PENGURUSAN DAN PENYELIDIKAN SISTEM TANAH BENCAH BUATAN DALAM PERAWATAN AIR LARIAN HUJAN DI USM KAMPUS KEJURUTERAAN

Syafiq Shaharuddin, Khairul Rahmah Ayub
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan Sungai dan Saliran Bandar (REDAC)
Kampus Kejuruteraan
Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang, Malaysia
Email: redacsyafiq@eng.usm.my

Abstrak

Sistem tanah bencah buatan atau *constructed wetland* di Kampus Kejuruteraan USM merupakan salah satu cabang komponen dalam Sistem Saliran Bio-Ekologi (BIOECODS) yang berperanan dalam merawat dan menambahbaik kualiti air larian hujan sebelum digunakan dengan selamat di Kolam Rekreasi dan disalur keluar dengan bersih ke Sungai Kerian, Perak. Matlamat utama sistem tanah bencah adalah untuk merawat air larian hujan yang diterima, samaada daripada *swale*, pusat pengajian, asrama, kolam-kolam, ke indek kualiti air yang lebih baik, samaada kelas IIA atau IIB berdasarkan standard piawaian kualiti air nasional (NWQSM) dan Indeks Kualiti Air Jabatan Alam Sekitar (DOE WQI *Classification*). Setelah lebih dari 10 tahun pengurusan dan penyelidikan dijalankan dari para penyelidik dan staf, sistem tanah bencah terbukti mengurus perawatan air larian hujan dengan baik seperti penurunan kadar komposisi nutrien seperti ammonia, fosforus, nitrat, keperluan oksigen kimia (COD), *lead*, keperluan oksigen biokimia (BOD), jumlah pepejal terampai (TSS) dan membekalkan oksigen terlarut yang tinggi serta pH yang kekal sekitar 7. Berdasarkan keputusan yang diperolehi, indek kualiti air telah mencapai standard piawaian yang ditetapkan, bahkan selamat untuk digunakan warga kampus dan juga membantu memberi manfaat kepada kegiataan sosioekonomi oleh penduduk tempatan yang menggunakan sungai sebagai sumber pendapatan seperti menangkap ikan. Keberkesanan ini juga turut menyumbang kepada keseimbangan ekologi dan kepelbagaian biodiversiti seperti habitat untuk migrasi burung dan keperlbagaian jenis ikan dan serangga.

Kata Kunci: Sistem tanah bencah, air larian hujan, kualiti air, biodiversiti

1.0 PENGENALAN

Tanah bencah atau *wetland*, sudah mula dikenalpasti keberkesanan penggunaannya merawat dan meningkatkan kualiti air di Malaysia sejak sedekad yang lalu. Pada mulanya, ramai penyelidik dan orang awam hanya

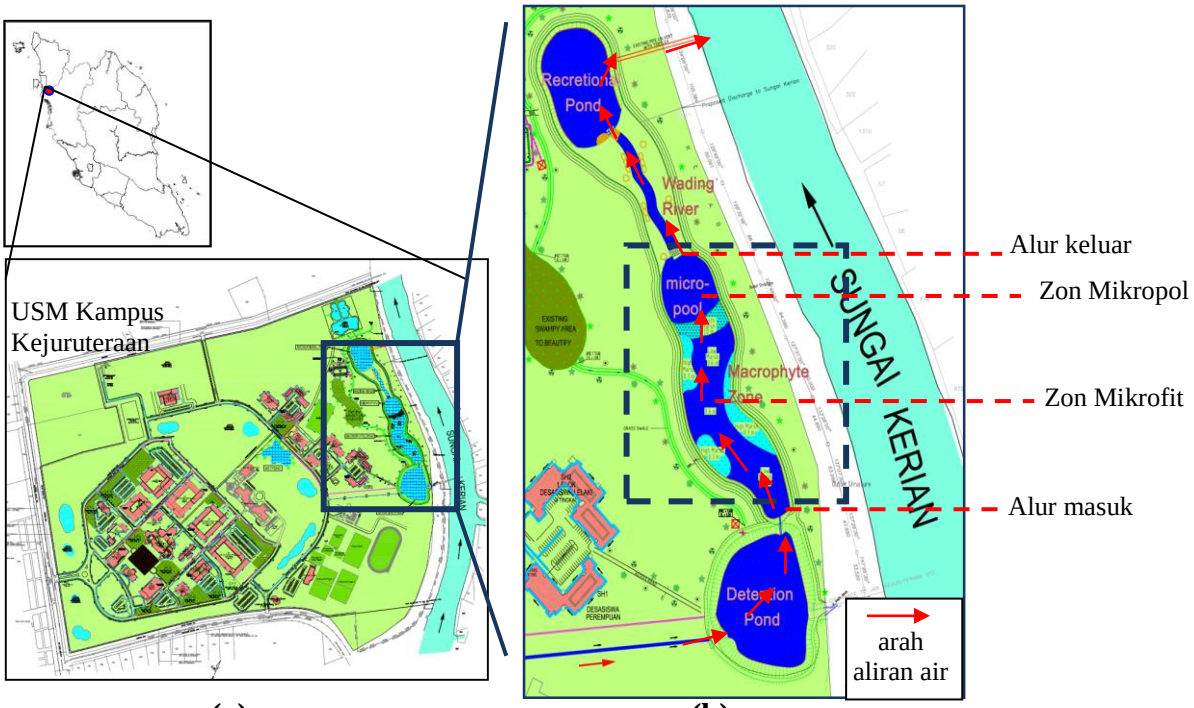
mengenali fungsi dan impaknya dari tanah bencah semulajadi yang terdapat di Malaysia seperti tanah bencah yang terletak berhampiran tasik (Tasik Bera, Tasik Cini), Sungai, Kuala (Kuala Gula di Perak), paya gambut (Paya Indah Wetland di Selangor) serta delta (Delta Rajang, Sarawak). Hasil dari kajian terdahulu, fungsi, makanisma dan morforlogi tanah bencah semulajadi dapat difahami dengan baik dan diaplikasikan keatas tanah bencah buatan. Sebagai contoh, tanah bencah buatan di empangan kenyir dan kawasan sawah padi seperti di Kedah, Perak dan Selangor. Malahan penggunaan tanah bencah buatan dipelbagaikan fungsinya seperti merawat punca air yang dikehendaki termasuklah merawat air larian hujan. Masalah yang sama dihadapi seluruh dunia seperti banjir, pencemaran air, kekurangan sumber bekalan air dan kemusnahan ekosistem dan ekologi telah menyebabkan kaedah pengurusan air rebut nebjadi topic yang hangat dibincangkan. Malaysia telah mengambil langkah proaktif dibawah Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) telah memperkenalkan Manual Saliran Mesra Alam (MSMA) pada tahun 2000 untuk mengatasi dan mengurus atur air larian hujan dengan lebih ekonomik, dinamik dan mapan. Pusat Penyelidikan Kejuruteraan Sungai dan Saliran Bandar (REDAC) dengan kerjasama JPS, telah memperkenalkan projek perintis untuk manual pertama MSMA di Universiti Sains Malaysia Kampus Kejuruteraan, iaitu Sistem Saliran Bio-Ekologi (BIOECODS) bagi melihat tahap keberkesanan sistem ini dalam mengawal atur saliran dan air larian hujan di dalam kampus. Kepelbagaian komponen seperti alur berumput, kolam takungan kering, kolam-kolam takungan, termasuklah juga sistem tanah bencah buatan atau *constructed wetland*, mempunyai peranan tersendiri dalam mengawal kuantiti dan kualiti air larian hujan (Ab Ghani, et al. 2004; Zakaria et al., 2004). Sistem tanah bencah di Kampus Kejuruteraan ini telah direka bentuk untuk “bekerjasama” dengan alam semulajadi, supaya ia boleh bertindak menyingkirkan bahan tercemar dan merawat air larian hujan (Mohd Nor et al, 2004) disamping mengekalkan keseimbangan ekologi dan kepelbagaian biodiversiti (Shaharuddin et al, 2011). Matlamat utama kertas kerja ini adalah untuk membentangkan hasil-hasil penyelidikan dahulu dan kini yang diperolehi sejak dari peringkat awal penubuhan sistem tanah bencah ini sehingga ke tahun 2011. Matlamat kedua adalah untuk berkongsi cara pengurusan, penyelenggaran dan penyelidikan yang dijalankan supaya ia boleh memberi manfaat kepada semua masyarakat dari pelbagai bidang dan latar belakang akademik.

2.0 BAHAN DAN KAEDAH

2.1 Kawasan Kajian

Kawasan kajian terletak di Kampus Kejuruteraan, USM Cawangan Nibong Tebal Pulau Pinang (Gambarajah 1). Kawasan ini terletak di antara 3 buah negeri, Kedah (Bandar Baharu), Perak (Parit Buntar) dan Pulau Pinang (Nibong Tebal). Lokasi Kampus Kejuruteraan adalah terletak bersebelahan dengan Sungai Kerian, dihuni lebih dari 21 buah bangunan, menempatkan 7 Pusat Pengajian, 3 Pusat Penyelidikan dan 3 Asrama Pelajar, 1 bangunan Pusat Islam, 1 bangunan Pusat Kesihatan dan 1 bangunan Pentadbiran, 1 bangunan Perpustakaan, 1

bangunan dewan-dewan kuliah, 1 bangunan Pusat Pengetahuan, Komunikasi dan Teknologi (PPKT) dan terdiri lebih daripada 5 buah Kafeteria. Air larian hujan yang diperolehi sekitar kawasan bangunan ini akan melalui sistem BIOECODS, termasuk sistem tanah bencah sebelum dilepas keluar ke Sungai Kerian. Sistem tanah bencah terdiri daripada Alur masuk, Zon makrofit *(high marsh* dan *low marsh*), Zon mikropol dan Alur keluar (Rajah 1). Zon makrofit adalah kawasan yang dipenuhi dengan tumbuhan semulajadi tanah bencah seperti pada Rajah 2. Antaranya *Eleocharis variegata, Typha angustifolia, Hanguana malayana, Lepironia articulata dan Eriocaulon longifolium.* Spesis tumbuhan ini hidup pada kedalam air yang berbeza dan setiap satunya berperanan dalam merawat air. Zon makrofit direka dengan kedalaman kurang dari 1 meter bersesuaian bagi tumbuhan untuk hidup manakala Zon mikropol adalah kawasan yang berkedalaman sehingga 2 meter untuk tujuan pemendapan bahan mendakan. Alur masuk adalah kawasan air masuk dari kolam tahanan manakala Alur keluar adalah air keluar ke Sungai raduk terus ke kolam rekreasi dan keluar ke Sungai kerian.



(a) **(b)**

Rajah 1: (a) Lokasi kajian sistem tanah bencah di Kampus Kejuruteraan USM
(b) Pelan susun atur sistem tanah bencah buatan

Rajah 2: (Dari kiri); *Eleocharis variegata, Typha angustifolia, Hanguana malayana, Lepironia articulata dan Eriocaulon longifolium.*

2.2 Kaedah Kajian

Persampelan yang berbeza telah dijalankan mengikut penyelidik. Mohd Sidek et al. (2004) telah mengambil sampel di kawasan Alur masuk, Zon makrofit dan Alur keluar, manakala Shaharuddin et al. (2011) telah membahagikan 6 lokasi persampelan di kawasan Zon makrofit dan 9 lokasi di Zon mikropol termasuk Alur masuk dan Alur keluar, mengikut kesesuaian dengan skop dan objektif masing-masing. Parameter in-situ yang diambil ialah suhu, oksigen terlarut, pH serta ujikaji makmal antaranya nitrate, nitrite, ammonia, phosphorus, COD, BOD, *lead* dan TSS. Pemantauan biodiversity antaranya komposisi fitoplankton, invertebrat, ikan dan burung. Pengurusan yang telah dijalankan untuk mengekalkan fungsi sistem tanah bencah antaranya pemantauan kehidupan dengan survey, tangkap lepas tangkap semula dan kepadatan pokok sambil menjalankan beberapa aktiviti penuaian tumbuhan yang meliar dan penanaman semula.

3.0 Keputusan dan Hasil Perbincangan

Daripada kajian Mohd Sidek et al (2004), parameter yang diukur mengalami beberapa penambahbaikan, antarannya, TSS, peratus penurunan mencapai 50-100%; 33.3-80% untuk BOD_5; 23-26.6% untuk *Lead*, dari July sehingga September 2003. Manakala dari kajian Shaharuddin et al (2011), ammonia mengalami penurunan kepekatannya dari 0.37 mg/l ke 0.13 mg/l; fosfat 0.43 mg/l ke 0.07 mg/l; nitrat dari 3.1 mg/l ke 0.2 mg/l; nitrite dari 0.018 mg/l ke 0.01 mg/l; TSS dari 25 mg/l ke 9 mg/l; BOD dari 3.27 mg/l ke 2.19 mg/l dan COD dari 29 mg/l ke 13 mg/l. Hasil terkini yang diperolehi seperti dalam Jadual 1 di bawah membuktikan keberkesanan sistem tanah bencah dalam membantu merawat air larian hujan. Kehadiran kepelbagaian spesis burung di lokasi kajian pula membuktikan sistem tanah bencah melalui proses penghabitat semula yang mampu menyediakan tempat tinggal yang sesuai untuk setiap urutan rantai makanan seterusnya membentuk biodiversiti yang baru (Jadual 2). Rajah 3 menunjukkan pengurusan yang mapan mampu mengekalkan kualiti sistem tanah bencah, bukan sahaja untuk perawatan air bahkan untuk habitat dan biodiversiti. Pengurangan spesis tumbuhan yang

terlalu dominan dijalankan bagi menggalakkan pertumbuhan spesis tumbuhan yang lain manakala penanaman semula adalah untuk menggantikan pokok yang mati untuk kelangsungan pengambilan nutrien oleh pokok.

Jadual 1: Peratus penurunan dan lingkungan bacaan sepanjang Disember 2010 sehingga Disember 2011

	Temp (°C)	Cond (µS cm^{-1})	DO (mg l^{-1})	pH	Nitrite (mg l^{-1})	Nitrate (mg l^{-1})	PO4-P (mg l^{-1})	NH4-N (mg l^{-1})	BOD (mg l^{-1})	COD (mg l^{-1})	TSS (mg l^{-1})	Class
Peratus penurunan (%)	-	-	-	-	80	61.56	60.98	51.49	27.7	46.43	67.86	-
Lingkungan bacaan	30-31.5	133-138	7.78-8.04	7.5 - 7.6	0.035-0.007	1.13-2.94	0.16-0.41	0.147-0.30	2.01-2.78	15-28	9-28	IIB-IIA

Jadual 2: Komposisi hidupan untuk pengukuran biodiversiti

	Fitoplankton	Invertebrat	Ikan	Burung
Komposisi individu	300 - 2400	70-125	20-42	30-45
Bilangan spesis	17	18	8	15

Rajah 3: (Dari kiri) Pembuangan pokok yang terlalu dominan, pembenihan pokok dan penaman semula pokok

4.0 Kesimpulan

Berdasarkan kajian yang diperolehi, sistem tanah bencah mampu meningkatkan kualiti air larian hujan seterusnya masalah pencemaran air berpunca dari air larian hujan dapat diatasi. Pengaplikasiaan sistem tanah bencah mampu merawat air dengan berkesan sekaligus menyediakan ekosistem baru dalam membentuk kepelbagaian biodiversity yang hampir pupus akibat pembangunan setempat.

Penghargaan

Berterima kasih kepada Pusat Penyelidikan Kejuruteraan Sungai dan Saliran Bandar (REDAC) atas kebenaran menjalankan kajian ini

Rujukan

Aminuddin. Ab. Ghani, Zakaria, N.A., Abdullah, R., Yusof, M. F., Mohd Sidek, L., A.H. Kassim & A. Ainan. (2004). BIO-Ecological Drainage System (BIOECODS): Concept, Design and Construction. The 6th International Conference on Hydroscience and Engineering (ICHE-2004), May 30th -June 3rd, Brisbane, Australia.

Mohd. Noor, N.A., Ayub, K.R., Mohd Sidek, L., Zakaria, N.A., Ab. Ghani, A. & Abdullah, R. (2004). Stormwater Treatment Using Constructed Wetland. 1st International Conference on Managing Rivers in the 21st Century : Issues & Challenges, 21st - 23rd September, Penang, Malaysia, pp. 442-446

Shaharuddin, S., Ab. Ghani, A., Zakaria, N.A. & Mansor, M. (2011). Biodiversity in Stormwater Constructed Wetlands: Case Study of USM Wetland. 3rd International Conference on Managing Rivers in 21st Century: Sustainable Solutions for Global Crisis of Flooding, Pollution and Water Scarcity (Rivers 2011), Penang, Malaysia, pp. 313-324, December 6-9, Penang, Malaysia. ISBN: 9789833067350

Zakaria, N.A., Ab. Ghani, A., Abdullah, R., Mohd Sidek, L. & Ainan, A. (2003). Bio-Ecological Drainage System (BIOECODS) For Water Quantity And Quality Control. International Journal River Basin Management, IAHR & INBO, Vol. 1, No. 3, pp. 237-251