

STRUKTUR HYBRID ENGINEERING SEBAGAI PERMEABLE BREAKWATER UNTUK MEREDUKSI ENERGI GELOMBANG PADA PANTAI BERPASIR

Hendra Hafid^{1*}, H.M Arsyad Thaha², Farouk Maricar², Bambang Bakri²

¹Mahasiswa Program Studi S3 Departemen Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

²Dosen Departemen Teknik Sipil/Prodi S3, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Makassar, Sulawesi Selatan

*Email: hendra.ukit@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan pengaruh porositas pada struktur Hybrid Engineering sebagai permeable breakwater sebagai salah satu alternatif untuk meredam energi gelombang yang menyebabkan abrasi pantai. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratorium dengan permodelan fisik membuat prototype dan mengadakan pengujian pada kolam uji (wave flume) untuk mengetahui deformasi gelombang terhadap adanya struktur hybrid engineering dengan beberapa skenario model dengan merubah porositas atau kerapatan dari brushwood terhadap ketinggian muka air, panjang dan periode gelombang. Energi gelombang dihitung pada lokasi di depan struktur dan di belakang struktur. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan energi gelombang pada kedua lokasi tersebut sehingga dapat diketahui pengaruh struktur hybrid engineering terhadap efisiensi peredaman energi. Pengaruh dimensi struktur terhadap peredaman energi gelombang tertinggi diperoleh dengan nilai peredaman enenergi tertinggi adalah pada saat kondisi $h/d = 0.75$ dimana kondisi tersebut ketinggian struktur lebih tinggi dari permukaan air. Pada kondisi peredaman energi gelombang jika dibandingkan dengan kedalaman perairan (d) nilai peredaman energi terbesar adalah pada saat $d = 15$ cm, sehingga dalam pemanfaatannya sebagai peredam energi gelombang ketinggian struktur harus lebih tinggi dari ketinggian Mean sea level (MSL) diperaian yang akan ditempatkan struktur permeable breakwater.

Kata kunci: breakwater permeable, brushwood, hybrid engineering

Abstract

This study aims to find the effect of porosity on the Hybrid Engineering structure as a permeable breakwater as an alternative tool to reduce wave energy that causes coastal abrasion. The research method used is an experimental laboratory with physical modeling, making prototypes and conducting tests on the test pool (wave flume) to determine the wave deformation of the presence of a hybrid engineering structure with several model scenarios by changing the porosity or density of brushwood to water level, length and period. wave. Wave energy is calculated at locations in front of the structure and behind the structure. The calculation is done by comparing the wave energy at the two locations so that it can be seen the influence of the hybrid engineering structure on the efficiency of energy reduction. The influence of the dimensions of the structure on the attenuation of the highest wave energy is obtained with the highest energy attenuation value is when the condition is $h/d = 0.75$ where the condition is the height of the structure is higher than the water level. In conditions of attenuation of wave energy when compared to the depth of the water (d) the greatest value of energy dissipation is at $d = 15$ cm, so that in its utilization as a wave energy absorber the height of the structure must be higher than the Mean sea level (MSL) in the water where the structure will be placed. permeable breakwater.

Keywords: breakwater permeable, brushwood, hybrid engineering

1. PENDAHULUAN

Indonesia yang merupakan negara kepulauan dengan Panjang pantai sekitar 80.000 km, mempunyai banyak permasalahan pantai, seperti erosi dan sedimentasi pantai, pendangkalan, pembelokan muara sungai dan sebagainya. Penanganan permasalahan pantai dengan menggunakan hard struktur berupa infrastruktur tradisional yang keras dan masif, masih seperti pemecah gelombang merupakan

salah satu solusi yang sering digunakan dalam upaya untuk menyelesaikan masalah sebagai respon terhadap perubahan yang terjadi di pantai

Namun dengan hard struktur sering terbukti kontraproduktif pada pantai berlumpur, selain itu penanganan dengan menggunakan hard structure juga tidak dapat mengembalikan sabuk mangrove yang hilang akibat erosi yang disebabkan gelombang pecah.

Langkah pertama yang diperlukan adalah untuk menghentikan proses erosi dengan mengembalikan sedimen yang hilang sehingga mendapatkan garis pantai yang stabil. Pendekatan ini bernama rekayasa *hybrid* (*hybrid engineering*) dalam hal ini teknik rekayasa digabungkan dengan proses yang ada di alam dan sumber daya yang tersedia, menghasilkan solusi dinamis yang mampu beradaptasi dengan keadaan yang berubah. Pendekatan rekayasa *hybrid* dapat diterapkan dalam berbagai situasi dan ekosistem (De Vriend HJ, 2012). Rekayasa *hybrid* itu berupa *Permeable Breakwater* dilakukan dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada disekitar pantai dengan menggunakan bahan berupa ranting atau dahan dari mangrove yang dipotong serta disusun membentuk suatu *breakwater*. Selain menggunakan material ranting atau dahan mangrove dapat juga digunakan material seperti bambu yang merupakan tanaman industri yang dapat dibudidayakan sehingga jumlahnya cukup banyak jumlahnya jika diterapkan di daerah pesisir pantai.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji bagaimana struktur *hybrid engineering* diterapkan pada *permeable breakwater* yang berfungsi untuk mereduksi energi gelombang.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dengan melakukan model fisik, di Laboratorium Riset Pantai Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan menggunakan saluran pembangkit gelombang. Permodelan fisik dilakukan untuk memecahkan masalah karena adanya keterbatasan pada suatu *prototype* (Hughes, 1993), seperti kerbatasan dalam ketelitian antara *prototype* dengan model fisik sehingga untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan teliti dilakukan permodelan fisik.

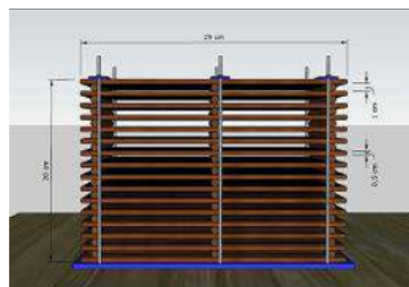
Permodelan fisik dilakukan untuk mengetahui perubahan karakteristik transformasi perubahan ketinggian gelombang terhadap struktur *Permeable Breakwater*. Untuk mengetahui perubahan transmisi gelombang disusun beberapa skenario model. berupa skematisasi dengan merubah porositas dari struktur *hybrid engineering* terhadap ketinggian muka air. Pengubah yang akan diamati adalah tinggi datang H_i , gelombang transmisi H_t terhadap bentuk struktur *breakwater*. Skenario model dengan variasi porositas struktur, ketinggian muka air, periode gelombang, dan tinggi gelombang.

Perhitungan energi gelombang pada percobaan ini dengan menghitung energi gelombang di *Wave Probe* (WP) 1 dan WP 2. Ketinggian gelombang WP1 dan WP2 dianggap sebagai energi gelombang datang dan WP3 merupakan energi gelombang setelah struktur. Reduksi energi didapatkan dengan menghitung perbandingan energi gelombang dan energi gelombang setelah struktur.

2.1 Persiapan

Tahap persiapan ini terdiri dari 3 bagian, yaitu:

1. Persiapan bahan percobaan dilakukan dengan mengumpulkan bahan berupa kayu bulat dengan diameter 5 mm untuk tumpukan kayu dan kayu bulat dengan diameter 5 mm, 8 mm dan 10 mm sebagai penyangga serta rangka dari besi.

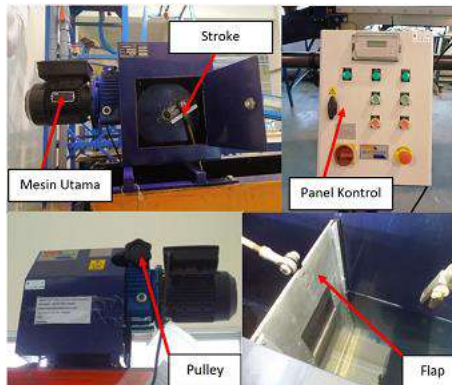


Gambar 1. Model *Breakwater Permeable* dengan *Hybrid Engineering*

2. Persiapan peralatan laboratorium agar dapat berfungsi dengan baik.. Saluran kaca memiliki panjang 1500 cm, lebar 30 cm dan tinggi 45 cm m. Dengan variasi penempatan struktur pada saluran kaca, area uji model yang bisa dimanfaatkan sepanjang 13 m. Saluran Gelombang (*Wave Flume*). Dengan mesin pembangkit gelombang tipe piston yang digerakan oleh motor listrik yang mampu membangkitkan gelombang regular sampai dengan ketinggian 25 cm, periode 1 - 2,6 detik. Peredam gelombang yang terpasang pada saluran kaca terbuat dari tumpukan batu kosong.



Gambar 2. *Wave Flume* pada Laboratorium Teknik Pantai Universitas Hasanuddin



Gambar 3. Unit pembangkit gelombang

3. Persiapan alat pengukuran dan processing data di telah dilakukan secara digital. Untuk parameter gelombang, jenis pengukuran yang dilakukan di antaranya: tinggi (H) dan periode gelombang (T). Prinsip kerja alat ukur dari *wave probe* adalah dengan melihat perbedaan voltase listrik sepanjang batang alat ukur yang terendam air dan tidak terendam air. Perbedaan voltase kemudian dikonversi menjadi ketinggian air atau h. sehingga sebelum dilakukan uji coba harus dilakukan kalibrasi sebelum pengukuran. Pada penelitian ini menggunakan 3 buah *wave probe*. Posisi *wave probe* di tempatkan dua sebelum struktur dan dua sesudah struktur kemudian keempat *wave probe* akan disambungkan dengan data *Acquisition* untuk menggabungkan hasil pengukuran dari *wave probe*.

Pada penelitian ini dilakukan kajian perubahan karakteristik transformasi gelombang terhadap *Permeable Breakwater*. Skenario model dilakukan dengan mengubah karakter skematisasi. Skenario model dilakukan dengan merubah karakteristik *brushwood* (kerapatan) terhadap ketinggian muka air d dan periode gelombang T.

Simulasi model gelombang yang dilakukan dengan menggunakan *regular wave*. *Wave flume* dilengkapi *wave absorber* di belakang struktur, yang mana tujuan pembuatan struktur tersebut untuk meredam gelombang agar tidak terefleksikan. Dengan demikian, pembacaan muka air oleh *wave probe* di belakang struktur tidak terpengaruh oleh gelombang refleksi. Pemasangan alat ukur gelombang (*wave probe*) sejumlah tiga buah alat ukur, dimana dua *wave probe* di depan struktur (kita definisikan sebagai *wave probe* 1 dan 2) dan satu *wave probe* di belakang struktur (*wave probe* 3).



Gambar 4. Posisi wave probe di depan dan di belakang struktur



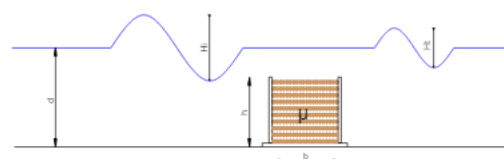
Gambar 5. Wave Monitor yang terhubung dengan komputer

Percobaan model fisik dilakukan di saluran kaca yang mana gelombang yang dibangkitkan dengan menggunakan generator tipe piston. Di bagian belakang struktur terdapat *wave absorber*.

Dengan memperoleh tinggi muka air di setiap channel *wave probe* maka akan dapat diketahui besarnya tinggi dan periode gelombang. Menurut Triatmodjo, B. (1999) penentuan besarnya tinggi gelombang dapat dilakukan dengan metode *zero up-crossing* yang mana satu tinggi gelombang terdiri dari satu tinggi muka air puncak dan satu tinggi muka air lembah yang melewati *still water level* (SWL). Hasil percobaan dan pembahasan.

2.2 Parameter Tak Berdimensi

Untuk mendapatkan hubungan antar parameter yang berpengaruh pada proses peredaman energi gelombang pada *breakwater permeable*, dipergunakan analisa dimensi dengan metode *Buckingham*. Faktor-faktor yang diperkirakan berpengaruh terhadap transmisi dan refleksi gelombang antara lain:



Gambar 6. Parameter permeable breakwater dan gelombang

dimana:

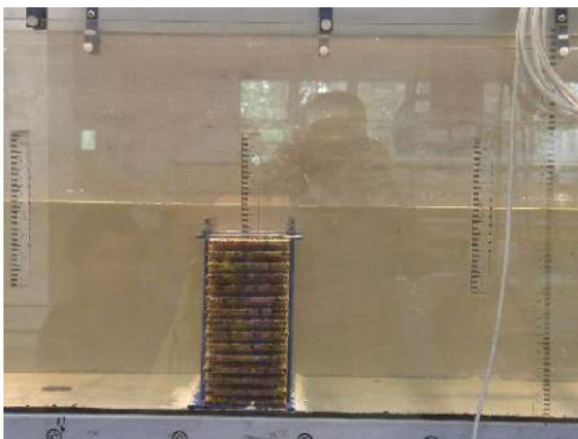
- Kt : transmisi gelombang
- d : kedalaman air
- h : tinggi puncak bangunan dari dasar
- B : lebar puncak
- Hi : tinggi gelombang datang
- Ht : tinggi gelombang setelah struktur
- g : gravitasi
- T : periode gelombang
- Φ : porositas

Dari pengelompokan parameter di atas ada 8 parameter dengan 2 parameter dasar sehingga akan diperoleh (8-2) bilangan tak dimensi. Dipilih hi dan g sebagai variabel berulang dengan pangkat yang tidak diketahui dan ditetapkan suku π sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= H_i a_1 g b_1 K_t \\ \pi_2 &= H_i a_2 g b_2 d \\ \pi_3 &= H_i a_3 g b_3 h \\ \pi_4 &= H_i a_4 g b_4 T \\ \pi_5 &= H_i a_5 g b_5 B \end{aligned}$$

2.3 Data Hasil Percobaan

Pengambilan data di laboratorium dengan menggunakan *wave probe* yang mana *wave probe* ini menggunakan prinsip mengukur konduktivitas listrik antara dua kabel paralel. Hal ini dilakukan dengan menggunakan konduktivitas air untuk menghasilkan hambatan yang akan dibaca oleh data logger dan akan diubah ke dalam bentuk ketinggian muka air atau gelombang. Pengambilan data percobaan Model fisik *breakwater permeable* dilakukan selama lima menit untuk setiap skenario percobaan. Kondisi skenario mewakili tiga kondisi bangunan yaitu muka air lebih rendah dari struktur, muka air sama dengan struktur, dan muka air lebih tinggi dari struktur.



Gambar 7. Posisi struktur pada muka air lebih tinggi dari struktur

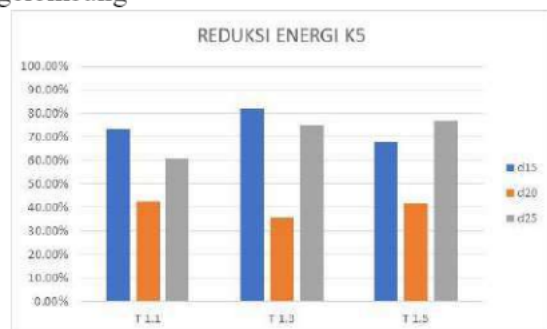
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

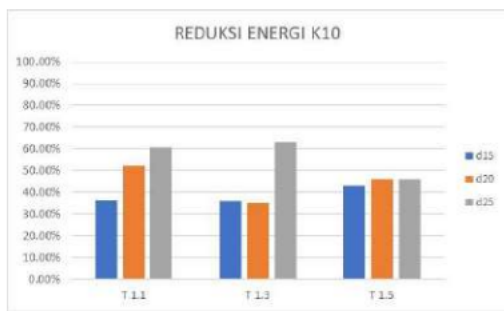
Perhitungan energi gelombang pada percobaan ini dengan menghitung energi gelombang di *Wave Probe* (WP) 1 dan WP 2. Ketinggian gelombang WP1 dianggap sebagai energi gelombang datang dan WP2 merupakan energi gelombang setelah struktur. Reduksi energi didapatkan dengan menghitung perbandingan energi gelombang dan energi gelombang setelah struktur.

Untuk kerapatan ($k = 5 \text{ mm}$) ketinggian struktur ($h = 20 \text{ cm}$) dengan variasi kedalaman muka air ($d = 25, 20, \text{ dan } 15 \text{ cm}$), di saat $d = 25 \text{ cm}$ dan $T=1.1\text{s}$ peredaman energi sekitar 60.86%, di saat $d = 20$ peredaman energi sekitar 42.63% kemudian pada saat $d=15$ peredaman energi berkurang menjadi 73.36%, peredaman semakin berkurang dengan bertambahnya periode gelombang

Untuk kerapatan ($k = 8 \text{ mm}$) ketinggian struktur ($h=20 \text{ cm}$) dengan variasi kedalaman muka air ($d = 25, 20, \text{ dan } 15 \text{ cm}$), di saat $d = 25 \text{ cm}$ dan $T = 1.1 \text{ s}$ peredaman energi sekitar 60.71%, di saat $d = 20$ peredaman energi sekitar 46.24% kemudian pada saat $d=15$ peredaman energi menjadi 36.27%, peredaman semakin berkurang dengan bertambahnya periode gelombang

Untuk kerapatan ($k = 10 \text{ mm}$) ketinggian struktur ($h=20 \text{ cm}$) dan $T=1.1\text{s}$ dengan variasi kedalaman muka air ($d = 25, 20, \text{ dan } 15 \text{ cm}$), di saat $d = 25 \text{ cm}$ dan $T = 1.1 \text{ s}$ peredaman energi sekitar 60.71%, di saat $d = 20$ peredaman energi sekitar 46.24% kemudian pada saat $d=15$ peredaman energi menjadi 36.27%, peredaman semakin berkurang dengan bertambahnya periode gelombang



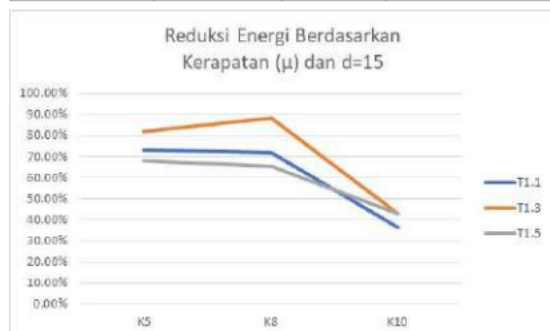


Gambar 8. Grafik reduksi energi gelombang untuk kerapatan K5 (a), K8 (b), dan K10 (c) dengan periode 1.1s, 1.3s dan 1.5s

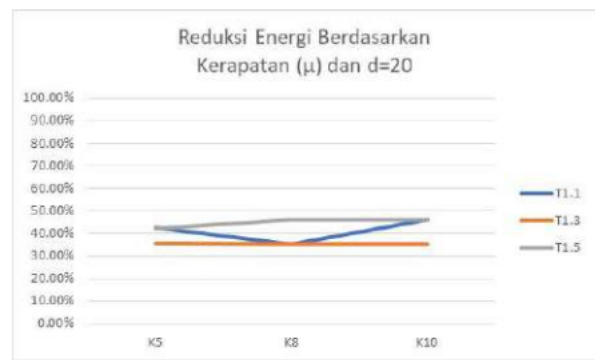
Dari Gambar 8, diperoleh peredaman energi gelombang tertinggi pada kerapatan K5 terjadi pada saat kedalaman $d=15$ cm. Dimana pada saat tersebut kondisi perairan $d=3/4$ h, begitu juga pada saat kondisi K8 dan K10 peredaman energi tertinggi diperoleh pada saat kondisi $d=3/4$ h. pada kondisi $d=h=20$ peredaman energi relatif menurun dengan meningkatnya periode gelombang.

Tabel 1. Rekapitulasi peredaman energi untuk berbagai kondisi

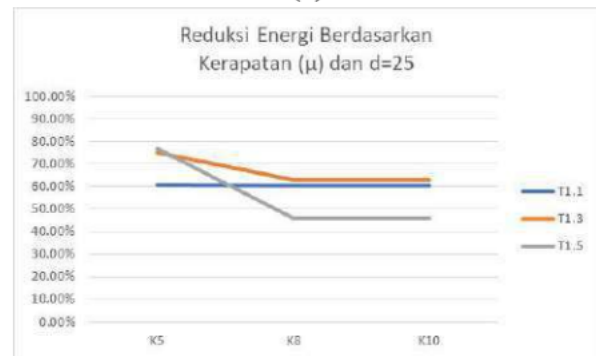
Kedalaman	Periode Gelombang	Kerapatan Struktur	Peredaman Energi Gelombang
d15	T1.1	K5	73.36%
		K8	71.93%
		K10	36.27%
	T1.3	K5	81.82%
		K8	88.38%
		K10	42.85%
T1.5	K5	68.08%	
	K8	65.29%	
	K10	42.85%	
d20	T1.1	K5	42.63%
		K8	35.41%
		K10	46.24%
	T1.3	K5	35.63%
		K8	35.41%
		K10	35.41%
T1.5	K5	41.95%	
	K8	46.24%	
	K10	46.24%	
d25	T1.1	K5	60.86%
		K8	60.71%
		K10	60.71%
	T1.3	K5	74.98%
		K8	62.86%
		K10	62.86%
T1.5	K5	76.78%	
	K8	46.24%	
	K10	46.24%	



(a)



(b)



(c)

Gambar 9. Perbandingan reduksi energi gelombang pada kedalaman $d=15$, $d=20$, $d=25$ untuk kerapatan K5, K8, dan K10 dengan periode 1.1s, 1.3s dan 1.5s

Pengaruh model pada *breakwater* dalam hal ini kerapatan *brushwood* (μ) dalam peredaman energi ditampilkan dalam gambar 9.

4. KESIMPULAN

Dari hasil ujicoba di laboratorium diperoleh peredaman energi gelombang untuk berbagai kondisi ketinggian muka air dan kerapatan (μ) seperti ditampilkan pada table peredaman energi untuk berbagai ketinggian struktur dan lebar struktur dari perbandingan antara ketinggian struktur dengan tinggi muka air (h/d) nilai peredaman enenergi tertinggi adalah pada saat kondisi $h/d = 3/4$ dimana kondisi tersebut tinggi muka air dibawah dari puncak struktur. Sedangkan untuk kondisi $h/d = 1$ dan 1.25 dimana rasio antara ketinggian muka air sama lebih besar ketinggian struktur maka nilai peredaman energi yang diperoleh sekitar 66-89%. Berdasarkan hasil penelitian ini nilai peredaman energi yang terbesar adalah dengan kondisi struktur dengan kerapatan 5 mm dimana pada model fisik ini diperoleh pada ketinggian struktur 20 cm dan lebar struktur 10 cm. Kondisi peredaman energi gelombang jika dibandingkan dengan kedalaman perairan (d) nilai peredaman energi terbesar adalah pada saat $d = 15$ cm atau pada saat ketinggian muka air paling rendah, sehingga dalam pemanfaatanya sebagai peredam

energi gelombang ketinggian struktur harus lebih tinggi dari ketinggian *Mean sea level* (MSL) diperarian yang akan ditempatkan struktur *permeable breakwater*.

DAFTAR PUSTAKA

- Chanson, H. 1999. Physical modelling of hydraulics. *The Hydraulics of Open Channel Flow*, 261–283. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-075065978-9/50021-0>.
- Dean, R. G., & Dalrymple, R. A. 1984. *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. Advanced Series on Ocean Engineering (Vol. 2). <https://doi.org/10.1142/9789812385512>.
- De Vriend HJ, v. K. 2012. *Building with Nature: Thinking, acting and interacting differently*. Ecoshape. The Netherlands: Building with Nature.
- Deltares, N. 2012, April 12. *Building With Nature For Coastal resilience*. Retrieved Agustus 30, 2016, from <https://publicwiki.deltares.nl/display/BWN1/BwN+for+coastal+resilience>.
- Dijkema, K. G. 1988. *The use of European marshaccretion*. Louisiana: Research Institute for Nature Management
- Tonneijck, F. W. 2015. *Building with Nature Indonesia Securing Eroding Delta Coastlines. R1.5_R1.6 Design & Engineering plan incl. Hardware plan*. Nedherland: Ecoshape.
- Winterwerp, J. W. 2014. *A sustainable solution for massive coastal erosion in Central Java*. Netherlands: Wetlands International.