

# **RESTORASI SUNGAI**

## *River Restoration*

- › **Pembangunan Sungai**
- › **Dampak Pembangunan Sungai**
- › **Restorasi Sungai**

**Agus Maryono**, Dr.-Ing., Ir.  
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
Yogyakarta

**GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS**

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	v
LATAR BELAKANG .....	viii
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xxvii
<b>BAB 1 SUNGAI SEBAGAI SUATU SISTEM KOMPLEK DAN TERATUR .....</b>	<b>1</b>
1.1. Sungai sebagai Sistem Komplek .....	1
1.2. Sungai sebagai Sistem yang Teratur .....	8
1.2.1. Alur Sungai .....	8
1.2.2. Pulau Sungai .....	10
1.2.3. Sedimen dan Konfigurasi Dasar Sungai ...	13
1.2.4. Komposisi Material Dasar Sungai .....	18
1.2.5. Konfigurasi Vegetasi Sungai .....	20
1.2.6. Fauna Sungai .....	23
1.3. Filosofi Dasar dari Keteraturan Sistem Sungai ....	27
<b>BAB 2 SEJARAH PEMBANGUNAN SUNGAI .....</b>	<b>29</b>
2.1. Dekade Pembangunan Sungai .....	30
2.2. Dekade Dampak Pembangunan Sungai dan Kesadaran Lingkungan .....	34
2.3. Dekade Restorasi Sungai .....	34

<b>BAB 3</b>	<b>PEMBANGUNAN SUNGAI .....</b>	<b>37</b>
3.1.	Iklm di Eropa dan Indonesia .....	38
3.2.	Pembangunan Sungai .....	40
3.3.	Koreksi Sungai pada Pembangunan Transportasi Sungai ( <i>Inland Waterways - River Transports</i> )..	53
3.3.1.	Koreksi Sungai .....	54
3.3.2.	Proteksi Tebing .....	54
3.3.3.	Pengerukan Alur Sungai .....	56
3.4.	Interupsi Alur Sungai dengan Bendungan dan Bendung .....	58
<b>BAB 4</b>	<b>DAMPAK PEMBANGUNAN SUNGAI .....</b>	<b>62</b>
4.1.	Dampak Koreksi Sungai; Pelurusan, Sudetan, Pengerukan, Perkerasan Tebing Sungai .....	63
4.1.1.	Dampak Abiotik .....	63
4.1.2.	Dampak Biotik .....	83
4.1.3.	Dampak Koreksi Sungai pada Pembangunan Transportasi Sungai .....	88
4.2.	Dampak Pembangunan Bendungan dan Bendung di Sungai (Dampak Biotik dan Abiotik).	92
<b>BAB 5</b>	<b>RESTORASI SUNGAI .....</b>	<b>96</b>
5.1.	Meningkatkan Daerah Retensi Sungai Baik Sungai Kecil Maupun Sungai Besar .....	98
5.2.	Meningkatkan Ruang Resistensi Bantaran Banjir Alamiah .....	102
5.3.	Mendukung Proses Dinamik Sungai Secara Alamiah .....	104
5.4.	Membelok-belokan Sungai yang Telah Diluruskan .....	109
5.5.	Membuka Kembali Wilayah Sungai yang Terisolir	112
5.6.	Menstabilisasi Muka Air Tanah .....	115

5.7.	Implementasi Metode Teknik Biologi (Eko-Engineering) dalam Pengelolaan Sungai .....	116
5.8.	Pembuatan Bangunan Kemenerusan Sistem Sungai (Fishway) .....	119
5.9.	Mengatur Pembagian Debit Sungai Kaitannya dengan Syarat Minimum Debit Sungai di Suatu Ruas Alur Sungai Tertentu .....	124
5.10.	Mengurangi Amplitudo Gelombang Kapal pada Transportasi Sungai .....	125
5.11.	Implementasi Konsep Eko-Hidrolik dengan Mengharmoniskan Konstruksi Hidrolik, Morfologi, dan Ekologi Sungai .....	125
<b>BAB 6</b>	<b>KONSEP PEMBANGUNAN SUNGAI BERWAWASAN EKOLOGI HIDRAULIK (EKO-HIDRAULIK) SEBAGAI SOLUSI .....</b>	<b>127</b>
6.1.	Pendekatan Integralistik Ekologi dan Hidrolik, Harmonis Antara Perilaku Alamiah dan Pembangunan, dan Kesatuan antara Konservasi dan Pembangunan .....	128
6.1.1.	Integralistik Ekologi dan Hidrolik (Eko-Hidrolik) .....	128
6.1.2.	Harmonis antara Karakteristik Alamiah dan Pembangunan .....	129
6.1.3.	Kesatuan Antara Konservasi dan Pembangunan .....	131
6.2.	Drainase Bebas Banjir dan Ramah Lingkungan ..	132
6.3.	Konsep Distribusi Banjir Eko-Hidrolik .....	136
6.4.	Konsep Penanganan Sungai Kecil .....	138
6.4.1.	Kekeringan di Daerah dan di Perkotaan ...	139
6.4.2.	Kesalahan Pemahaman tentang Sungai Kecil .....	140

6.4.3. Akibat Keterlantaran dan Pembangunan Sungai Kecil .....	140
6.4.4. Solusi Revitalisasi Sungai Kecil .....	142
6.5. Implementasi Penentuan Batas Wilayah Sungai ..	142
6.6. Implementasi Konsep ORPIM ( <i>One River One Plan One Integrated Management</i> ) .....	147
6.6.1. Konsep Integralistik dalam ORPIM.....	147
6.6.2. Penanganan Wilayah Sungai .....	148
6.7. Konsep Eko-Hidrolik dalam Penanggulangan Banjir .....	149
6.7.1. Konsep Eko-Hidrolik ( <i>Eco-Hydraulics</i> ) dan Konsep Hidrolik Murni ( <i>Conventional Hydraulics</i> ) .....	149
6.7.2. Dampak Penanganan Banjir dengan Konsep Hidrolik Murni .....	150
6.7.3. Pendekatan Program Penyelesaian Banjir dengan Konsep Eko-Hidrolik .....	151
6.7.4. Program Penanggulangan Banjir dengan Konsep Eko-Hidrolik .....	152
6.7.5. Implementasi Konsep Ekohidrolik .....	154
6.8. Restorasi Sungai di Indonesia .....	154
6.9. Pembangunan Kota Berbasis Sungai .....	156
6.10. Konsep Eko-Hidrolik untuk Menganalisis Masalah di Wilayah Keairan (Contoh Kasus Sudetan Citarundi, Jawa Barat) .....	158
6.10.1. Sungai Citarundi .....	159
6.10.2. Kajian Masalah .....	159
6.10.3. Kajian dengan Konsep Eko-Hidrolik ...	160
6.11. Konsep Eko-Hidrolik pada Pembangunan Bangunan Sabo Dam Gunung Berapi .....	163
6.12. Konsep Eko-Hidrolik untuk Menangani Banjir di Jakarta dengan Retarding Basin .....	168

6.12.1. Pendahuluan .....	168
6.12.2. Penyimpan Air .....	169
6.12.3. Masih Ada Lokasi .....	170
DAFTAR PUSTAKA .....	172
INDEKS .....	178

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Kompleksitas percabangan sungai membentuk pohon sungai, Sungai Serayu di Banjarnegara (Maryono, 1987). .....	2
Gambar 1.2.	Kompleksitas struktur dasar sungai (Nestmann & Lehman 2001). .....	3
Gambar 1.3.	Kompleksitas distribusi kecepatan, aliran sekunder, serta mikro dan makro turbulen (Nezu & Nakagawa, 1996). .....	3
Gambar 1.4.	Pengaruh vegetasi terhadap distribusi kecepatan (Naudascher, 1987). .....	4
Gambar 1.5.	Kompleksitas <i>braided river</i> , sungai di Jepang (Nakamura, 2003). .....	5
Gambar 1.6.	Kompleksitas meander sungai (Rosgen, 1996)....	6
Gambar 1.7.	Proses pembentukan pulau di tengah sungai (Mangelsdorf & Scheuermann, 1980). .....	7
Gambar 1.8.	Kompleksitas susunan, bentuk, dan letak pulau di sungai. Sungai Rhine, Jerman, abad 17 (Maryono, 1999). .....	7
Gambar 1.9.	Tipe alur sungai memanjang (Rosgen, 1996). .....	9
Gambar 1.10.	Bentuk dan susunan pulau di sungai. ....	11
Gambar 1.11.	Karakteristik pulau sungai; rasio panjang dengan lebar ( $l/b$ ), rasio lebar sungai dengan lebar pulau ( $B/b$ ), rasio lebar sungai dan panjang pulau ( $B/l$ ) (Maryono, 1999). .....	12
Gambar 1.12.	Konfigurasi alamiah pulau <i>overlapping</i> (Maryono, 1999). .....	12

Gambar 1.13.	Keseimbangan antara agradasi dan degradasi pada sungai alamiah (Rosgen, 1996). .....	14
Gambar 1.14.	Konfigurasi regular dasar dan morfodinamika sungai (Schumm, 1981). .....	15
Gambar 1.15.	Keterkaitan antara kedalaman air ( $y$ ), kecepatan aliran ( $V$ ), tinggi ( $H$ ) dan panjang ( $L$ ) dari struktur dasar sungai ( <i>transport bodies</i> ) (Nestmann & Lehmann, 2001). .....	17
Gambar 1.16.	Keterkaitan antara lebar sungai ( $B$ ) dan kedalaman sungai ( $H$ ) dengan kandungan lumpur (Schumm, 1960). .....	18
Gambar 1.17.	Kondisi dasar sungai dan perubahannya berdasarkan karakteristik, lebar sungai / kedalaman sungai ( $B/H$ ), jenis sedimen, dan kemiringan memanjang sungai (Schumm, 1999). .....	19
Gambar 1.18.	Konfigurasi vegetasi bambu (selang-seling) di sepanjang sungai (ilustrasi Sungai Winongo, Yogyakarta). .....	20
Gambar 1.19.	Sungai yang telah dibangun, karakteristik keteraturan vegetasinya tidak terlihat (LfU, 2001). ....	21
Gambar 1.20.	Zona melintang sungai dengan jenis vegetasinya (contoh Sungai Winongo di daerah Miri Sleman, 2001) (Maryono & GTZ, 2001). .....	22
Gambar 1.21.	Zonasi kehidupan dasar sungai (fauna benthos) (Schua,1970, Niemeyer-Lüllwitz & Zucchi, 1985, dalam Nestmann & Lehman, 2002). .....	24
Gambar 1.22.	Potongan melintang tubuh ikan air tawar, gempal hidup pada kecepatan air tinggi, pipih pada kecepatan air rendah (Schua,1970, dari Niemeyer-Lüllwitz & Zucchi, 1985, dalam Nestmann & Lehman, 2002). .....	25
Gambar 1.23.	Piramida rantai makanan dalam ekosistem (River and Japan No. 15/02/2000). .....	26



Gambar 2.1.	Pelurusan dan sudetan Sungai Rhine abad 16-18 (Keller, 1979). .....	31
Gambar 2.2.	Pelurusan Sungai Kushiro-Mire tahun 1960-an dan restorasi sungai (remeandering) tahun 2002 (Nakamura, 2003). .....	32
Gambar 2.3.	Ilustrasi perubahan lebar Sungai Rhine tahun 1600 dan setelah tahun 1950. ....	33
Gambar 2.4.	Sketsa pelurusan Sungai Bengawan Solo di Tangkisan, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah (tahun 1990). ....	33
Gambar 2.5.	Renaturalisasi Sungai Enz di Jerman Selatan (Mar-yono, 2002). ....	36
Gambar 3.1.	Proses pelurusan Sungai Neckar, Jerman, 1606-1988 (IKoNE, 2002). ....	41
Gambar 3.2.	Sungai kecil diluruskan, Jerman (IKoNE, 2002).	
Gambar 3.3.	Sungai kecil/menengah yang diluruskan (Sungai Code, Yogyakarta). ....	42
Gambar 3.4.	Pembangunan talud tegak (Sungai Code, Yogyakarta, 1994-2000). ....	43
Gambar 3.5.	Sudetan Sungai Danube, Eropa (Nestmann & Lehman, 2002). ....	44
Gambar 3.6.	Pelurusan Sungai Bengawan Solo, 1994 (Sudarta, 2001). ....	45
Gambar 3.7.	Tampang sungai yang telah luruskan (Sungai Bengawan Solo, Sukoharjo). ....	46
Gambar 3.8.	Penggal sungai mati akibat sudetan digunakan untuk keramba ikan, air terhenti (Sungai Bengawan Solo, Sukoharjo). ....	47
Gambar 3.9.	Sudetan Sungai Citarum, 2002 (Sobirin & DPKLTS, 2002). ....	48
Gambar 3.10.	Sungai Citarum yang terputus akibat sudetan ( <i>oxbow lake</i> buatan) di Bojong Tanjung; kualitas	

	air buruk, air tidak mengalir, gulma tumbuh dengan pesat (Sobirin & DPKLTS, 2002). ....	49
Gambar 3.11.	Sungai Citarum yang terputus akibat sudetan ( <i>oxbow lake</i> buatan) lokasi di Dara Ulin; kualitas air buruk, air tidak mengalir, sedimentasi tinggi (Sobirin & DPKLTS, 2002). ....	50
Gambar 3.12.	Ilustrasi pembangunan tanggul di kedua dua sisi sungai (VDG, 1995). ....	51
Gambar 3.13.	Potongan melintang tanggul dan kemungkinan rembesan, bocoran, <i>piping</i> , dan <i>overtopping</i> (Maryono, 2001). ....	51
Gambar 3.14.	Penyederhanaan tampang sungai ( <i>profile simplifying</i> ) dan penyempitan tampang (LFU Stuttgart, 2000). ....	52
Gambar 3.15.	Profil sederhana ( <i>simplifying</i> ) trapesium (LFU Stuttgart, 2000). ....	53
Gambar 3.16.	Tanggul paralel sungai untuk menaikkan muka air Sungai Rhine, Jerman (Nestmann, 2000). ....	55
Gambar 3.17.	Groin berjajar memanjang di kedua sisi Sungai Elbe, Jerman (Nestmann & Buchele, 2002). ....	56
Gambar 3.18.	Perkerasan tebing sungai dengan pasangan batu kali (Lozan Kausch, 1996). ....	57
Gambar 3.19.	Pembangunan sungai untuk mendukung transportasi dengan pengerukan dasar sungai serta pembuatan tanggul dan groin (Sungai Rhine, Jerman). ....	57
Gambar 3.20.	Tipe bendungan <i>rock and earth fill</i> (Nestmann & Lehman, 2002). ....	58
Gambar 3.21.	Bendung (Nestmann & Lehman, 2002). ....	59
Gambar 3.22.	Percabangan dan bendung untuk pembangkit listrik tenaga <i>micro-middle hydro</i> (Nestmann & Lehman, 2002). ....	60

Gambar 4.1.	Peningkatan kecepatan rata-rata setelah pelurusan dan sudetan Sungai Bengawan Solo di Stasiun Jurug (1991-1995 tahap konstruksi, setelah 1995 terjadi peningkatan kecepatan secara drastis) (Suprianto & Maryono, 2003). .....	67
Gambar 4.2.	Aliran pada sungai alamiah dengan vegetasi dan morfologi natural, kecepatan aliran relatif rendah (kiri). Aliran pada sungai tanpa vegetasi dengan morfologi buatan, kecepatan aliran relatif tinggi (kanan) (Maryono & GTZ, 2001). .....	68
Gambar 4.3.	Pelurusan dan sudetan sungai; meningkatkan slope sungai (slope sungai baru lebih terjal) dan memendekkan alur sungai (sungai baru lebih pendek). ..	69
Gambar 4.4.	Pemendekan waktu mencapai puncak dan waktu aliran dasar serta meningkatnya debit puncak (pencatatan debit di sungai Rhine, Maxau, Jerman) (dari Maryono, 2002). .....	70
Gambar 4.5.	Peningkatan tendensi banjir sungai Bengawan Solo setelah pelurusan dan sudetan (Suprianto & Maryono, 2003). .....	72
Gambar 4.6.	Peningkatan tendensi banjir di hilir sungai Rhine, Jerman dari tahun 1901 sampai 1991 (VDG, 1999).	
Gambar 4.7.	Tanggul memanjang sungai jebol, Sungai Oder, .. Jerman, 1998 (Waser & Boden, 1998). .....	73
Gambar 4.8.	Pelurusan dan tanggul Sungai Ara di Metropolitan Tokyo, kondisi bahaya (Minister of Land, Infrastructure and Transportation, Japan, 2002). .....	74
Gambar 4.9.	Tanggul jebol, Sungai Shin di Nagoya City (Minister of Land, Infrastructure and Transportation, Japan, 2002). .....	74
Gambar 4.10.	Erosi di Sungai Rhine setelah pelurusan dan sudetan (1810-1950) (Maryono, 2002). .....	76

Gambar 4.11.	Kondisi dinamik sungai alamiah yang tinggi (kiri) berubah ke kondisi dinamik rendah (kanan) (Patt <i>et al.</i> , 1996). .....	79
Gambar 4.12.	Sungai alamiah dengan dinamik sungai tinggi, Sungai Tambakbayan, Yogyakarta. ....	80
Gambar 4.13.	Ilustrasi pembuatan tanggul (dinamik sungai rendah) (VDG, 1995). ....	81
Gambar 4.14.	Kecenderungan kembalinya sungai dari yang sudah diluruskan ke meander lagi (Sungai Rhine) (Theobalt & Nestmann, 1994). ....	82
Gambar 4.15.	Hilangnya daerah sempadan sungai akibat koreksi sungai (hilangnya sempadan sungai berarti hilangnya habitat dan ekosistem pinggir sungai)..	84
Gambar 4.16.	Perbandingan sungai kecil alamiah (sangat heterogen) dan sungai ditanggul atau diluruskan (sangat homogen); tanda panah menunjukkan tipikal perubahan pada konsep pembangunan hidraulik murni (Patt <i>et al.</i> , 1999). ....	85
Gambar 4.17.	Ekosistem sungai yang hancur karena pelurusan sungai (oxbow buatan pada Sungai Bengawan Solo di daerah Sonorejo, Sukoharjo, 2002).....	86
Gambar 4.18.	Salah satu bekas Sungai Citarum (oxbow buatan) di daerah Rancamaya, telah mulai dipenuhi bangunan pemukiman dan tempat pembuangan sampah (Sobirin, 2003) .....	86
Gambar 4.19.	Perubahan menjadi hutan moor (hutan rawa) pada oxbow hasil pelurusan sungai (DFW, 1995).	87
Gambar 4.20.	Makrozoobenthos di dasar sungai (DFW, 1995)...	89
Gambar 4.21.	Bangunan bendung, sungai asli mengalami defisit air. ....	94
Gambar 5.1.	Penanaman tebing dan bantaran sungai yang telah diluruskan (model renaturalisasi Sungai	

	Enz dengan penanaman tebing dan bantaran, dokumentasi IWK-Karlsruhe, Jerman, 1992). ...	98
Gambar 5.2.	Aktivitas peningkatkan retensi sungai dan penanggulangan erosi (LfU Wasser, 1996). .....	99
Gambar 5.3.	Aktivitas peningkatan retensi sungai dengan penanaman vegetasi dengan metode eko-engineering. ....	99
Gambar 5.4.	Aktivitas peningkatan retensi sungai dengan penanaman vegetasi (LfU Wasser, 1996). .....	100
Gambar 5.5.	Aktivitas peningkatan retensi sungai melalui penanaman vegetasi dengan metode eko-engineering (LfU Wasser, 1996). ....	101
Gambar 5.6.	Tampang <i>double trapesium</i> dengan tanaman bantaran. ....	102
Gambar 5.7.	Pelebaran daerah bantaran sungai. ....	103
Gambar 5.8.	Rencana pembuatan ruang retensi sepanjang alur Sungai Rhine (LfU Baden Wurttemberg, 1997).	
Gambar 5.9.	Peningkatan kondisi dinamik sungai dengan merestorasi alur sungai dari lurus ke alur alamiahnya (sungai di Jerman Selatan) (LfU Wasser, 1995). ....	105
Gambar 5.10.	Penanaman kembali tebing sungai guna meningkatkan daya dinamik sungai. Kiri: Sungai Sulzbaechle, Jerman, 1990 (LfU Wasser, 1995). Kanan: <i>riparian forest development plan</i> di Sungai Kushiro Mire, Jepang, 2003 (Nakamura, 2003). ....	106
Gambar 5.11.	Penghilangan perkerasan tebing dan menanam vegetasi untuk renaturalisasi sungai. ....	106
Gambar 5.12.	Pembuatan pulau-pulau di tengah sungai (Sungai Enz, Jerman, 1990) (LfU Wasser, 2000). ....	107
Gambar 5.13.	Pulau buatan di sungai (Sungai Murr, Jerman,	

	1990) (LfU Wasser, 1995). ....	107
Gambar 5.14.	Pemasangan krip dan krip vegetasi untuk inisiasi terbentuknya meander pada sungai yang telah diluruskan. ....	108
Gambar 5.15.	Re-meandering sungai pada sungai yang telah diluruskan (Sungai Sulzbaechle, Jerman) (LfU Wasser, 1995). ....	110
Gambar 5.16.	Ilustrasi sungai setelah diluruskan dan dibelok-belokan kembali. ....	110
Gambar 5.17.	<i>Re-meandering</i> dan revegetasi Sungai Spelttach, Jerman, 1990 (LfU Wasser, 1995). ....	112
Gambar 5.18.	Reaktivasi anak Sungai Shibetsu dengan membuka kembali tanggul pembatasan sungai lama dan baru (membuka oxbow buatan) (Nakamura, 2003). ....	113
Gambar 5.19.	Pelurusan Sungai Citarum (2000-2005) dan oxbow yang terbentuk (Sobirin, 2002). ....	115
Gambar 5.20.	Metode eko-engineering (LfU Wasser, 1995). ...	117
Gambar 5.21.	Metode eko-engineering (Patt <i>et al.</i> , 1999). ....	118
Gambar 5.22.	Jenis-jenis <i>fishway</i> (LfU, 2000). ....	120
Gambar 5.23.	<i>Fishway</i> tipe alamiah (LfU, 2000). ....	121
Gambar 5.24.	<i>Fishway</i> tipe ramp (LfU, 2000). ....	122
Gambar 5.25.	<i>Fishtrack</i> tipe tangga dari beton (LfU, 2000). ...	123
Gambar 6.1.	Integralisasi komponen ekologi-hidrolik (profil sungai). ....	
Gambar 6.2.	Perkuatan tebing; bagian kanan harmonis antara pembangunan dan karakteristik sungai (talud ramah lingkungan) sedang bagian kiri tidak harmonis antara pembangunan dan karakteristik sungai (talud tidak ramah lingkungan). ....	129
Gambar 6.3.	Drainase konvensional (atas) dan drainase ramah lingkungan (bawah). ....	130

Gambar 6.4.	Penyebaran pemukiman tidak ramah lingkungan (A) dan ramah lingkungan - penyebaran satelit terkonsentrasi dan vertikal (B). .....	136
Gambar 6.5.	Ilustrasi banjir terdistribusi di sepanjang aliran sungai. ....	137
Gambar 6.6.	Banjir besar terkonsentrasi di satu tempat (bagian hulu ditanggul, disudet, atau diluruskan). ....	138
Gambar 6.7.	Sungai kecil alamiah (konservasi dan retensi hidraulik tinggi, habitat ekologi sehat); Sungai Tambakbayan, Yogyakarta, 2001. ....	139
Gambar 6.8.	Wilayah Sungai (daerah memanjang jari-jari sungai dari hilir hingga hulu selebar sempadan sungai). ....	143
Gambar 6.9.	Kecenderungan pembangunan permukiman di bantaran sungai. ....	144
Gambar 6.10.	Tipe umum sungai dan penentuan lebar daerah bantaran sungai. Tipe A: Sungai dengan bantaran banjir tidak lebar; Tipe B: sungai dengan bantaran banjir lebar; Tipe C: Sungai tanpa bantaran banjir. Lebar ekologi penyangga belum dimasukkan. ....	145
Gambar 6.11.	Lebar sempadan sungai dengan pendekatan konsep eko-hidraulik .....	147
Gambar 6.12.	Ilustrasi ideal penanggulangan banjir dengan konsep eko-hidraulik (FAO & Prinz, 1999). ....	150
Gambar 6.13.	Ilustrasi renaturalisasi sungai yang telah dibangun. ....	155
Gambar 6.14.	Rencana Sudetan Citandui yang membelokkan sungai Citandui dari Segara Anakan ke Teluk Nusawere. ....	158
Gambar 6.15.	Sabo dam di Kaliadem, Kabupaten Sleman, pada tahap akhir konstruksi, 2005. ....	164
Gambar 6.16.	Sabo dam di Sungai Gendol, Kabupaten Sleman, 2005. ....	165

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Panjang gelombang meander dan debit sungai. ....	10
Tabel 1.2.	Angka Froud dan konfigurasi dasar sungai (Naudascher, 1987). .....	16
Tabel 4.1.	Perubahan morfologi Sungai Elbe (1776-1994) (Harm, 1999). .....	64
Tabel 4.2.	Perubahan Sungai Bengawan Solo akibat pelurusan dari Jembatan Banmati sampai Jembatan Jurug (1986- 1995) (diolah dari Sudarta, 2001). .....	65