

Penentuan Jenis Tumbuhan dan Media Penurasan dalam Rawatan Air Kumbahan Domestik menggunakan Teknologi Kolam Tanah Basah Buatan

Type of Plants and Filtering Media in Domestic Wastewater Treatment by using Constructed Wetland Technology

Supli Effendi Rahim¹, Hasimah Alimon², Nurul Bahiyah Abd Wahid² dan Jamin Barus³

¹Fakulti Pendidikan Teknikal dan Vokasional, ²Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900, Tg. Malim, Perak, Malaysia

³Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

Abstrak

Kajian ini bertujuan untuk menentukan jenis tumbuhan dan media penurasan bagi merawat air kumbahan domestik menggunakan kaedah kolam tanah basah buatan. Kajian ini merupakan penyelidikan ujikaji plot pecahan (*Split Plot Design*) dengan plot utama terdiri daripada tiga jenis media turasan dan sub-plot 15 tumbuhan air. Setiap rawatan diulang tiga kali. Sampel air kumbahan yang dikaji dalam penyelidikan diperolehi daripada Kolej Harun Aminurrashid, Universiti Pendidikan Sultan Idris. Air kumbahan dialirkan melalui media turasan menerusi pelbagai tanaman dan dibiarkan selama 10 hari. Parameter kualiti air yang diuji iaitu DO, BOD, TSS, pH dan kekeruhan serta diuji pada hari ke lima dan hari ke sepuluh. Hasil kajian mendapati bahawa jenis medium penurasan yang diperbuat daripada kerikil, pasir, dan arang kayu menunjukkan kesan terbaik dengan menurunkan kekeruhan (86.5%), TSS (99%) dan BOD (35%), serta mampu menaikkan pH air daripada 4.44 kepada 6.33. Terdapat enam tumbuhan yang dikenalpasti dapat mengurangkan pencemaran setelah lima hari rawatan dijalankan, iaitu *Crassula helmsii*, *Pistia stratiotes*, *Kyllinga brevifolia*, *Limnocharis flava*, *Oryza sativa*, dan *Eichornia crassipes* (Mart.). Setelah sepuluh hari rawatan dijalankan, terdapat enam tumbuhan yang terbaik dalam merawat air tersebut iaitu *Leersia hexandra* Sw, *Crassula helmsii*, *Eichornia crassipes* (Mart.), *Echinochloa colonum*, *Limnocharis flava* dan *Kyllinga brevifolia*. Kesimpulannya, sistem rawatan menggunakan paya buatan ini mampu menurunkan kadar bahan cemar dari sisa kumbahan dengan efektif jika menggunakan tumbuhan yang lebih sesuai dan kaedah penurasan yang tepat.

Kata kunci air kumbahan, media turasan, tumbuhan air, teknologi kolam tanah basah-buatan

Abstract

This study is conducted to determine the type of plants and filtering media that are able to treat domestic wastewater using constructed wetland. This study is an experimental research with Split Plot Design. The main plot was three types of media filtration and sub-plots consisting of 15 water plants. Each treatment was replicated three times. Wastewater

was allowed to flow through filtering media and basins of water plants for ten days. The wastewater sample used in this study was collected from Kolej Harun Aminurrashid, Universiti Pendidikan Sultan Idris. Water quality parameters tested were DO, BOD, TSS, pH and turbidity, which were tested on the fifth and tenth days of the study. Results obtained showed that the filter type which consisted of gravel, sand and charcoal gave the best results in decreasing the turbidity (86.5%), TSS (99%) and BOD (35%) and was able to increase pH value from 4.44 to 6.33. After five days of treatment, six plants namely *Crassula helmsii*, *Pistia stratiotes*, *Kyllinga brevifolia*, *Limnocharis flava*, *Oryza sativa*, and *Eichornia crassipes* (Mart.) were found as good pollutant removers. After ten days of treatment, six plants namely *Leersia hexandra* Sw, *Crassula helmsii*, *Eichornia crassipes* (Mart.), *Echinochloa colonum*, *Limnocharis flava* and *Kyllinga brevifolia* gave the best results in treating the wastewater. As a conclusion, constructed wetland treatment system is able to reduce the concentration of pollutants from domestic wastewater effectively if more suitable plants are used with accurate filtration methods.

Keywords domestic wastewater, filter media, water plants, constructed wetland technology

Pendahuluan

Pencemaran air menjadi satu masalah yang sering diperkatakan di seluruh dunia walaupun dewasa ini pelbagai teknologi canggih dalam rawatan air sedang diterokai. Kaedah rawatan yang dapat memberi kesan positif serta menggunakan kos yang lebih rendah perlu digunakan bagi menjamin kelestarian alam pada masa depan.

Peranan tanah basah semula jadi (*natural wetland*) sebagai kaedah rawatan air telah dikenalpasti dapat memberi impak yang baik kepada alam sekitar. Ini dibuktikan oleh beberapa penyelidik yang mengkaji keberkesanan kaedah paya semulajadi ini. Proses yang berlaku di dalam paya semula jadi ini, mencetuskan idea penciptaan tanah basah buatan atau *Constructed Wetland* (CW) sebagai kaedah alternatif bagi merawat air. Paya buatan dibuat serupa dengan paya semula jadi dan ditanam dengan tumbuhan akuatik atau semi-akuatik. Air kumbahan dienapkan di paya buatan tersebut sebelum dilepaskan ke perairan umum (Khatuddin, 2003).

Air kumbahan domestik berasal daripada penggunaan seharian di rumah seperti mencuci dan mandi. Air kumbahan dengan kandungan organik tinggi yang dialirkan terus ke sungai akan mengakibatkan kehilangan oksigen terlarut dalam jumlah yang besar untuk proses penguraian. Ini mengakibatkan sungai akan mengalami proses anaerobik yang merbahaya kepada hidupan air.

Alternatif rawatan air kumbahan domestik boleh dilakukan secara tanah basah buatan. Pemilihan rawatan ini adalah atas kemampuannya untuk merawat pelbagai air kumbahan dengan baik, mengurangi bahan pencemar seperti Permintaan Oksigen Biologi atau *Biological Oxygen Demand* (BOD), Pepejal Terampai atau *Suspendid Solid* (SS), patogen, nutrien dan logam berat (Pastor *et al.*, 2002). Teknologi tanah basah buatan merupakan teknologi yang menggunakan tenaga yang rendah sebagai alternatif kepada penurunan nutrien dalam air dengan kos yang rendah untuk kumbahan industri, bandar dan kegiatan pertanian (Kadlec dan Knight, 1996 dalam Vymazal, 2002). Sebelum dialirkan ke tanah basah buatan air kumbahan perlu melalui rawatan pendahuluan untuk memendapkan pepejal terampai supaya media tidak tersumbat dan tidak berlakunya aliran bawah permukaan (Vymazal, 2002).

Sohsalam *et. al.* (2006) melaporkan bahawa tumbuhan air di tanah basah buatan berskala kecil mampu menurunkan kadar BOD pada kumbahan makanan laut dengan kecekapan 94-99%. Kumbahan hasil pertanian di Poggio Antico, Florence, Itali yang dirawat dengan CW aliran melintang (*horizontal flow constructed wetland*) berjaya menurunkan kadar permintaan oksigen karbon atau carbon dioxide d (COD), jumlah pepejal demand terampai (TSS) dan *Total Coli* dengan kecekapan masing-masing 93%, 81% dan 99% (Pucci, *et. al.*, 1996). Manakala Sariwahyuni (2006), melaporkan tumbuhan *Eichhornia crassipes* menyerap logam berat Plumbum (Pb) dan Cadmium (Cd) secara optimum pada hari ke-3, diikuti dengan penurunan pada hari ke-6 dan seterusnya ke hari ke-20.

Beberapa tumbuhan lain yang berpotensi untuk digunakan dalam sistem kolam tanah basah buatan adalah seperti lalang (*Imperata cylindrica (L.) Beauv.*), sejenis rumput air yang boleh dimakan (*Limnocharis flava*), rumput paya (*Leersia hexandra Sw*), rumput padang kylinga (*Kyllinga brevifolia*), rumput padang (*Axonopus compressus*), rumput pahit (*Paspalum conjugatum Berg*), keladi air (*Colocasia esculenta*), (*Crassula helmsii*), rumput samba (*Echinochloa colonum*), tangki (*Mimosa invisa Mart. Ex Colla*), keladi bunting (*Eichornia crassipes (Mart.)*), selom (*Oenanthe javanica*), kangkung air (*Ipomoea aquatica*), kiambang (*Pistia stratiotes*), dan padi (*Oryza sativa*).

Oleh kerana hingga kini belum banyak kajian dilakukan tentang tumbuhan yang terbaik dalam menurunkan kadar bahan pencemar pada air kumbahan domestik menggunakan teknologi kolam tanah basah buatan, kajian ini memberi fokus kepada penentuan jenis tumbuhan dan media penurasan yang berpotensi dalam menurunkan kadar bahan pencemar dalam air kumbahan domestik dari sekitar kampus Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI), Malaysia dengan teknologi kolam tanah basah buatan.

Metodologi

Kawasan Kajian

Kajian telah dilakukan ke atas air kumbahan dari Kolej Harun Aminurrasid, UPSI, Tanjung Malim, Perak, Malaysia. Seramai 1,200 pelajar menjadi penghuni di kolej ini menyumbang kepada air kumbahan domestik kawasan ini.

Bahan dan Radas

Bahan yang digunakan dalam kajian ini adalah bahan untuk pembinaan kolam iaitu hampanan plastik, bahan pengisi kolam iaitu pasir, kerikil, arang dan air kumbahan domestik, dan pelbagai tumbuhan seperti lalang (*Imperata cylindrica (L.) Beauv.*), rumput air yang boleh dimakan (*Limnocharis flava*), rumput paya (*Leersia hexandra Sw*), rumput padang kylinga (*Kyllinga brevifolia*), rumput padang (*Axonopus compressus*), rumput pahit (*Paspalum conjugatum Berg*), keladi air (*Colocasia esculenta*), (*Crassula helmsii*), rumput samba (*Echinochloa colonum*), tangki (*Mimosa invisa Mart. Ex Colla*), keladi bunting (*Eichornia crassipes (Mart.)*), selom (*Oenanthe javanica*), kangkung air (*Ipomoea aquatica*), kiambang (*Pistia stratiotes*), dan padi (*Oryza sativa*).

Eksperimen

Ekperimen yang dijalankan menggunakan reka bentuk plot pecahan (*Split Plot Design*) dengan dua faktor dan tiga replikasi. Faktor utama yang diuji adalah jenis media turasan dan jenis tumbuhan air yang digunakan. Penurasan dilakukan dengan menggunakan tiga cara penyusunan bahan turasan; Penuras A terdiri daripada kerikil, arang kayu, pasir, kerikil (masing-masing dengan ketebalan 5 cm); Penuras B terdiri daripada kerikil, pasir dan arang kayu (masing-masing dengan ketebalan 7 cm); Penuras C terdiri daripada kerikil, pasir, arang kayu, kerikil (masing-masing dengan ketebalan 5 cm). Tumbuhan yang digunakan adalah T1; lalang (*Imperata cylindrica (L.) Beauv.*), T2; sejenis rumput air yang boleh dimakan (*Limnocharis flava*), T3; rumput paya (*Leersia hexandra Sw*), T4; rumput padang kylinga (*Kyllinga brevifolia*), T5; rumput padang (*Axonopus compressus*), T6; rumput pahit (*Paspalum conjugatum Berg*), T7; keladi air (*Colocasia esculenta*), T8; (*Crassula helmsii*), T9; rumput samba (*Echinochloa colonum*), T10; tangki (*Mimosa invisa Mart. Ex Colla*), T11; keladi bunting (*Eichornia crassipes (Mart.)*), T12; selom (*Oenanthe javanica*), T13; padi (*Oryza sativa*), T14; kiambang (*Pistia stratiotes*) dan T15; kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Semua tumbuhan ini diambil dari lapangan kemudian ditanam dalam kolam kumbahan buatan. Proses iklimatasi tumbuhan pada kolam paya buatan berukuran 1 m³ dilakukan selama tiga hari agar pada waktu proses rawatan, tumbuhan tersebut lebih resisten terhadap kumbahan.

Parameter kualiti air yang diuji iaitu DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), pH dan kekeruhan dan diuji pada hari ke lima dan hari ke sepuluh.

Jadual 1 Ciri kumbahan cecair domestik yang dianalisis

No	Jenis Analisis	Hasil Analisis
1	DO (mg/L)	0.99
2	Turbidity (NTU)	923.33
3	pH	4.44
4	TSS (mg/L)	21712.87
5	BOD (mg/L)	18.19

Analisis Data

Data yang diperolehi, pertama dinilai dengan membandingkan dengan piawaian yang telah ditetapkan seperti di Lampiran 1 (Standard Kualiti Kumbahan Domestik dalam Keputusan Menteri Alam Sekitar RI No. 112, 2003). Selepas itu, data diolah secara statistik berdasarkan rekabentuk plot pecahan (*Split Plot Design*). Seterusnya, analisis dilakukan untuk menentukan perbezaan yang signifikan di antara rawatan dengan ujian beza nyata.

Hasil dapatan dan perbincangan

Hasil analisis awal menunjukkan bahawa dua daripada lima parameter yang dianalisis melebihi nilai spesifikasi iaitu pH, dan TSS (Standard Kualiti Kumbahan Domestik dalam Keputusan Menteri Alam Sekitar). Manakala parameter BOD masih berada di bawah nilai had spesifikasi baku mutu kumbah domestik. Bagi DO dan kekeruhan, ia merupakan data penyokong yang mempunyai kaitan dengan data utama.

Penentuan Penurasan Terbaik dalam Membersihkan Air Kumbahan Domestik

Tiga jenis penurasan telah dikaji untuk mengenalpasti penuras terbaik dalam membersihkan air kumbahan domestik dari kampus Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI) Tanjung Malim, Perak. Kebolehan tiga jenis penurasan yang digunakan untuk menuras air kumbahan domestik tersebut ditunjukkan dalam Jadual 1.

Jadual 2 Ciri kumbahan cecair domestik setelah penurasan

Jenis penuras	Parameter									
	DO		Kekeruhan		pH	TSS		BOD		
Kawalan	0.99	b	923.33	a	4.44	a	21712.87	a	18.19	a
A	0.44	a	178	b	6.08	c	200.63	b	12.28	b
B	0.75	ab	124.66	b	6.33	d	206.2	b	11.77	b
C	0.53	a	227.66	b	5.44	b	427.66	b	13.18	b
	BNT _{0.05} = 0.35		BNT _{0.01} = 203.6		BNT _{0.01} = 0.19		BNT _{0.01} = 4287.66		BNT _{0.01} = 2.31	

BNT - Beza Nyata Terkecil.

Angka-angka pada lajur yang sama dan diikuti oleh huruf-huruf yang sama bermakna tiada berbeza nyata pada tahap 5% atau 1%.

Hasil kajian mendapati berlaku peningkatan kualiti kumbahan khususnya untuk parameter pH (jenis penuras A dan B) yang telah berada di bawah had spesifikasi. Parameter TSS juga menunjukkan peningkatan kualiti, tetapi masih berada di atas paras had spesifikasi. Penurasan mengakibatkan penurunan nilai TSS kerana pepejal terampai disaring oleh bahan-bahan penuras yang digunakan iaitu pasir, kerikil dan arang kayu. Ini juga dapat menurunkan nilai kekeruhan kerana pepejal terampai berkorelasi secara positif dengan kekeruhan (Effendi, 2003). Selain fungsinya sebagai penyaring, arang juga dapat berfungsi sebagai penghilang bau dari kumbahan domestik.

Penurunan nilai BOD juga diperoleh setelah penurasan, kesan yang terjadi bersamaan dengan proses kehilangan bahan pencemar lain seperti jumlah pepejal terampai (TSS) yang dapat terendap (Stowel, *et al.*, dalam Effendi, 2003).

Daripada eksperimen yang dilakukan dapat disimpulkan bahawa jenis penuras terbaik adalah B, kerana tiga daripada lima parameter yang digunakan untuk menentukan kualiti kumbahan cecair domestik menunjukkan nilai yang bertambah baik; mampu menurunkan

kekeruhan sebanyak 86.5 %, TSS (99.0 %) dan BOD (35.0 %), serta mampu menaikkan pH air kumbahan daripada 4.44 kepada 6.33.

Penentuan Tumbuhan Terbaik dalam Membersihkan Air Kumbahan Domestik

Setelah penurasan dilakukan, air kumbahan kemudian dimasukkan ke dalam kolam tanah basah buatan yang ditanam dengan 15 tumbuhan seperti yang dinyatakan dalam Jadual 2. Penentuan jenis tumbuhan yang terbaik dalam meningkatkan kualiti kumbahan cecair domestik dilakukan dengan berpandukan spesifikasi (Standard Kualiti Kumbahan Domestik dalam Keputusan Menteri Alam Sekitar, Republik Indonesia, No. 112, 2003).

Jadual 2 Pengaruh tumbuhan terhadap kualiti kumbahan domestik selepas lima hari

Tumbuhan*		Parameter				
		DO	Kekeruhan	pH	TSS	BOD
T1	2	0.54 bcd	19.39 g	6.99 fg	53.89 gh	12.75 e
T2	5	1.96 f	45.85 cd	7.1 h	81.45 d	12.24 e
T3		0.62 cd	49.73 c	6.82 d	90.67 c	15.95 abc
T4	4	0.65 d	14.05 h	7.04 gh	45.78 i	15.89 abc
T5		0.4 abc	33.83 e	6.71 b	52.65 h	15.75 bc
T6		0.47 abcd	30.99 ef	6.7 b	75.34 e	15.7 bc
T7		0.4 abc	31.3 ef	6.73 bc	56.09 gh	16.36 ab
T8	1	2.2 g	17.67 gh	7.11 h	57.84 fg	13.77 d
T9		1.89 f	42.04 d	6.82 d	72.45 e	14.32 d
T10		0.92 e	102.2 a	6.89 de	93.69 c	12.65 e
T11	7	1.79 f	14.72 gh	6.95 ef	167.8 a	15.61 bc
T12		0.26 a	71.83 b	6.17 a	151.72 b	15.81 abc
T13	6	2.24 g	26.44 f	6.65 b	60.75 f	16.6 a
T14	3	1.05 e	26.93 f	7.37 i	71.88 e	15.53 c
T15		0.37 ab	76.6 b	6.81 cd	92.07 c	15.68 bc
		BNT _{0.01} =0.22	BNT _{0.01} =5.11	BNT _{0.01} =0.08	BNT _{0.01} =4.05	BNT _{0.01} =0.80

BNT - Beza Nyata Terkecil.

Angka-angka pada lajur yang sama dan diikuti oleh huruf-huruf yang sama bermakna tiada berbeza nyata pada tahap 1%.

* Nombor menunjukkan *ranking* kemampuan tumbuhan memperbaiki kualiti air kumbahan.

Daripada data kesan tumbuhan terhadap kualiti air kumbahan domestik setelah lima hari, dapat dilihat bahawa ada beberapa tumbuhan memberikan kesan terbaik berdasarkan

lima parameter yang digunakan. Kajian mendapati 6 daripada 15 tumbuhan yang dikaji menunjukkan kesan yang terbaik. Secara berturutan tumbuhan yang menunjukkan kesan yang memberangsangkan adalah T8 (*Crassula helmsii*), T1 (*Imperata cylindrica (L.) Beauv.*), T14 (*Pistia stratiotes*), T4 (*Kyllinga brevifolia*), T2 (*Limnocharis flava*), T13 (*Oryza sativa*), dan T11 (*Eichornia crassipes (Mart.)*). Walaupun lalang (*Imperata cylindrica (L.) Beauv.*) didapati menunjukkan kesan yang baik pada hari ke-5, tetapi ia tidak disarankan untuk tumbuhan paya buatan kerana pada hari ke-10 tumbuhan tersebut mati. Purata peratus penurunan kekeruhan, TSS dan BOD hari ke-5 dapat dilihat pada Lampiran 2.

Jadual 4 Pengaruh tumbuhan terhadap kualiti kumbahan domestik setelah sepuluh hari

Tumbuhan*	Parameter					
	DO	Kekeruhan	pH	TSS	BOD	
T1	0.79 b	37.97 c	7.28 gh	85.68 b	15.26 b	
T2 5	1.97 e	35.29 cd	7.3 h	46.47 gh	12.46 d	
T3 1	3.7 j	22.57 cdefg	7.57 i	49.15 fg	6.1 h	
T4 6	0.99 c	31.83 cdef	7.28 gh	40.04 i	12.95 d	
T5	0.79 b	23.74 cdefg	7.08 bcd	77.9 c	16.05 a	
T6	1.52 d	32.94 cde	7.09 bcd	50.96 f	12.45 d	
T7	1.03 c	18.35 defg	7.01 bc	66.39 e	15.82 ab	
T8 2	2.47 f	12.04 g	7.21 efgh	22.75 j	8.07 f	
T9 4	3.37 i	19.63 defg	7.12 cdef	65.75 e	6.99 g	
T10	2.4 f	72.94 b	7.11 bcde	82.5 b	9.38 e	
T11 3	3.12 h	16.88 efg	7 b	44.88 h	8.11 f	
T12	0.37 a	118.43 a	6.88 a	365.38 a	15.95 ab	
T13	2.78 g	16.82 efg	7.17 defg	63.18 e	12.87 d	
T14	2.35 f	14.66 fg	7.23 fgh	71.58 d	14.11 c	
T15	1.44 d	26.24 cdefg	7.24 gh	44.94 h	13.81 c	
		BNT _{0.01} =0.15	BNT _{0.01} =17.89	BNT _{0.01} =0.11	BNT _{0.01} =4.13	BNT _{0.01} =0.78

BNT - Beza Nyata Terkecil.

Angka-angka pada lajur yang sama dan diikuti oleh huruf-huruf yang sama bermakna tiada berbeza nyata pada tahap 1%.

* Nombor menunjukkan ranking kemampuan tumbuhan memperbaiki kualiti air kumbahan.

Hasil dapatan kesan tumbuhan terhadap kualiti kumbahan domestik setelah sepuluh hari, menunjukkan beberapa tumbuhan memberi kesan yang baik dalam lima parameter yang digunakan. Enam tumbuhan yang terbaik dari 15 tumbuhan yang digunakan secara

berturutan adalah T3 (*Leersia hexandra* Sw), T8 (*Crassula helmsii*), T11 (*Eichornia crassipes* (Mart.)), T9 (*Echinochloa colonum*), T2 (*Limnocharis flava*) dan T4 (*Kyllinga brevifolia*). Purata peratus penurunan kekeruhan, TSS dan BOD hari ke sepuluh dapat dilihat pada Lampiran 3.

Akar tumbuhan akuatik mengeluarkan oksigen di seluruh permukaan rambut akar. Oksigen tersebut mengalir ke akar melalui batang setelah diserap dari atmosfera melalui liang permukaan daun (Brix, 1987 dalam Khiatuddin, 2003). Hal ini mengakibatkan terjadinya peningkatan oksigen terlarut (DO), sehingga memungkinkan mikroorganisma pengurai seperti bakteria aerobik dapat hidup dalam kawasan paya yang dalam keadaan anaerobik (Khiatuddin, 2003).

Mikroorganisma memegang peranan yang sangat penting dalam pelupusan bahan organik, di mana dalam proses penguraiannya memerlukan oksigen (BOD). Mikroorganisma aerobik dapat hidup dalam air dan tanah paya yang keadaannya anaerobik dengan kehadiran aliran oksigen yang dilepaskan oleh akar tumbuhan air dalam zon rhizosfera (Watson *et al.*, 1989 dalam Khiatuddin, 2003).

Jumlah pepejal terampai dilupuskan melalui proses penguraian oleh mikroorganisma seperti yang terjadi pada bahan organik. TSS berkorelasi secara positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai pepejal terampai, nilai kekeruhan juga semakin tinggi, begitu juga sebaliknya (Effendi, 2003).

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dibuat dari hasil penyelidikan ini adalah, jenis penuras terbaik adalah penuras yang menggunakan lapisan kerikil 7 cm, pasir 7 cm dan arang kayu 7 cm (jenis B). Setelah lima hari dalam paya buatan, terdapat 6 tumbuhan yang terbaik dari 15 tumbuhan yang digunakan iaitu T8 (*Crassula helmsii*), T14 (*Pistia stratiotes*), T4 (*Kyllinga brevifolia*), T2 (*Limnocharis flava*), T13 (*Oryza sativa*), dan T11 (*Eichornia crassipes* (Mart.)). Manakala, setelah sepuluh hari dalam paya buatan, 6 tumbuhan yang dikenalpasti terbaik adalah T3 (*Leersia hexandra* Sw), T8 (*Crassula helmsii*), T11 (*Eichornia crassipes* (Mart.)), T9 (*Echinochloa colonum*), T2 (*Limnocharis flava*) dan T4 (*Kyllinga brevifolia*). Keputusan yang diperolehi menunjukkan bahawa tumbuhan yang telah dipilih berkeadaan baik pada hari kelima mahupun hari ke sepuluh dengan penuras jenis B dapat digunakan dalam merawat air kumbahan domestik dengan agak berkesan jika menggunakan teknologi tanah basah buatan. Namun, hasil kajian mungkin boleh ditingkatkan lagi dengan menambah ketebalan bahan dalam penuras untuk hasil yang lebih optimum.

Lampiran

Lampiran 1 Keputusan Menteri Alam Sekitar, Republik Indonesia, No. 112 Tahun 2003 tentang Standard Kualiti Kumbahan Domestik.

Parameter	Unit	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	100
TSS	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	10

Lampiran 2 Purata peratusan Penurunan kekeruhan, TSS, BOD dan Nilai DO, pH pada hari kelima.

Tumbuhan	Parameter				
	DO	Kekeruhan %	pH	TSS %	BOD %
T1	0.54	89.03	6.99	80.63	-2.74
T2	1.96	74.06	7.1	70.72	1.37
T3	0.62	71.87	6.82	67.40	-28.53
T4	0.65	92.05	7.04	83.54	-28.04
T5	0.4	80.86	6.71	81.07	-26.91
T6	0.47	82.47	6.7	72.91	-26.51
T7	0.4	82.29	6.73	79.84	-31.83
T8	2.2	90.00	7.11	79.21	-10.96
T9	1.89	76.22	6.82	73.95	-15.39
T10	0.92	42.18	6.89	66.32	-1.93
T11	1.79	91.67	6.95	39.68	-25.79
T12	0.26	59.37	6.17	45.46	-27.40
T13	2.24	85.04	6.65	78.16	-33.76
T14	1.05	84.77	7.37	74.16	-25.14
T15	0.37	56.67	6.81	66.90	-26.35

Lampiran 3 Purata peratusan penurunan kekeruhan. TSS, BOD dan Nilai DO, pH pada hari kesepuluh.

Tumbuhan	Parameter				
	DO	Kekeruhan %	pH	TSS %	BOD %
T1	0.79	78.52	7.28	69.20	-22.97
T2	1.97	80.04	7.3	83.29	-0.40
T3	3.7	87.23	7.57	82.33	50.85
T4	0.99	81.99	7.28	85.61	-4.35
T5	0.79	86.57	7.08	71.99	-29.33
T6	1.52	81.37	7.09	81.68	-0.32
T7	1.03	89.62	7.01	76.13	-27.48
T8	2.47	93.19	7.21	91.82	34.97
T9	3.37	88.90	7.12	76.36	43.67
T10	2.4	58.74	7.11	70.34	24.42
T11	3.12	90.45	7	83.87	34.65
T12	0.37	33.00	6.88	-31.36	-28.53
T13	2.78	90.48	7.17	77.29	-3.71
T14	2.35	91.71	7.23	74.27	-13.70
T15	1.44	85.16	7.24	83.84	-11.28

Rujukan

- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Kanisus: Yogyakarta.
- Khiatuddin, M. (2003). *Melestarikan Sumber Daya Air Dengan Teknologi Rawa Buatan*. Gajah Mada University Press: Jogjakarta.
- Menteri Alam Sekitar, Republik Indonesia (2003). "Standard Kualiti Kumbahan Domestik No 112. Jakarta" diakses daripada www.menlh.go.id/i/art/pdf_1058569529.pdf.
- Pastor, R., C. Benqlilou., D. Pas., G. Cardenas., A. Espuña dan L. Puigjaner (2003). "Design optimisation of constructed wetlands for wastewater treatment" *Resources, Conservation & Recycling*, hlm. 193-204.
- Pucci, B., G. Conte., N. Martinuzzi., L. Giovanelli dan F. Masi (1996). "Design and Performance of A Horizontal Flow Constructed Wetlands for Treatment of Dairy and Agricultural Wastewater in The "Chianti" Countryside" diakses daripada www.irdra.com/pubblicazioni/Pucci_WaterPollution_POSTER.pdf.
- Sariwahyuni (2006). "Penjerapan Logam Pb dan Cd Pada Berbagai Kombinasi pH Larutan Media Tanam dan Lama Penanaman Gulma Air Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)" dlm. *Majalah Teknik Industri*, Jilid 11, 19, Disember.
- Sohsalam, P., A.J. Englande dan S. Sirianuntapiboon (2006). "Effect of Plant Species on Microbial Groups and Pollutants Removal in Small Constructed Wetland". Makalah International Conference on Environment, Penang, Malaysia.
- Vymazal, J. (2002). "The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic: 10 years experience". *Ecological Engineering*, hlm.633-64.