

STUDI ANALISIS SEDIMENTASI DI SUNGAI PUTE RAMMANG-RAMMANG KAWASAN KARST MAROS

Nadhirah Al Ansar, Muhammad Arsyad, Sulistiawaty

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Makassar, Jl. Daeng Tata Raya, Makassar, 90224

e-mail : nadhirah_physics10@rocketmail.com

Abstract: *Study on Sedimentation of Pute River of Rammang-Rammang in Maros Karst Region.* Research on sedimentation analysis in Pute river at Rammang-Rammang Maros Karst Region aims to calculate suspended load and bed load, describing sedimentation rate, and analyze the types of sediment contained in Pute river. Water samples of Pute River water were taken using by water sample sediment tool. Sampling was conducted at two points called the dock I ($4^{\circ} 55'59,02''$ LS and $119^{\circ} 35'51,69''$ BT) and dock II ($4^{\circ} 55' 30,01''$ LS and $119^{\circ} 35' 27,77''$ BT). Water samples are then processed in Laboratory to determine the sediment concentration. The data were analyzed with formulate for getting suspended load value and bed load value. Suspended load value and bed load value were analyzed to estimate in a tabulation manner to presume of total sedimentation rate. For analyzing a types of sediment with using a sieve method. From the sedimentation analysis in Pute river obtained results: To suspended load in the dock I ranged from 0,1104-5,9221 g/s and dock II ranged from 0,2156-4,4297 g/s. For bed load value of dock I ranged from 0,0793-5,3821 g/s and dock II ranged between 2,7307-106,6038 g/s. Total value of sedimentation on the dock I ranged between 0.1573-9,5096 g/s and dock II ranged between 3,3721-109,9574 g/s, so the sediment load in the pute river included in the high category in accordance with Letter of Decree by The Minister of Forestry in 2005. Characteristics of sediment crawl based on particle diameter, obtained for the dominant type of sedimentation dock I is a coarse gravel. As for the dock II is dominant types of medium sand..

Abstrak: **Studi Analisis Sedimentasi di Sungai Pute Rammang-Rammang Kawasan Karst Maros.** Penelitian tentang analisis sedimentasi di Sungai Pute Rammang-Rammang kawasan karst Maros bertujuan untuk menghitung besar debit muatan sedimen melayang dan dasar, mendeskripsikan tingkat sedimentasi, serta menganalisis jenis-jenis sedimen yang terdapat di Sungai Pute. Pengambilan sampel air dari Sungai Pute menggunakan alat *water sampler sediment*. Ada 2 titik pengambilan sampel yang disebut dermaga I ($4^{\circ}55'59,02''$ LS dan $119^{\circ}35'51,69''$ BT) dan dermaga II ($4^{\circ}55'30,01''$ LS dan $119^{\circ}35'27,77''$ BT), kemudian sampel air diolah di laboratorium untuk menentukan konsentrasi sedimen. Data-data dianalisis secara formula untuk mendapatkan nilai besar debit muatan sedimen melayang dan debit muatan sedimen dasar, kemudian dianalisis secara tabulasi untuk mengetahui besar sedimentasi total, selain itu untuk menganalisis jenis-jenis sedimen digunakan metode ayakan dengan 7 *sieve*. Dari analisis sedimentasi di sungai Pute diperoleh hasil: debit muatan sedimen melayang di dermaga I berkisar 0,1104-5,9221 gram/s dan dermaga II berkisar 0,2156-4,4297 gram/s. Untuk debit muatan sedimen dasar di dermaga I berkisar 0,0793-5,3821 gram/s dan dermaga II berkisar antara 2,7307-106,6038 gram/s. Nilai sedimentasi total pada dermaga I berkisar antara 0.1573-9,5096 gram/s dan dermaga II berkisar antara 3,3721-109,9574 gram/s. Berdasarkan muatan sedimen total maka Sungai Pute termasuk dalam kategori tinggi sesuai SK Menteri Kehutanan Tahun 2005. Berdasarkan diameter partikelnya maka hasil karakteristik sedimen merayap pada dermaga I diperoleh dominan batu kerikil kecil, sedangkan untuk dermaga II dominan jenis sedimen pasir sedang.

Kata Kunci: sedimentasi, *sieve net*, Rammang-rammang, *water sampler sediment*

Sedimen secara umum merupakan tanah atau bagian-bagian tanah yang terangkut oleh air dari suatu tempat yang mengalami erosi pada suatu daerah aliran sungai (DAS) dan masuk kedalam suatu badan air. Proses terjadinya sedimentasi yaitu pengendapan sedimen hasil

erosi yang terbawa oleh aliran air pada suatu tempat yang kecepatan alirannya melambat (Arsyad S. , 2000).

Kecepatan angkutan sedimen merupakan fungsi dari kecepatan aliran sungai dan ukuran partikel sedimen. Ada tiga cara pengangkutan

partikel sedimen di dalam aliran sungai, yaitu terlarut (wash load), melompat, dan dengan cara merayap atau menggelinding. Terlarut (wash load) merupakan pengangkutan partikel sedimen dalam aliran air yang berukuran kecil seperti tanah liat dan debu. Melompat merupakan pengangkutan partikel sedimen yang berukuran lebih besar, seperti pasir. Pengangkutan yang terakhir yaitu dengan cara merayap atau menggelinding di dasar sungai. Partikel sedimen yang bergerak dengan cara merayap di dasar sungai memiliki ukuran partikel yang lebih besar dari pasir, seperti kerikil (gravel). Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya ukuran partikel sedimen yang terangkut aliran air seperti: ukuran sedimen yang masuk ke badan sungai/saluran air, karakteristik saluran, debit dan karakteristik fisik partikel sedimen. (Asdak, 2010).

Menurut (Rahayu & dkk, 2009) ada 2 jenis sedimen yang terdapat di sungai yaitu sedimen melayang (*suspended load*) dan sedimen dasar (*bed load*). Pengukuran sedimen melayang dapat dilakukan dengan mengambil contoh air sungai melalui metode pengambilan langsung di permukaan (*grab samples*; untuk sungai yang homogen) atau metode integrasi kedalaman (*depth integrated*; untuk sungai dalam dan tidak homogeny). Sedangkan sedimen merayap diambil dengan metode perangkap.

METODE

Sedimen di sungai dibedakan menjadi dua jenis yaitu sedimen melayang (*suspended load*) dan sedimen dasar (*bed load*) (Rahayu & dkk, 2009). Contoh air sungai yang berisikan sedimen yang telah diambil dari lokasi penelitian yaitu dermaga I dan dermaga II kemudian dianalisis di laboratorium. Pemeriksaan/analisis di laboratorium ini bertujuan untuk menentukan nilai massa sedimen sehingga didapatkan nilai konsentrasi sedimen (C_s), untuk selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperoleh hasil debit muatan sedimen melayang (Q_s) dan debit

muatan sedimen dasar (Q_i) untuk tiap sampel sedimen.

Untuk mendapatkan nilai besar debit muatan sedimentasi digunakan persamaan berikut

$$Q_s = 0,0864 \times C_s \times Q \quad (1)$$

dimana besarnya debit muatan sedimentasi dipengaruhi oleh konsentrasi sedimentasi dan debit aliran. Nilai konsentrasi sedimentasi didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut

$$C_{si} = \frac{(g_2 - g_1)}{\text{volume air}} \quad (2)$$

tetapi sebelumnya perlu didapatkan hasil massa sedimen. Volume sampel air yang diambil yaitu 1000 mL (1 liter), dengan 4 titik pengambilan sampel air yaitu pada titik 4°55'59,02" LS dan 119°35'51,69" BT merupakan titik A pada dermaga I, 4°55'58,79" LS dan 119°35'51,28" BT merupakan titik B pada dermaga I. Dan untuk titik A pada dermaga II terletak pada koordinat 4°55'30,01" LS dan 119°35'27,77" BT, titik B terletak pada koordinat 4°55'30,11" LS dan 119°36'28,07" BT.

Adapun data kecepatan aliran sungai digunakan merupakan data hasil pengukuran lapangan (Zainal 2014) di sungai Pute pada waktu dan tempat yang sama dengan pengambilan sampel air sungai. Adapun pengukuran lebar sungai pada dermaga I yaitu 18 meter dan lebar sungai pada dermaga II yaitu 13 meter.

Setelah didapatkan nilai debit muatan sedimen melayang dan sedimen dasar, selanjutnya menghitung nilai sedimentasi total sesuai dengan tujuan penelitian yang kedua berdasarkan tahap kelanjutan dari tujuan penelitian pertama. Berdasarkan tipe gerakannya muatan sedimen total merupakan hasil penjumlahan dari muatan dasar dan muatan melayang. Nilai sedimentasi total ini bertujuan

untuk mengetahui kemungkinan muatan sedimen yang terjadi di titik pengambilan sampel air tersebut. Secara matematis nilai sedimentasi total dinyatakan seperti pada persamaan berikut

$$S = Q_s + Q_i \quad (3)$$

Dimana S (gram/s) adalah sedimentasi total, Q_s (gram/s) adalah debit muatan sedimen melayang dan Q_i (gram/s) adalah debit muatan sedimen dasar.

Sesuai dengan tujuan penelitian ketiga dilakukan pengklasifikasian sedimen untuk mengetahui jenis-jenis sedimen penyusun sedimen. Karena penyusun sedimen sungai memiliki ukuran yang berbeda-beda, pengklasifikasian sedimennya berdasarkan ukuran diameter partikel menggunakan Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Klasifikasi sedimen merayap sungai berdasarkan diameter partikel

Diameter Partikel (mm)	Klasifikasi Sedimen
-	Batu Kali (<i>bedrock</i>)
> 256	Bulder (<i>boulder</i>)
128 – 256	Kobel besar (<i>large cobbel</i>)
64 – 128	Kobel kecil (<i>small cobbel</i>)
32 – 64	Pebel besar (<i>large pebble</i>)
16 – 32	Pebel kecil (<i>small pebble</i>)
8 – 16	Batu kerikil kasar (<i>coarse gravel</i>)
4 – 8	Batu kerikil sedang (<i>medium gravel</i>)
2 – 4	Batu kerikil kecil (<i>fine gravel</i>)
0,5 – 1	Pasir sungai kasar (<i>very coarse</i>)
0,25 - 0,5	Pasir kasar (<i>coarse</i>)
0,125 - 0,25	Pasir sedang (<i>medium</i>)
0,063 - 0,125	Pasir halus (<i>fine</i>)
0,032 - 0,063	Pasir sangat halus (<i>very fine</i>)
< 0,032	Lumpur (<i>silt</i>)
	Tanah liat (<i>clay</i>)

Sumber : (Effendi, 2003)

Jenis sedimen yang diambil menggunakan alat *grab sampler* adalah sedimen yang benar-benar berada di dasar sungai.

Sampel yang diambil dari lokasi penelitian yaitu dermaga I dan dermaga II, terlebih dahulu dikeringkan agar kadar air yang terkandung pada sedimen tersebut berkurang. Proses selanjutnya yaitu pengayakan sedimen menggunakan *sieve net*. Ayakan *sieve net* terdiri dari 7 saringan yang memiliki diameter yang berbeda-beda. Sampel

ayakan hanya digunakan 100 gram untuk mewakili sedimen-sedimen merayap lainnya.

HASIL DAN DISKUSI

A. Nilai besar debit muatan sedimen

Hasil pengukuran langsung di dermaga I dan dermaga II (Zainal 2014), terlihat adanya variasi debit yang terjadi pada masing masing titik pengambilan sampel tiap harinya. Hal ini dikarenakan pengaruh cuaca yang terjadi. Terlihat pula variasi yang berbeda pada debit

aliran sungai pada pagi dan sore hari di hari yang sama. Di pagi hari debit alirannya lebih tinggi daripada debit aliran pada sore hari. Hal ini dikarenakan oleh adanya faktor pasang surut sungai, curah hujan yang tinggi, selain itu faktor vegetasi juga dapat mempengaruhi debit aliran, serta aktifitas manusia. Pada dasarnya saat terjadi hujan (hujan kecil) sebagian besar air langsung terinfiltrasi ke dalam tanah sehingga air pada aliran sungai tidak langsung mengalami penambahan debit. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Asdak, 2010) masuknya air ke dalam tanah menyebabkan kandungan air berkurang.

Berdasarkan hasil analisa laboratorium diperoleh nilai konsentrasi sedimen (Csi) yang bervariasi dari masing-masing titik pengambilan sampel tiap harinya, menurut Tchobanoglous and Burton (1991) dalam (Effendi, 2003), komposisi limbah cair kegiatan domestik untuk parameter padatan tersuspensi (melayang) dengan konsentrasi 350 mg/l termasuk kategori berat, 200 mg/l kategori sedang dan 100 mg/l kategori ringan. Rata-rata nilai konsentrasi sedimen yang diperoleh untuk dermaga I 12,3000 gram/m³ sedangkan untuk dermaga II 16,4000 gram/m³ termasuk dalam kategori ringan, namun hal ini terjadi dikarenakan adanya faktor yang mempengaruhi dinamika jumlah konsentrasi sedimen yaitu faktor kecepatan aliran yang berubah-ubah tiap daerah, adanya perubahan cuaca saat pengambilan sampel, dan adanya siklus pasang surut pada sungai tersebut sehingga juga dapat mempengaruhi nilai Qs dan Qi (debit muatan sedimen) yang dihasilkan.

Besarnya nilai debit muatan sedimen melayang ditentukan oleh konsentrasi sedimen dan debit sungai. Konsentrasi sedimen yang tinggi tidak selalu menunjukkan debit muatan sedimen yang tinggi pula, namun sangat bergantung pada debit air sungai. Besarnya debit air sungai ditentukan oleh luas penampang sungai dan kecepatan arus. Oleh karena itu faktor-faktor,

curah hujan dan parameternya, karakteristik tanah, vegetasi penutup tanah dan tataguna lahan sangat berpengaruh terhadap besarnya konsentrasi sedimen dan debit air sungai yang masuk ke laut.

Hasil debit muatan sedimen melayang pada dermaga I maupun dermaga II tidak terlihat perbedaan nilai yang mencolok jika dibandingkan dengan debit muatan sedimen dasarnya. Debit muatan sedimen melayang pada dermaga I berkisar antara 0,1104-5,9221 gram/s dan dermaga II berkisar 0,2156-4,4297 gram/s. Nilai debit muatan sedimen melayang lebih besar pada dermaga I jelas dikarenakan adanya pengaruh limbah masyarakat yang lebih tinggi dibanding di dermaga II.

Adapun nilai debit muatan sedimen dasar untuk dermaga I berkisar antara 0,0793-5,3821 gram/s dan dermaga II berkisar antara 2,7307-106,6038 gram/s. Sekali lagi debit muatan di dermaga II lebih besar dari dermaga I dikarenakan sedimen merayap pada dermaga II apabila terjadi guncangan sedikit akan dengan cepat mengeruh sedangkan di dermaga I sedimen merayapnya terlihat dominan bebatuan yang butuh tenaga yang cukup besar untuk menggerakkannya.

Adanya perbedaan hasil yang diperoleh dari nilai Qs dengan nilai Qi untuk masing-masing titik, dalam hal ini jumlah sedimen dasar lebih besar, disebabkan oleh karena pada dermaga I kebanyakan material-material terdiri dari bebatuan material keras dan berat, adapun yang melayang sebagian besar merupakan sampah hasil limbah masyarakat sekitar sungai setempat. Sedangkan pada dermaga II material yang mengendap pada dasar sungai merupakan lumpur dengan partikel sangat halus dan saling terikat sehingga sangat susah untuk bergerak sebagai sedimen melayang pada sekitar permukaan sungai.

B. Nilai Sedimentasi Total

Nilai sedimentasi total yang dihasilkan dari masing-masing titik pengambilan sampel merupakan hasil penjumlahan dari nilai debit muatan sedimen melayang (Qs) dan nilai debit muatan sedimen dasar (Qi). Secara keseluruhan nilai sedimentasi total apabila di rata-ratakan

mendapatkan nilai sebesar 15.7053 gram/s. Sesuai keputusan Menteri Kehutanan Nomor: SK.346/Menhut-V/2005 tentang kriteria penetapan urutan prioritas daerah aliran sungai, nilai sedimentasi total rata-rata di Sungai Pute termasuk dalam kategori tinggi.

Tabel 2. Hasil perhitungan nilai total sedimen (S)

Waktu	Lokasi	Debit muatan sedimen melayang (gram/s)	Debit muatan sedimen dasar (gram/s)	Total sedimen (gram/s)
7 April Pagi	4°55'59,02" LS 119°35'51,69" BT	3,6366	3,0909	6,7274
	4°55'58,79" LS 119°35'51,28" BT	0,8724	1,3698	2,2422
	4°55'30,01" LS 119°35'27,77" BT	0,8352	5,4079	6,2430
	4°55'30,11" LS 119°36'28,07" BT	0,2156	15,5598	15,7754
7 April Sore	4°55'59,02" LS 119°35'51,69" BT	0,4354	0,0701	0,5055
	4°55'58,79" LS 119°35'51,28" BT	1,1485	0,7055	1,8540
	4°55'30,01" LS 119°35'27,77" BT	0,7252	7,7876	8,5128
	4°55'30,11" LS 119°36'28,07" BT	4,4300	78,7038	83,1338
8 April Pagi	4°55'59,02" LS 119°35'51,69" BT	5,9222	3,5877	9,5098
	4°55'58,79" LS 119°35'51,28" BT	1,7644	5,3820	7,1464
	4°55'30,01" LS 119°35'27,77" BT	2,3062	15,8369	18,1431
	4°55'30,11" LS 119°36'28,07" BT	1,6641	15,5586	17,2228
8 April Sore	4°55'59,02" LS 119°35'51,69" BT	0,5371	0,7418	1,2789
	4°55'58,79" LS 119°35'51,28" BT	0,1104	0,7788	0,8892
	4°55'30,01" LS 119°35'27,77" BT	0,4653	2,9069	3,3721
	4°55'30,11" LS 119°36'28,07" BT	3,3537	106,6070	109,9607
9 April Pagi	4°55'59,02" LS 119°35'51,69" BT	2,0899	0,3817	2,4716
	4°55'58,79" LS 119°35'51,28" BT	0,2216	0,2558	0,4775
	4°55'30,01" LS 119°35'27,77" BT	1,0715	2,7306	3,8022
	4°55'30,11" LS 119°36'28,07" BT	0,5749	3,9039	4,4787
9 April Sore	4°55'59,02" LS 119°35'51,69" BT	0,2164	1,0021	1,2186
	4°55'58,79" LS	0,0781	0,0793	0,1574

Waktu	Lokasi	Debit muatan sedimen melayang (gram/s)	Debit muatan sedimen dasar (gram/s)	Total sedimen (gram/s)
	119°35'51,28" BT			
	4°55'30,01" LS	4,3078	11,3884	15,6961
	119°35'27,77" BT			
	4°55'30,11" LS	1,1843	54,9242	56,1085
	119°36'28,07" BT			

Adanya faktor curah hujan, vegetasi, dan kandungan bahan organik, serta aktifitas manusia menjadi faktor yang mempengaruhi besarnya erosi yang terjadi di aliran Sungai Pute sehingga membuat air yang mengalir di sepanjang aliran Sungai Pute dapat dengan cepatnya berubah menjadi keruh khususnya pada daerah aliran sekitar dermaga.

1. Karakteristik Sedimen

Ukuran butiran sedimen merupakan salah satu faktor penentu terjadinya abrasi atau sedimentasi pada suatu wilayah. Ada beberapa jenis pengklasifikasian pada Tabel 1. Dari hasil kerukan sampel sedimen pada dermaga I didapatkan sebuah sedimen yang berdiameter 13,2 cm atau 132 mm, dalam Tabel ini merupakan kobel besar (*large cobbel*), namun ini tidak dimasukkan dalam sampel karena sampel yang didapatkan dominan berupa butiran-butiran kecil. Sedimen yang ukuran butirannya kecil tersebut kemudian diukur dengan menggunakan alat ayakan *sieve net*.

Tabel 3. Klasifikasi sedimen merayap sungai berdasarkan diameter partikel (ukuran *sieve net*) pada dermaga I

Klasifikasi sedimen	Massa sedimen merayap (gr)	Persentase kumulatif (%)
Pasir sangat halus	0,3358	0,34%
Pasir halus	1,7278	1,73%
Pasir sedang	9,3523	9,35%
Pasir kasar	12,3841	12,38%
Pasir sungai kasar	18,7362	18,74%
Batu kerikil kecil	57,0983	57,10%
Jumlah		96,64%

Jadi, pada dermaga I ini dapat dikatakan mengendapan sedimennya dapat berjalan dengan

mudah, karena partikel sedimen dengan ukuran butir sedimen yang lebih kecil umumnya lebih mudah berpindah tempat akibat aksi gelombang atau pergerakan arus dibandingkan dengan partikel sedimen dengan ukuran butir yang lebih besar.

Sedangkan pada dermaga II didapatkan sedimen berupa cairan hitam berlendir saat dikeluarkan dari air, setelah dipanaskan dibawah sinar matahari selama kurang lebih 2 hari sedimen tersebut mengeras layaknya batu dan tidak gampang dipecahkan. Hasil gerusan dari sedimen tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi sedimen merayap sungai berdasarkan diameter partikel (ukuran *sieve net*) pada dermaga II

Klasifikasi sedimen	Massa sedimen merayap (gr)	persentase kumulatif (%)
Pasir sangat halus	3,3308	3,33%
Pasir halus	27,6035	27,60%
Pasir sedang	30,0253	30,03%
Pasir kasar	24,8790	24,88%
Pasir sungai kasar	10,3833	10,38%
Batu kerikil kecil	2,9195	2,92%
Jumlah		99,14%

Letak dermaga I lebih dekat dengan laut atau muara dibandingkan dengan dermaga II, sehingga secara geologi seharusnya diameter butiran sedimen merayapnya lebih halus dibandingkan pada dermaga II. Ketidaksiuaian ini diakibatkan oleh kondisi sekitar dermaga I, dimana lokasi tersebut terdapat jembatan beton yang merupakan akses transportasi darat di daerah itu. Pembangunan jembatan beton tersebut mengakibatkan sisa-sisa material penyusun bangunan seperti kerikil-kerikil kecil banyak

berjatuhan ke sungai. Karena kerikil-kerikil kecil tersebut agak berat untuk kecepatan aliran di sungai Pute, mengakibatkan kerikil-kerikil kecil tersebut mengendap di dasar sungai.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa serta uraian-uraian pada bab-bab sebelumnya, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sedimentasi di Sungai Pute terbagi menjadi Q_s (debit muatan sedimen melayang) dan Q_i (debit muatan sedimen dasar). Debit muatan sedimen melayang pada dermaga I berkisar antara 0,1104-5,9221 gram/s dan dermaga II berkisar 0,2156-4,4297 gram/s. Dan nilai debit muatan sedimen dasar untuk dermaga I berkisar antara 0,0793-5,3821 gram/s dan dermaga II berkisar antara 2,7307-106,6038 gram/s.
2. Total debit muatan sedimen merupakan penjumlahan dari debit muatan sedimen melayang dengan debit muatan sedimen dasar. Nilai sedimentasi total pada dermaga I berkisar antara 0,1573-9,5096 gram/s, dermaga II berkisar antara 3,3721-109,9574 gram/s. Debit muatan sedimen total pada Sungai Pute termasuk dalam kategori tinggi sesuai Surat Keputusan Menteri Kehutanan Tahun 2005.
3. Karakteristik sedimen merayap berdasarkan diameter partikelnya, didapatkan jenis sedimentasi untuk dermaga I yaitu termasuk batu kerikil kecil, pasir sungai kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, dan pasir sangat halus, dengan dominan jenis sedimen batu kerikil kecil. Sedangkan untuk dermaga II terdapat sedimen berupa cairan hitam

berlendir, setelah setelah diolah, didapatkan jenis sedimen yang sama batu kerikil kecil, pasir sungai kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, dan pasir sangat halus, dengan dominan jenis sedimen pasir sedang.

DAFTAR RUJUKAN

- Arsyad, S. (2000). *Konservasi Air dan Tanah*. Bogor: IPB Press.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada university Press.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air , Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan .* Yogyakarta: Kanisius.
- Rahayu, S., & dkk. (2009). *Monitoring Air d Daerah Aliran Sungai*. Bogor: World Agroforestry Centre - Southeast Asia Regional Office. 104 p.