

## PENGARUH UMUR DAN SISTIM PENANAMAN AKAR WANGI (*Vetiveria zizanioides* L.) DALAM PERBAIKAN KUALITAS LIMBAH CAIR PABRIK TAPIOKA

Eko Rini Indriyatie<sup>1)</sup>, E. Handayanto<sup>2)</sup> dan W.H. Utomo<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan

<sup>2)</sup> Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

---

### Abstract

A series of experiment had been conducted to elucidate the effects of age and planting system of fragrant root (*Vetiveria zizanioides*) in improving quality of tapioca industry liquid waste. Eight treatments generated from two planting systems, i.e. hydroponics system (To) and wetland system (T1), and four levels of plant age, i.e. 7 days after planting (LiV1), 45 days after planting (L1V45), 60 days after planting (L1V60), and 75 days after planting (L1V75), were arranged in a randomized block design with three replicates. pH, BOD, COD, DO and CN values were measured periodically for 61 days. Results of the study showed that various age of fragrant root plant were capable of reducing BOD, COD and CN concentrations, as well as increasing DO concentration and pH value for the two planting systems. During remediation process, the LiV75 treatment at wetland system produced better quality of tapioca liquid waste than that of hydroponics system..

*Key words: phytoremediation, Vetiveria zizanioides, water quality*

---

### Pendahuluan

Tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) terbukti mampu meremediasi limbah cair pabrik tapioka (Indriyatie, 2007). Namun demikian, faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan tanaman dalam perbaikan kualitas limbah masih belum dipahami. Pemahaman ini sangat diperlukan agar penggunaan *Vetiveria zizanioides* dalam perbaikan kualitas limbah cair industri tapioka dapat memberi hasil yang optimum. Perkembangan akar dan biomasa *Vetiveria zizanioides* terus bertambah sejalan dengan pertambahan umur tanaman. Pola pertumbuhan akar

pada awal pertumbuhan berjalan agak lambat, kemudian sangat cepat, dan setelah itu relatif konstant (Truong, 2001). Dengan demikian, umur *Vetiveria zizanioides* akan sangat menentukan kemampuannya dalam mengurangi beban bahan pencemar limbah.

Beberapa hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kemampuan tanaman remediator untuk mengurangi polutan dipengaruhi oleh sistim penanaman dan keragamannya (performance), terutama yang berkaitan dengan anatomis-morphologis tanaman, pertumbuhan tanaman (kedalaman, struktur, sistim perakaran dan biomassa yang dihasilkan, pertumbuhan cepat)

dan proses-proses fisiologis dalam tanaman, mampu mengekstrak dan menghasilkan bahan pencemar dari beracun menjadi tidak dan kurang beracun (Environmental Protection Agency, 2001). Hasil penelitian Zheng *et al.* (1998) di China tentang aplikasi penggunaan *Vetiveria zizanioides* untuk purifikasi limbah dengan *floating system*, menunjukkan bahwa selama 4 minggu *Vetiveria zizanioides* tumbuh normal dalam sungai yang tercemar oleh limbah domestik, air kolam dan air minum, tetapi yang paling baik tumbuh pada sungai yang tercemar. Kejernihan air sungai dan kolam meningkat setelah setelah ditanami *Vetiveria zizanioides*.

Hasil penelitian di China oleh Xuhui *et al.* (2002) tentang pengaruh *Vetiveria zizanioides* dalam menyaring limbah cair dari *pig farm* dengan sistem *bamboo float* menunjukkan bahwa *Vetiveria zizanioides* dapat bertahan paling sedikit 10 – 12 bulan dalam limbah cair dengan COD < 400 mg/ L, dan BOD < 150 mg/ L. Bagian atas dan akar tanaman yang muda tumbuh 3 – 7 hari setelah diberi perlakuan limbah cair. Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa setelah 75 hari, *Vetiveria zizanioides* sangat efektif dalam menyaring limbah buangan pada sistim lahan basah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh umur *Vetiveria zizanioides* dalam perbaikan kualitas limbah cair pabrik tapioka dan pengaruh sistim penanaman *Vetiveria zizanioides* dalam perbaikan kualitas limbah cair pabrik tapioka.

### Bahan dan Metode

Percobaan dilaksanakan dengan menanam akar wangi (*Vetiveria zizanioides*) di rumah kaca pada berbagai umur tanaman dan sistim penanaman.

Tanaman awal yang digunakan tinggi 30 cm dan panjang akar 5 cm dengan jumlah tunas awal 4 (empat). Umur tanaman yang digunakan: 7 HST, 45 HST, 60 HST dan 75 HST. Limbah cair yang digunakan adalah limbah cair tanpa pengenceran (Indriyatie, 2007). Untuk membandingkan kualitas limbah terhadap media tanam maka ditambahkan perlakuan sistim hidroponik tanpa tanaman dan sistim lahan basah tanpa tanaman. Dalam sistem lahan basah, akar wangi ditanam pada media tanah yang digenangi limbah cair dengan tinggi genangan 10 cm di atas permukaan tanah. Dalam sistim hidroponik, akar wangi ditanam pada limbah cair tanpa tanah. Pot yang digunakan adalah PVC dengan volume 25 L yang diisi 14 kg tanah lapisan atas dengan kandungan sianida 0,7 mg/L. Volume limbah yang digunakan untuk perlakuan tanpa tanah sebanyak 8 L.

Limbah cair yang digunakan adalah limbah cair yang akan dibuang ke badan air sesudah melalui proses pengendapan. Karakteristik kualitas limbah cair: pH=3,96; COD=3840 mg/L; BOD=3390 mg/L; DO=0 mg/L; sianida=4,2 mg/L; TSS=7702 mg/L, N=247 mg/L, P=32,58 mg/L dan K=59 mg/L.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial 2 (dua) faktor, meliputi: Faktor 1 adalah sistim penanaman yang terdiri dua level, yaitu T0: sistim hidroponik dan T1: sistim lahan basah. Faktor 2 adalah umur tanaman terdiri atas empat level, yaitu L1V7: 7 HST; L1V45: 45HST; L1V60: 60 HST; dan L1V75: 75 HST. Untuk membandingkan kualitas limbah terhadap media tanam maka ditambahkan perlakuan sistim hidroponik dan sistim lahan basah

tanpa tanaman (L1V0). Setiap kombinasi perlakuan diulang lima kali. Selama periode penanaman, masing-masing pot ditambahkan aquades setiap empat hari sekali untuk mengganti air yang hilang akibat transpirasi dan penguapan, tetapi jumlah air yang ditambahkan sama dengan air yang hilang.

Pengamatan tanaman dan limbah cair dilakukan secara periodik selama 61 hari yang meliputi: sifat kimia limbah cair, pertumbuhan dan kandungan bahan pencemar dalam tanaman dan tanah. Sifat kimia limbah yang diukur adalah pH, BOD, COD, DO, dan sianida dengan menggunakan metode yang sama dengan Indriyatie (2007). Pengukuran pH dilakukan setiap 2 hari sekali. Pengukuran variabel BOD, COD, DO dan sianida dilakukan setiap 6 hari sekali secara komposit dihitung sesudah hari ke 4 pemberian limbah cair. Variabel tanaman yang diukur adalah: biomassa akar, bagian atas dan total, % purifikasi dan jumlah yang dipindahkan (BOD, COD, DO, sianida).

## Hasil dan Pembahasan

### *Pertumbuhan tanaman akar wangi*

Selama 61 hari proses remediasi limbah cair pabrik tapioka, akar wangi pada sistim lahan basah tidak menunjukkan gejala keracunan dan 100% mampu tumbuh (Tabel 1). Biomassa total tertinggi dihasilkan oleh akar wangi umur 75 HST (226,6 g) diikuti oleh 60 HST (126,58 g), 45 HST (72,56 g), dan 7 HST (9,82 g). Hal ini karena biomassa total berbanding lurus dengan umur tanaman. Pada umur 75 HST pada sistim lahan basah (T1L1V75) mempunyai biomassa lebih besar dibandingkan tanpa diberi limbah pada

umur yang sama (T1L0V75). Hal ini diduga sifat dari ekosistem lahan basah yang mampu secara alamiah menghilangkan sifat toksisitas limbah dan dengan kandungan nutrisi dari limbah cair mampu mendukung pertumbuhan akar wangi.

Tabel 1. Rerata Biomassa Akar, Bagian Atas dan Total (g) *Vetiveria zizanoides* sesudah fitoremediasi selama 61 hari

Perlakuan	Biomassa (g)		
	Akar	Bagian Atas	Total
T1L1V7	2,13	7,69	9,82
T1L1V45	34,10	38,46	72,56
T1L1V60	50,86	75,72	126,58
T1L1V75	125,06	101,54	226,60
T1L0V75	101,53	74,98	176,50

Keterangan: - =Tanaman mengalami kematian. T1=sistim lahan basah, T0=sistim hidroponik; L1V0=tanpa tanaman, L1V7=umur tanaman 7 HST, L1V45=umur tanaman 45 HST, L1V60=umur tanaman 60 HST, L1V75=umur tanaman 75 HST.

Hasil penelitian Xia *et al.* (2004) membuktikan bahwa penyaringan limbah minyak yang mempunyai kandungan bahan pencemar organik dan inorganik oleh akar wangi pada sistim lahan basah, secara gradual meningkat dengan cepat pertumbuhannya dan mempunyai biomassa lebih besar dibandingkan yang tumbuh pada air bersih. Sebaliknya pada sistim hidroponik, remediasi limbah cair pabrik tapioka semua variasi umur sejak minggu kedua setelah pemberian limbah menunjukkan gejala keracunan dan pada akhirnya mengalami kematian sampai pada saat panen. Hal ini diduga pada sistim hidroponik dengan kondisi defisit oksigen keberadaan sianida dalam jaringan tanaman semakin menghambat terjadinya respirasi yang pada akhirnya menyebabkan kematian.

Menurut Taiz dan Zeiger (2002) pada kondisi aerob, keberadaan sianida menyebabkan resistensi respirasi hanya sebesar 10 – 25%. Selain itu sianida yang masuk lewat akar dalam keadaan anaerob akan menghambat masuknya oksigen ke dalam sel sehingga menghambat pembelahan mitosis yang pada akhirnya akan menyebabkan kematian bagi tanaman.

#### *Kualitas limbah cair sesudah proses remediasi*

Kualitas limbah cair dengan berbagai variasi umur tanaman dan sistim penanaman pada hari ke-60. Selama proses remediasi, semakin tua umur tanaman maka konsentrasi BOD, COD dan sianida semakin menurun, dan sebaliknya terjadi peningkatan terhadap konsentrasi DO pada kedua sistim penanaman (Gambar 1). Untuk semua variasi umur tanaman, sistim lahan basah (T1) mempunyai konsentrasi BOD, COD, sianida dan DO lebih baik dari pada sistim hidroponik.

Konsentrasi BOD hasil remediasi berbagai variasi umur menurun dari 3390 mg/L menjadi 445 – 6 mg/L untuk sistim lahan basah dan 618 – 265 mg/L untuk sistim hidroponik (Gambar 1A). Pada sistim lahan basah dan hidroponik, umur tanaman 75 HST (L1V75) menurunkan konsentrasi BOD secara signifikan dibandingkan umur 60 HST (L1V60), 45 HST (L1V45), 7 HST (L1V7) dan tanpa tanaman (L1V0) (Gambar 1A). Pada sistim lahan basah pada akhir remediasi, konsentrasi BOD pada umur tanaman 75, 60 dan 45 HST sudah memenuhi nilai baku mutu yang ditetapkan dibandingkan tanpa tanaman. Pada sistim hidroponik, konsentrasi BOD semua variasi umur tanaman belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Nilai BOD terbaik diperoleh dari hasil remediasi akar

wangi pada umur 75 HST dengan sistim lahan basah (T1L1V75) yaitu sebesar 6 mg/L sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan untuk limbah cair pabrik tapioka (Gambar 1A).

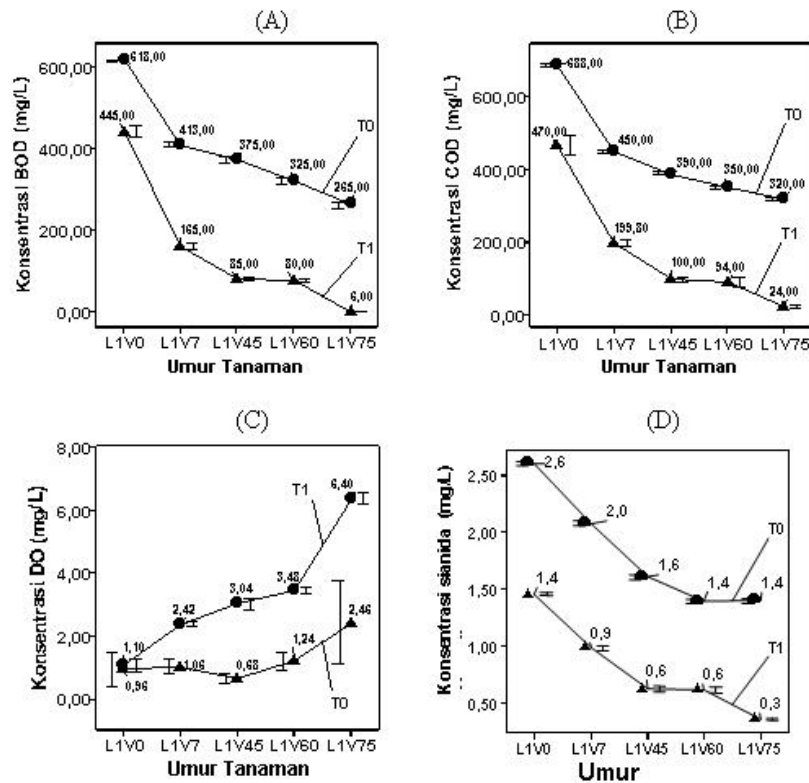
Seperti halnya konsentrasi BOD, konsentrasi COD pada akhir remediasi semua variasi umur cenderung menurun secara signifikan pada kedua sistim penanaman COD menurun dari 3840 mg/L menjadi 470 – 24 mg/L untuk sistim lahan basah dan 688 – 320 mg/L untuk sistim hidroponik (Gambar 1B). Pada sistim lahan basah, konsentrasi COD semua variasi umur tanaman sudah memenuhi baku mutu dibandingkan tanpa tanaman (L1V0). Pada sistim hidroponik, konsentrasi COD semua variasi umur belum memenuhi baku mutu. Nilai COD terbaik diperoleh dari hasil remediasi akar wangi 75 HST dengan sistim lahan basah yaitu sebesar 24 mg/L sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan untuk limbah cair pabrik tapioka.

Konsentrasi DO pada sistim lahan basah pada umur tanaman 75 HST (L1V75) meningkatkan konsentrasi DO secara signifikan dibandingkan umur 60 HST (L1V60), 45 HST (L1V45), 7 HST (L1V7) dan tanpa tanaman (L1V0) (Gambar 1C). Pada sistim hidroponik, konsentrasi DO pada umur tanaman 75 dan 60 HST tidak menunjukkan perbedaan, demikian juga antara umur 60 HST dengan 45 HST, 7 HST dan tanpa tanaman.

Pada sistim lahan basah, konsentrasi DO meningkat lebih baik (dari tidak terdeteksi menjadi 6,4 mg/L) dari pada sistim hidroponik (dari tidak terdeteksi menjadi 2,45 mg/L). Nilai konsentrasi DO terbaik diperoleh dari hasil remediasi akar wangi pada umur 75 HST dengan sistim lahan basah (T1L1V75) yaitu sebesar 6,4 mg/L

sudah memenuhi baku mutu kualitas air

golongan B dan C.

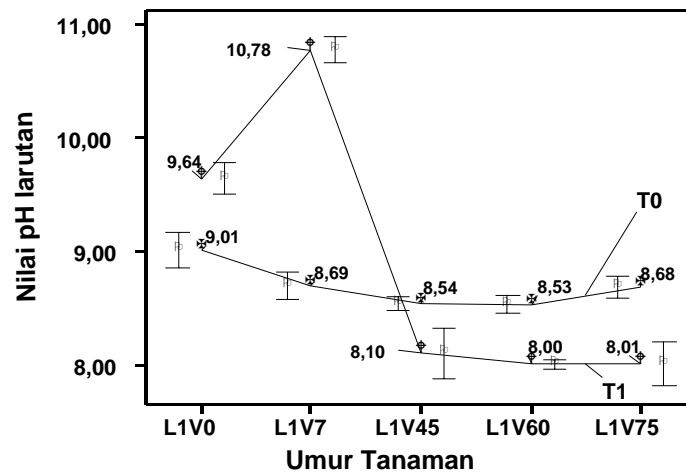


Gambar 1. Konsentrasi BOD (A), COD (B), DO (C) dan sianida larutan (D) (mg/L) limbah cair tapioka hasil remediasi *Vetiveria zizanioides* hari ke 61. (bar menunjukkan standart deviasi. Titik/garis menunjukkan rerata dari 5 ulangan. T1=sistim lahan basah, T0=sistim hidroponik; L1V0=tanpa tanaman, L1V7=umur tanaman 7 HST, L1V45=umur tanaman 45 HST, L1V60=umur tanaman 60 HST, L1V75=umur tanaman 75 HST)

Sampai akhir remediasi konsentrasi sianida pada kedua sistim penanaman untuk semua variasi umur belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan, namun pada sistim lahan basah konsentrasi sianida lebih baik dan mendekati baku mutu dibandingkan sistim hidroponik (Gambar 1D). Pada sistim lahan basah, umur tanaman 75 HST (L1V75) cenderung menurunkan konsentrasi sianida secara signifikan dibandingkan umur 60 HST (L1V60), 45 HST (L1V45), 7 HST (L1V7) dan tanpa tanaman (L1V0), namun pada umur tanaman 45 HST dan 60 HST penurunannya tidak signifikan. Pada

sistim hidroponik, umur tanaman 75 HST dan 60 HST penurunannya tidak signifikan, tetapi konsentrasi sianida keduanya berbeda secara signifikan terhadap umur tanaman 45 HST, 7 HST dan tanpa tanaman. Nilai konsentrasi sianida terbaik diperoleh dari hasil remediasi akar wangi pada umur 75 HST dengan sistim lahan basah (T1L1V75) yaitu sebesar 0,36 mg/L. Sistim lahan basah dan hidroponik pada semua variasi umur mampu meningkatkan nilai pH bersifat asam (3,96) menjadi lebih basa (8,01-8,36) (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa variasi tanaman mampu

menciptakan iklim mikro bagi kehidupan biota air.



Gambar 2. pH larutan limbah cair pabrik tapioka hasil remediasi akar wangi hari ke 61. (Bar menunjukkan standart deviasi. Titik/garis menunjukkan rerata dari 5 ulangan. T1=sistim lahan basah, T0=sistim hidroponik; L1V0=tanpa tanaman, L1V7=umur tanaman 7 HST, L1V45=umur tanaman 45 HST, L1V60=umur tanaman 60 HST, L1V75=umur tanaman 75 HST)

Secara keseluruhan, kualitas limbah cair yang meliputi BOD, COD, DO dan sianida pada sistim lahan basah untuk tanaman berumur 75 HST lebih menunjukkan perbaikan dibandingkan sistim hidroponik. Hal ini diduga karena pada umur 75 HST tanaman mempunyai biomassa akar lebih besar dibandingkan umur tanaman lainnya, sehingga semakin tinggi biomassa akar maka semakin besar dalam menciptakan iklim mikro yang lebih baik bagi kehidupan biota perairan seperti algae dan bakteri pendegradasi. Konsentrasi DO yang meningkat akibat adanya respirasi akar dan algae dimana akan dimanfaatkan oleh bakteri pendegradasi untuk mendegradasi bahan organik yang pada akhirnya akan menurunkan konsentrasi BOD dan COD. Pada gilirannya, menurunnya BOD menyebabkan DO kembali meningkat karena terjadi penurunan jumlah bakteri

pendegradasi sebagai akibat penurunan jumlah bahan organik.

Selain itu, karena akar wangi merupakan tanaman semihirofita dimana habitatnya di areal tergenang seperti lahan basah yang merupakan peralihan lahan darat dan air. Ekosistim lahan basah memiliki kemampuan alamiah untuk menghilangkan berbagai jenis limbah pada beberapa tingkat efisiensi. Hal ini diduga pada sistim hidroponik dengan kondisi defisit oksigen keberadaan sianida dalam jaringan tanaman semakin menghambat terjadinya respirasi yang pada akhirnya menyebabkan kematian.

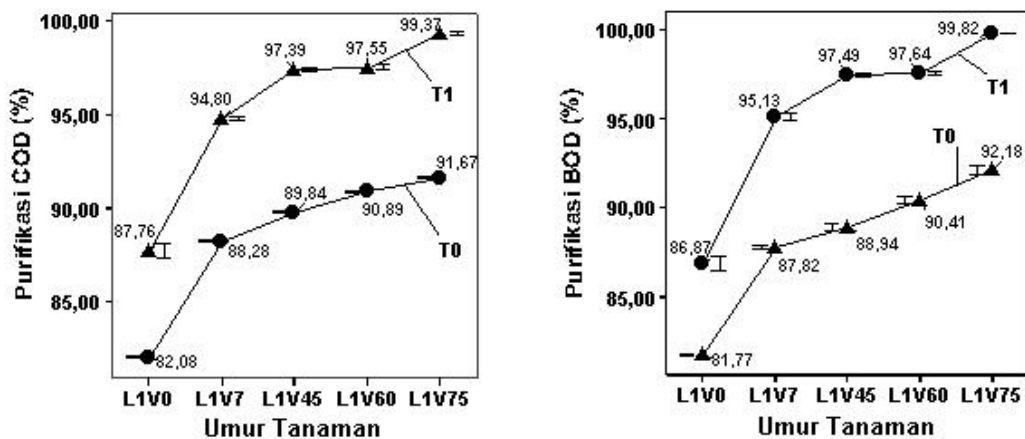
Menurut Taiz dan Zeiger (2002) pada kondisi aerob, keberadaan sianida menyebabkan resistensi respirasi hanya sebesar 10 – 25%. Selain itu sianida yang masuk lewat akar dalam keadaan anaerob akan menghambat masuknya oksigen ke dalam sel sehingga menghambat pembelahan mitosis yang

pada akhirnya akan menyebabkan kematian bagi tanaman. Hal ini ditunjukkan oleh kematian akar wangi pada sistem hidroponik (Tabel 1)

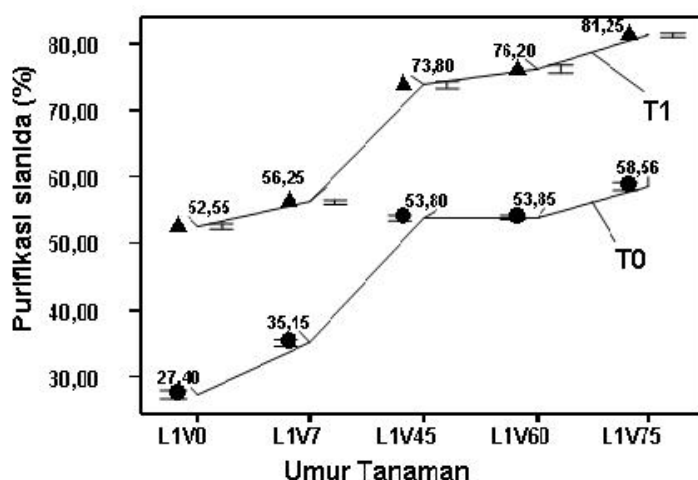
Mengacu pada baku mutu yang ditetapkan, maka hasil remediasi limbah cair pabrik tapioka oleh akar wangi umur 75 HST dengan sistem lahan basah sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan untuk limbah cair pabrik tapioka, sehingga pemakaian tanaman pada umur dan sistem tersebut di atas dapat dianjurkan.

Variasi umur akar wangi dan tanpa tanaman pada sistem lahan basah memberikan nilai purifikasi BOD, COD dan sianida lebih tinggi dari pada sistem hidroponik, hal ini terlihat dari nilai purifikasi yang ada akar wangi yang lebih besar dari pada tanpa tanaman (L1V0) pada kedua sistem penanaman (Gambar 3 dan 4). Semakin tua umur tanaman, maka tingkat purifikasi BOD, COD dan sianida cenderung meningkat secara signifikan untuk kedua sistem penanaman. Purifikasi BOD, COD dan

sianida pada sistem lahan basah pada umur 45 HST dan 60 HST tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Tingkat purifikasi secara berurutan untuk variasi umur pada kedua sistem penanaman adalah BOD > COD > sianida. Hasil purifikasi BOD, COD, dan sianida tertinggi selama 60 hari setelah pemberian limbah cair pabrik tapioka diperoleh pada akar wangi berumur 75 HST pada sistem lahan basah (T1L1V75), dengan nilai purifikasi secara berurutan BOD (99,82%), COD (99,37%), sianida (81,25%). Tingginya purifikasi pada sistem lahan basah menunjukkan bahwa ekosistem lahan basah memiliki kemampuan alamiah untuk menghilangkan berbagai jenis limbah pada beberapa tingkat efisiensi. Selain itu, keberadaan jenis tanaman lahan basah sangat efisien dalam menyaring kontaminan dibandingkan tanpa tanaman (Xia *et al.*, 2004).



Gambar 3. Purifikasi BOD (A), COD (B) (%) limbah cair pabrik tapioka hasil remediasi akar wangi pada hari ke 61. (Bar menunjukkan standart deviasi. Titik/garis menunjukkan rerata dari 5 ulangan. T1=sistem lahan basah, T0=sistem hidroponik; L1V0=tanpa tanaman, L1V7=umur tanaman 7 HST, L1V45=umur tanaman 45 HST, L1V60=umur tanaman 60 HST, L1V75=umur tanaman 75 HST)



Gambar 4. Purifikasi sianida (%) limbah cair pabrik tapioka hasil remediasi *Vetiveria zizanioides* pada hari ke 61. (Bar menunjukkan standart deviasi. Titik/garis menunjukkan rerata dari 5 ulangan. T1=sistim lahan basah, T0=sistim hidroponik; L1V0=tanpa tanaman, L1V7=umur tanaman 7 HST, L1V45=umur tanaman 45 HST, L1V60=umur tanaman 60 HST, L1V75=umur tanaman 75 HST)

#### *Dinamika kualitas limbah cair selama proses remediasi*

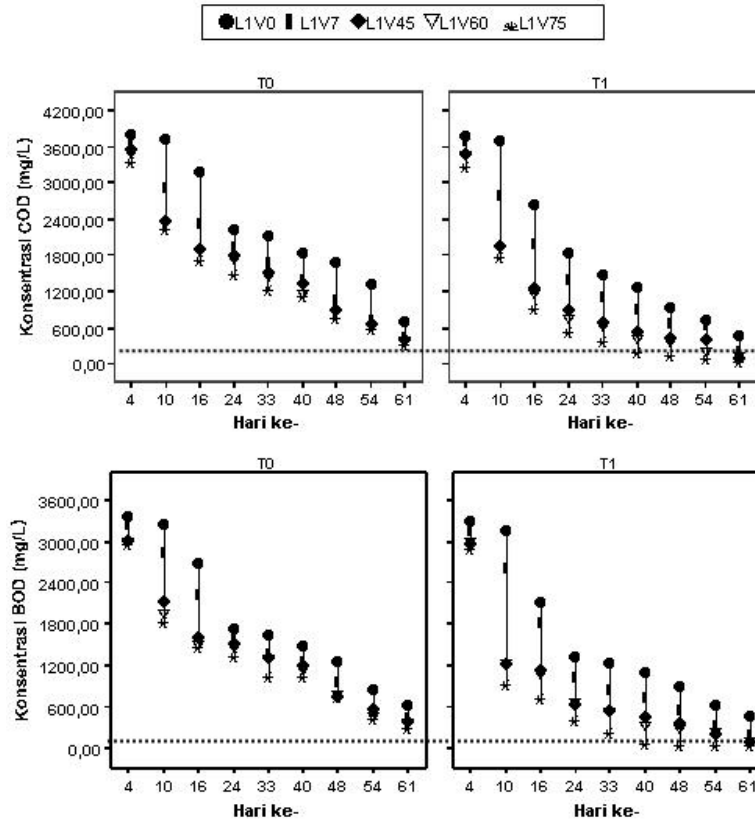
Perubahan konsentrasi BOD, COD, DO, sianida dan pH selama 61 hari proses remediasi limbah cair pabrik tapioka pada berbagai variasi umur akar wangi pada kedua sistim disajikan pada Gambar 5 dan 6. Pada sistim lahan basah kualitas limbah cair hasil remediasi lebih naik dibandingkan sistim hidroponik. Konsentrasi COD dengan keberadaan akar wangi selama 61 hari proses remediasi mengalami penurunan dari 3840 mg/L menjadi 24 mg/L (Gambar 5A).

Pada hari pertama setelah pemberian limbah sampai hari ke 33, akar wangi umur 7, 45, 60, dan 75 HST serta tanpa tanaman mampu menurunkan konsentrasi COD dari 3840 mg/L menjadi masing-masing adalah 1096, 683, 588, 349 dan 1473 mg/L. Sementara hari ke 40, masing-masing adalah 890, 538, 380, 167 dan

1236 mg/L. Pada akhir remediasi tanaman umur 7, 45, 60, 75 HST dan tanpa tanaman mampu menurunkan menjadi masing-masing 165, 85, 80, 6 dan 445 mg/L. Akar wangi umur 75 HST pada sistim lahan basah mampu menurunkan konsentrasi COD dan sudah memenuhi baku mutu dalam waktu lebih pendek yaitu pada hari ke 40 dibandingkan umur tanaman lain dan tanpa tanaman. Pada sistim hidroponik, semua umur tanaman sampai akhir remediasi nilai konsentrasi COD masih belum memenuhi baku mutu yaitu masing-masing 7 HST (450 mg/L), 45 HST (390 mg/L), 60 HST (350 mg/L, 75 HST (320 mg/L) dan tanpa tanaman (688 mg/L). Pada sistim lahan basah dari hari pertama setelah pemberian limbah sampai hari ke 33 setelah pemberian limbah, akar wangi umur 7, 45, 60, 75 HST dan tanpa tanaman mampu menurunkan konsentrasi BOD dari 3390 mg/L menjadi masing-masing adalah 840, 545, 530, 206 dan 1215



mg/L; pada hari ke 40, masing-masing (Gambar 5B).  
adalah 720, 438, 295, 27 dan 1075 mg/L



Gambar 5. Perubahan konsentrasi BOD (A) dan COD (B) (mg/L) limbah cair pabrik tapioka hasil remediasi oleh akar wangi (T1=sistim lahan basah, T0=sistim hidroponik; L1V0=tanpa tanaman, L1V7=umur tanaman 7 HST, L1V45=umur tanaman 45 HST, L1V60=umur tanaman 60 HST, L1V75=umur tanaman 75 HST. Garis putus-putus menunjukkan baku mutu).

Pada akhir remediasi, tanaman umur 7, 45, 60, dan 75 HST serta tanpa tanaman mampu menurunkan BOD masing-masing menjadi 165, 85, 80, 6 dan 445 mg/L. Pada sistim lahan basah, akar wangi yang berumur 75 HST menghasilkan konsentrasi BOD yang sudah memenuhi baku mutu untuk limbah cair pabrik tapioka dalam waktu yang lebih pendek dibandingkan umur tanaman lain dan tanpa tanaman yaitu pada hari ke 40. Pada sistim hidroponik, tanaman umur 7, 45, 60, dan 75 HST serta tanpa tanaman pada hari ke 33

mampu menurunkan konsentrasi BOD menjadi 1360, 1310, 1258, 1003 dan 1638 mg/L, sedangkan pada hari ke 40, masing-masing adalah 1240, 1195, 1103, 998 dan 1468 mg/L. Pada akhir remediasi semua umur tanaman, konsentrasi BOD masih belum memenuhi baku mutu limbah cair pabrik tapioka (150 mg/L) (Gambar 4A).

Hasil remediasi limbah cair pabrik tapioka pada berbagai variasi umur akar wangi pada kedua sistim penanaman terhadap konsentrasi sianida cenderung

menurun, namun pada umur yang sama sistim lahan basah penurunannya lebih tinggi dibandingkan sistim hidroponik (Gambar 6A). Selain itu remediasi oleh akar wangi pada kedua sistem penanaman penurunannya jauh lebih baik dibandingkan tanpa tanaman, dimana konsentrasi sianida menurun dari 4,2 mg/L menjadi 1,4-0,36 mg/L dengan menggunakan akar wangi dan 4,2 mg/L menjadi 2,6-1,46 mg/L tanpa tanaman. Konsentrasi sianida pada akhir remediasi pada sistim lahan basah menggunakan umur tanaman 7, 45, 60 dan 75 HST mampu menurunkan dari 4,2 mg/L menjadi masing-masing 0,99; 0,63; 0,62 dan 0,36 mg/L, sedangkan untuk sistim hidroponik masing-masing 2,08; 1,61; 1,40 dan 1,40 mg/L. Konsentrasi sianida pada akhir remediasi pada akar wangi 75 HST mendekati baku mutu yaitu sebesar 0,36 mg/L.

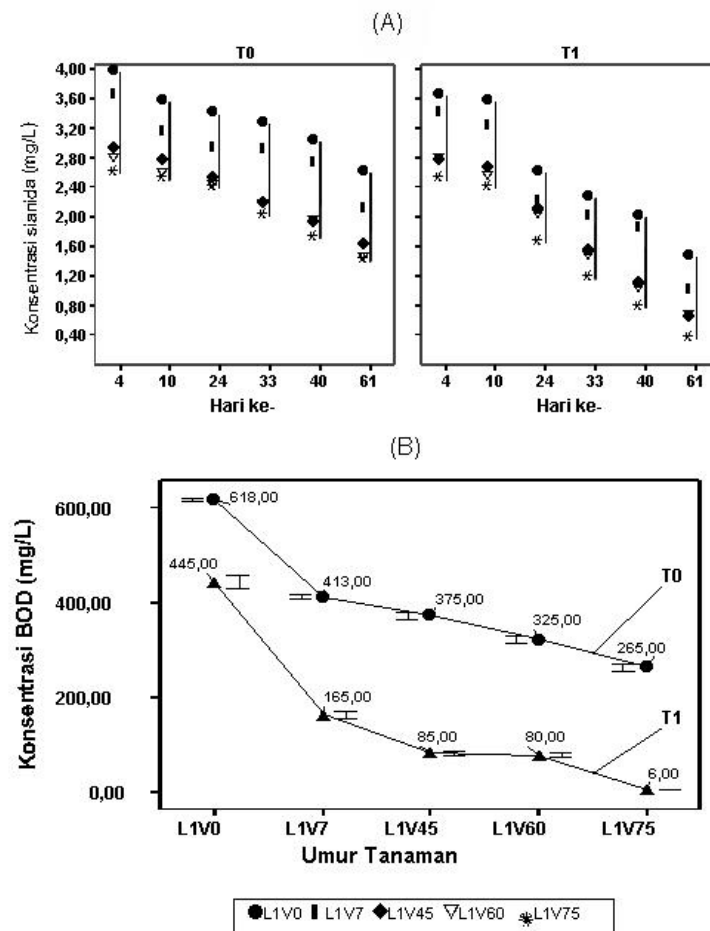
Nilai pH larutan selama proses remediasi dengan menggunakan tanaman dan tanpa tanaman cenderung meningkat dari 3,96 menjadi masing-masing 8,01-8,68 untuk sistim hidroponik dan 9,01-9,74 untuk sistim lahan basah (Gambar 6B). Selanjutnya baik pada sistim lahan basah maupun hidroponik sampai dengan akhir remediasi, nilai pH larutan untuk semua variasi umur tanaman masih berada pada nilai baku mutu yang diperbolehkan (pH = 6-9).

Remediasi limbah cair pabrik tapioka pada sistim lahan basah menghasilkan konsentrasi sianida limbah cair lebih baik dibandingkan sistim hidroponik (Gambar 5 dan 6). Hal ini karena sifat dari ekosistem lahan basah yang mampu secara alamiah menghilangkan jenis limbah pada beberapa tingkat efisiensi. Kemampuan

ini terutama disebabkan karena adanya tanaman yang berperan sebagai pengolah limbah. Sebaliknya pada sistim hidroponik, remediasi limbah cair pabrik tapioka semua variasi umur sejak minggu kedua setelah pemberian limbah menunjukkan gejala keracunan dan pada akhirnya mengalami kematian sampai pada saat panen. Hal ini diduga pada sistim hidroponik dengan kondisi defisit oksigen keberadaan sianida dalam jaringan tanaman semakin menghambat terjadinya respirasi yang pada akhirnya menyebabkan kematian.

Menurut Taiz dan Zeiger (2002) pada kondisi aerob, keberadaan sianida menyebabkan resistensi respirasi hanya 10-25%. Selain itu sianida yang masuk lewat akar dalam keadaan anaerob akan menghambat masuknya oksigen kedalam sel sehingga menghambat pembelahan mitosis yang pada akhirnya menyebabkan kematian bagi tanaman. Hal ini dibuktikan kematian akar wangi pada sistim hidroponik (Tabel 1).

Pada kedua sistim penanaman, keberadaan akar wangi menghasilkan kualitas limbah cair lebih baik dari pada tanpa tanaman. Hal ini karena tanaman dapat memindahkan bahan kimia berbahaya dari tempat dimana akarnya mengambil air dan nutrisi dari tanah, sungai dan air bawah tanah yang terkontaminasi. Tanaman dapat membersihkan bahan kimia sampai kedalaman pertumbuhan akarnya. Bahan kimia disimpan dalam akar, batang dan daun tanaman kemudian dirubah menjadi bahan kimia yang kurang berbahaya, dirubah dalam bentuk gas dan dilepaskan di udara dalam proses transpirasi (Environmental Protection Agency, 2001).



Gambar 6. Perubahan konsentrasi sianida (mg/L) (A) dan pH larutan (B) limbah cair pabrik tapioka hasil remediasi akar wangi (T1=sistim lahan basah, T0=sistim hidroponik; L1V0=tanpa tanaman, L1V7=umur tanaman 7 HST, L1V45=umur tanaman 45 HST, L1V60=umur tanaman 60 HST, L1V75=umur tanaman 75 HST. Garis putus-putus menunjukkan baku mutu).

Umur tanaman 75 HST pada sistim lahan basah menghasilkan kualitas limbah cair meliputi BOD, COD dan nilai pH larutan lebih baik dan memenuhi baku mutu dengan waktu lebih pendek yaitu pada hari ke 40 dibandingkan tanaman umur 7, 45 dan 60 HST. Hal ini karena pada umur yang lebih tua maka pertumbuhan akar yang direfleksikan sebagai biomassa, panjang akar dan kepadatan akar lebih tinggi dibandingkan tanaman yang lebih muda. Keberadaan tanaman dengan akarnya

memberikan habitat untuk peningkatan aktivitas dan populasi mikrobal, karena meningkatkan kandungan karbon dan oksigen pada zone perakaran melalui pelepasan eksudat dan peluruhan jaringan tanaman (Miller, 1996). Hubungan simbiosis antara akar tanaman dan mikroorganisme mempercepat degradasi bahan pencemar yang pada akhirnya akan menurunkan jumlah bahan pencemar.

## Kesimpulan

Penggunaan akar wangi pada berbagai umur tanaman mampu menurunkan konsentrasi BOD, COD, CN<sup>-</sup> dan meningkatkan konsentrasi DO dan nilai pH larutan pada kedua sistim penanaman.

Pada semua umur tanaman, sistim lahan basah menghasilkan kualitas limbah cair yang lebih baik dibandingkan sistim hidroponik. Kualitas limbah cair terbaik dan di bawah baku mutu diperoleh dari hasil remediasi akar wangi umur 75 HST pada sistim lahan basah. Semua akar wangi pada sistim lahan basah tidak menunjukkan gejala keracunan dan 100% mampu tumbuh. Sementara pada sistim hidroponik mulai minggu kedua mengalami keracunan yang pada akhirnya mengalami kematian pada saat panen.

Selama proses remediasi, akar wangi umur 75 HST pada sistim lahan basah menghasilkan kualitas limbah cair meliputi BOD, COD dan nilai pH larutan yang lebih baik dan di bawah baku mutu dengan waktu yang lebih pendek dibandingkan umur tanaman lainnya pada sistim hidroponik. Konsentrasi sianida pada akhir remediasi pada akar wangi 75 HST mendekati baku mutu yaitu sebesar 0,36 mg/L.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Malang atas perkenannya menggunakan Rumah Kaca.

## Daftar Pustaka

- Environmental Protection Agency. 2001. Brownfields technology primer: selecting and using phytoremediation for site cleanup. U.S. Environmental Protection Agency, Washington.
- Indriyatie, E.R. 2007. Potensi Tanaman Makrohidrofita dan Semihidrofita untuk Remediasi Limbah Cair Pabrik Tapioka. Buana Sains Vol 7 No 2: 157-168, 2007
- Miller R.R. 1996. Phytoremediation. Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center. Technology Overview Report, TO-96-03.
- Taiz dan Zeiger, 2002. Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., Publisher. Sunderland, Massachusetts.
- Truong, P. 2001. Vetiver grass technology. a tool environmental degradation and desertification in Liberia. 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.
- Xuhui K., W. Lin , B. Wang , F. Lou. 2002. study and vetiver's purification for wastewater from pig farm. Floricultural Reseach Institute of Guangdong Academy of Agriculture Sciences, Guangzhou, China.
- Zheng C., T. Cong, and C. Huairnan. 1998. Preliminary Study on Purification of Eutropic Water with Vetiver. In: Paper presented at *the International Vetiver Grass Technology Workshop* in Fuxhou, China.