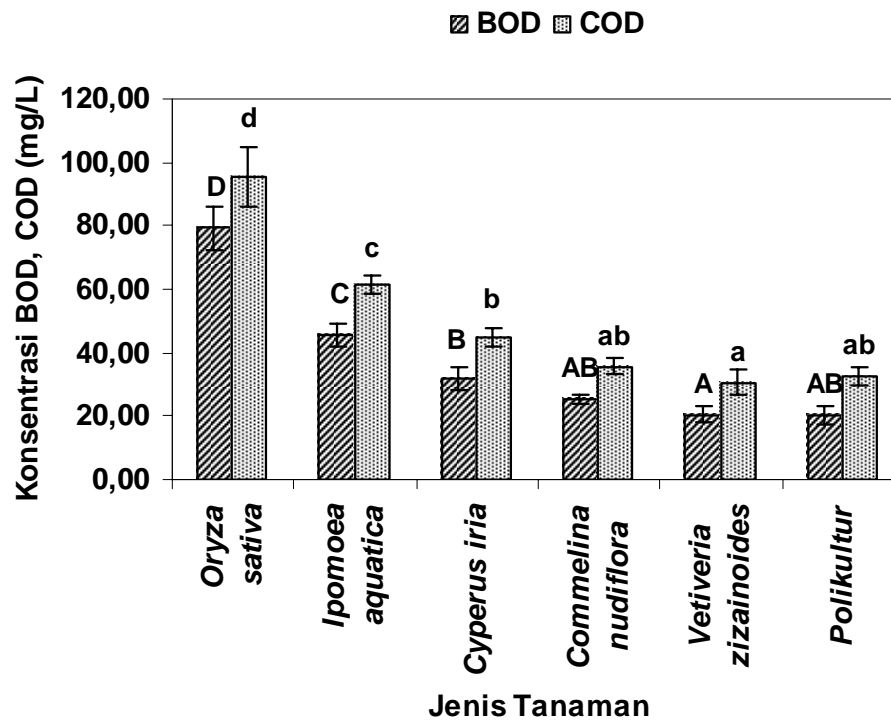
Dari 6 (enam) perlakuan, *V. zizanioides* L mampu menurunkan sianida tertinggi dari 3,38 mg/L menjadi 0,64 mg/L (81 %) dan diikuti peningkatan konsentrasi DO dari 0 menjadi 5,52 mg/L dibandingkan tanaman lain. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman Akar Wangi mampu tumbuh pada lingkungan yang kurang baik (Truong, 2001) .

Biological Oxygen Demand (BOD) menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air. *Chemical Oxygen Demand* (COD) menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidasi untuk mengoksidasi bahan-bahan organik di dalam air.

Pada Gambar 5. dapat dilihat bahwa untuk ke 5 (lima) jenis tanaman mampu menurunkan konsentrasi BOD dari 2530 mg/L menjadi 79,33 – 20 mg/L (96,9 – 99,3 %) dan COD dari 2870 mg/L menjadi 95,67 -32,67 mg/L (96,7 – 98,9 %). Konsentrasi BOD

tertinggi sampai terendah berturut-turut adalah tanaman Padi (*Oryza sativa*) 79,33 mg/L, *Ipomoea aquatica* 45,33 mg/L, *Cyperus iria* 31,67 mg/L, *Commelin nudiflora* 25,33 mg/L, *V. zizanioides* L 20,33 mg/L dan tanaman polikultur 20 mg/L.

Konsentrasi COD tertinggi sampai terendah berturut-turut adalah tanaman Padi (*Oryza sativa*) 95,67 mg/L, *Ipomoea aquatica* 61,33 mg/L, *Cyperus iria* 44,67 mg/L, *Commelina nudiflora* 35,67 mg/L, polikultur 32,67 mg/L dan tanaman Akar Wangi (*V. zizanioides* L) 30,67 mg/L.



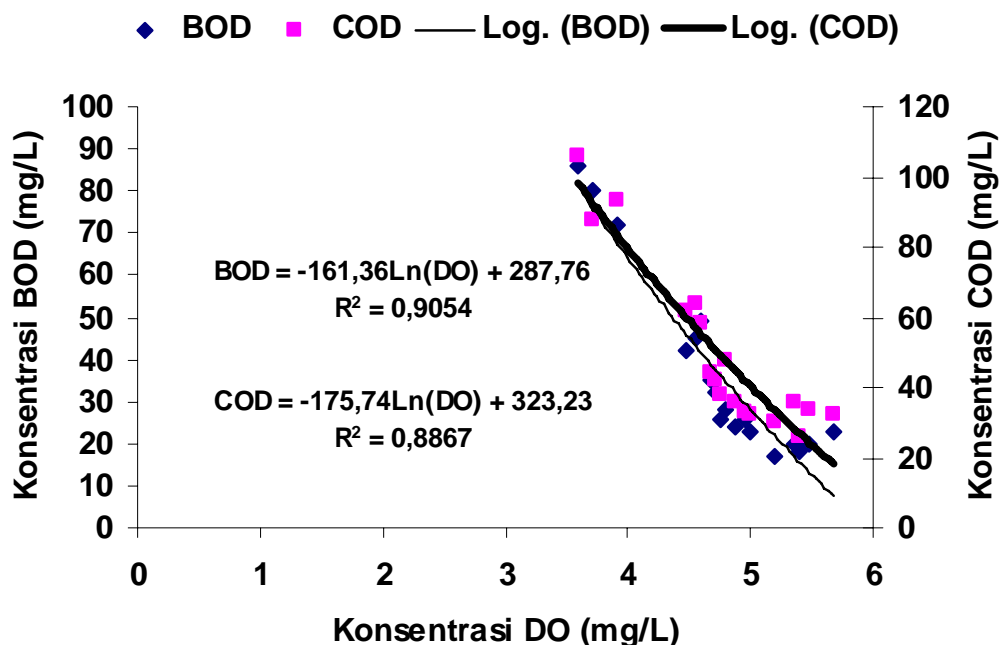
Gambar 5. Rerata konsentrasi BOD dan COD (mg/L) limbah fitoremediasi berbagai jenis tanaman.

Hasil pengamatan yang disajikan Gambar 5. menunjukkan bahwa tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L) mempunyai tingkat penurunan konsentrasi COD tertinggi yaitu sebesar 98,93 % di ikuti dengan penurunan konsentrasi BOD sebesar 99,2 %. Namun demikian remediasi ke lima jenis tanaman dan perlakuan penanaman polikultur mempunyai pola yang sama terhadap perubahan rerata konsentrasi BOD dan COD, dimana penurunan konsentrasi BOD berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi COD. Hal ini ditunjukkan dengan adanya korelasi yang sangat erat antara konsentrasi BOD dan COD ($r = 0,981^{**}$).

Penurunan konsentrasi BOD dan COD terjadi karena adanya degradasi polutan (amilum dan sianida) oleh

mikroorganismenya sehingga menyebabkan berkurangnya jumlah polutan. Mikroorganismenya menggunakan oksigen terlarut dalam proses degradasinya. Berkurangnya jumlah polutan sampai akhir remediasi menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut yang digunakan mikroorganismenya untuk mendegradasi, sehingga menyebabkan sisa oksigen terlarut (DO) dalam limbah cair menjadi meningkat.

Jadi perubahan konsentrasi DO akan mempengaruhi perubahan konsentrasi BOD dan COD. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 6. bahwa peningkatan konsentrasi DO akan menurunkan konsentrasi BOD secara logaritmik dengan koefisien determinasi/ $R^2 = 0,91$ dan COD dengan $R^2=0,89$ secara logaritmik.



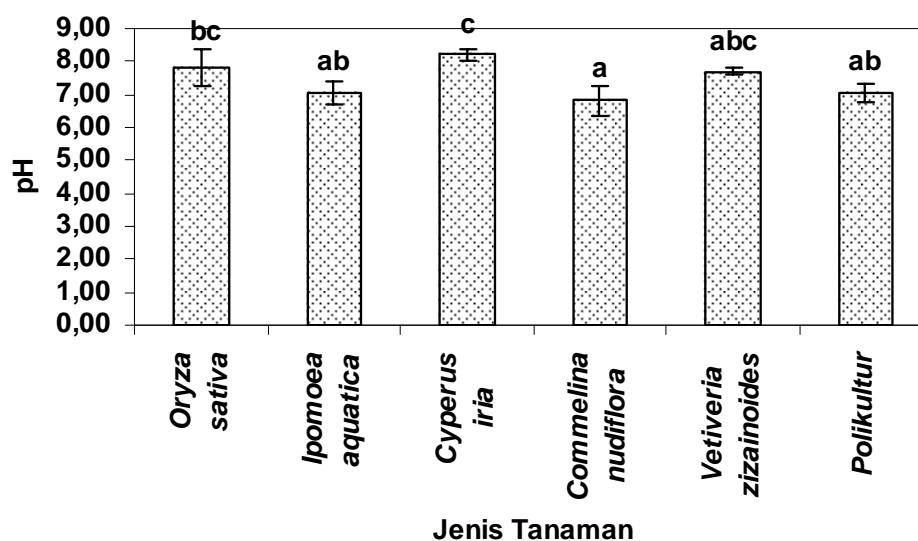
Gambar 6. Pola hubungan antara konsentrasi DO (mg/L) dengan konsentrasi COD dan BOD (mg/L)

Pada Gambar 7. hasil pengamatan menunjukkan bahwa semua jenis tanaman mampu meningkatkan pH larutan dari sifat asam yaitu 3,97 menjadi mendekati netral sampai basa, berturut-turut untuk *Commelina nudiflora* 6,81; tanaman polikultur 7,05; *Ipomoea aquatica* 7,05; *Vetiveria zizanioides* L 7,7; Padi (*Oryza sativa*) 7,80 dan *Cyperus iria* 8,23. Peningkatan pH oleh ke lima jenis tanaman dan perlakuan penanaman polikultur membuktikan bahwa tanaman dengan keberadaan akarnya dan proses metabolisme dapat membuat lingkungan mikro lebih baik.

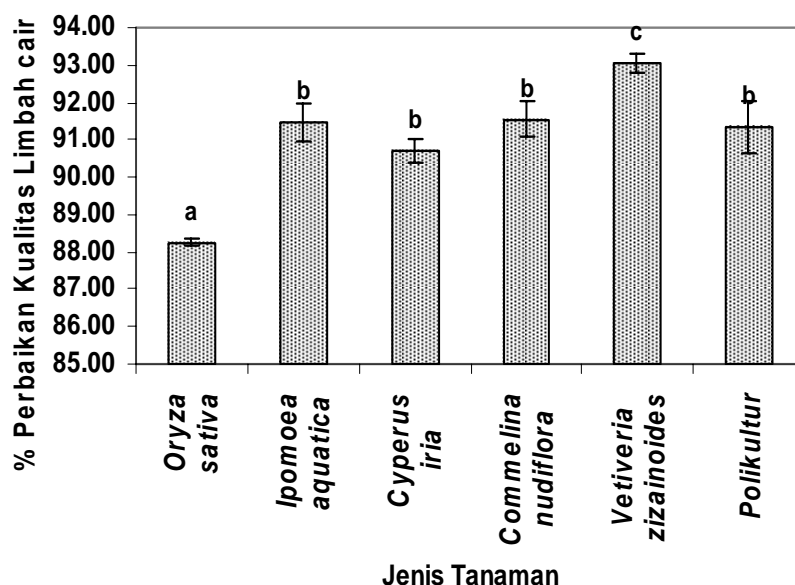
Dilihat dari aspek kemampuan tanaman memperbaiki kualitas limbah cair tapioka, dalam penelitian ini ke lima jenis tanaman memperlihatkan

kemampuan- nya memperbaiki kualitas limbah cair. Pada Gambar 8. dapat dilihat bahwa rerata perbaikan kualitas limbah cair (BOD,COD dan sianida) tertinggi adalah *V. zizanioides* L (93,06 %), diikuti oleh *Commelina nudiflora* (91,56 %), *Ipomoea aquatica* (91,49 %), tanaman polikultur (91,34 %), *Cyperus iria* (90,71 %), dan terendah padi (*Oryza sativa*) (88,24 %).

Tingginya perbaikan kualitas limbah cair pabrik tapioka oleh tanaman Akar Wangi (*V. zizanioides* L) dibandingkan tanaman lain pada percobaan ini menunjukkan bahwa tanaman Akar Wangi (*V. zizanioides* L) merupakan tanaman yang paling baik di gunakan sebagai remediator.



Gambar 7. Rerata pH larutan pada limbah fitiremediasi berbagai jenis tanaman



Gambar 8. Rerata % perbaikan kualitas limbah cair (BOD,COD dan sianida) sesudah fitoremediasi berbagai jenis tanaman.

Kesimpulan

Semua tanaman yang digunakan dalam percobaan ini, yaitu: Tanaman Akar Wangi (*V. zizanioides* L), *Ipomoea aquatica*, *Cyperus iria*, *Commelina nudiflora*, *Oryza sativa*, dan polikultur dapat tumbuh pada media yang mengandung limbah cair pabrik tepung tapioka. Biomas total tanaman *Ipomoea aquatica* dan polikultur yang ditanam dengan sistem lahan basah yang diberi limbah berturut-turut 32,35 g dan 38,44 g lebih tinggi dibandingkan kontrol (30,53 g dan 36,39 g), sedangkan tanaman Akar Wangi (*V. zizanioides* L), *Cyperus iria*, *Commelina nudiflora*, *Oryza sativa*, sebaliknya. Namun dilihat dari tingkat toleransi terhadap limbah cair, yang dinyatakan dalam "Indeks toleransi", maka tanaman Akar Wangi (*V. zizanioides* L) mempunyai nilai tertinggi yaitu 120, 99 % dibandingkan tanaman *Ipomoea aquatica* (91,21 %), *Cyperus iria* (56,62 %),

Commelina nudiflora (89,63 %), *Oryza sativa* (83,13 %), dan polikultur ((62,25 %)).

Ditinjau dari kualitas limbah, tanaman Akar Wangi (*V. zizanioides* L) mampu memperbaiki kualitas limbah cair pabrik tapioka lebih baik (93,06 %) dibandingkan tanaman *Ipomoea aquatica*, *Cyperus iria*, *Commelina nudiflora*, *Oryza sativa*, dan polikultur selama 37 hari dengan sistem lahan basah.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bagian Kerumatanggaan Universitas Tribhuwana Tungadewi, Malang atas perkenannya menggunakan Rumah Kaca

Daftar Pustaka

Baker, R. 1994. Accumulation and excludert strategis in the respon of plant to heavy metals. J.Plant Nutr. 3:643-654.

- Bapedal. 2002. Baku mutu limbah cair bagi industri atau kegiatan usaha lainnya di Jawa Timur. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, Propinsi Jawa Timur.
- Environmental Protection Agency. 2000. Introduction to phytoremediation. National Risk Management Research Laboratory, Ohio, EPA/600/R-99/107.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius, Yogyakarta.
- Harrison. J. 2002. Pollution: Causes, Effect and Control. Royal Society of chemistry, Birmingham.
- Maier, R.M, Peper, I.L. and Gerba, C.P. 2000. Environmental Microbiology. Academic Press, San Fransisco.
- Sunaryo. 2003. Pencemaran air sungai cijolang. BAPEDALDA, Jawa Barat.
- Truong, P. 2001. Vetiver grass technology. a tool environmental degradation and desertification in iiberia. Resource Sciences Centre Queensland Department of Natural Resources Brisbane, Australia. np.
- Xia H.P, Liu, S.Z. and Ao, H.X. 2004. Study purification and uptake of vetiver grass to garbage leachate. Proceedings of the second International Conference on Vetiver. Office of the Royal Development Project Board, Bangkok. 393-403.
- Young, A. dan Jordan, B. 1996. Cyanide remediation: Current and Past Technologies. Proceedings of the 10th Annual Conference on Hazardous Waste Research. Department of Metallurgical Engineering Montana Tech, Butte.
- Zayed, A., Gowthaman, S. and Terry, N. 1998. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I. Duckweed. J. Environ. Qual. 27:715-721.
- Zhu Y.L., Zayet, A.M. Qian, J.H., de Souza, M. and Terry, N. 1999. Phytoaccumulation of Trace Elements by Wetland Plants: II. Water Hyacinth . J.Environ. Qual. 28:339-344.