
PERUBAHAN FUNGSI LAHAN DI MUARA SUNGAI TERHADAP PELESTARIAN SUMBER DAYA AIR

I Gusti Agung Putu Eryani , I Nengah Sinarta dan I Nyoman Surayasa

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unwar, Denpasar

Email : gungeryani@yahoo.co.id

Abstract

Bali has many rivers with river water discharge conditions is quite large and a lot of wasted at the mouth of the river in vain , because not all of the water used for agricultural needs and raw water . Current physical land in the mouth of the river has begun to change from agricultural land into building that support tourism in Bali This is in line with the development of tourism industry of small -scale tourism and large -scale tourism . In line with this condition, the problem is how the characteristics of the river mouth in Bali with the change in land use in the mouth of the river and how water resources management methods that go into the mouth of the river so that water resources be sustainably. Research methods that will be used is phenomenology . This is in accordance with the principle of preservation of objects that many studies related to water resources management system . The research process consists of two stages . Results obtained in the form of characteristics of the river , the river mouth morphology after land use change around the mouth of the river , based on secondary data (reports of Bali Provincial Department of Public Works) and research in the field (primary data) , this study uses the software as a tool of analysis . Karakteristik morphology Sowan estuaries (Perancak and vicinity) is influenced by the tide . The slope of the river estuary is very gentle with the deposition of sediments in the estuary level is relatively high .Research materials are mostly primary data are searched directly in the research area and equipped with relevant secondary data from the last 5 years of data. Sowan river basin area 205,818 km² , with rainfall in the basin is about 1,900 mm per year . Kondisi for environmental water quality in the river mouth area Sowan obtained Perancak beach water quality data obtained magnitude BOD levels 10.61 mg / l and COD levels of 16.47 mg / l . Watershed wide Badung of 52,497 km², land conditions in the estuary area of Badung in Denpasar . Land use changes that often occur lately triggered sedimentation / siltation in the river cross-sectional area and also increase the discharge capacity of the body into the river so that it will increase the risk of flooding. Tukad Badung Denpasar flow splitting , 19,601 km river length, with headwaters located 12 km to the north of Denpasar and empties into the Gulf of Benoa , an important source of raw water for the city of Denpasar and southern Badung regency.

Keywords : estuary , land , river , raw water

1. Pendahuluan

Lahan yang berada di kawasan muara sungai di Bali saat ini sudah banyak yang beralih fungsi, terutama lahan-lahan pertanian yang berada di muara sungai Sowan, Kabupaten Jembrana dan di muara Sungai Badung yang berada di Kota Denpasar. saat ini sudah banyak berubah dari lahan pertanian

menjadi bangunan yang mendukung kegiatan pariwisata seperti perumahan, hotel dan restoran. Pengelolaan air permukaan yang dibuang kehilir sungai ini belum maksimal dimanfaatkan dan dilestarikan untuk kebutuhan air baku di Provinsi Bali. Untuk itu maka konsep pelestarian sumber daya air ini perlu direncanakan secara baik.

Dalam penelitian ini yang akan diteliti adalah perubahan fungsi lahan dari lahan pertanian berubah menjadi bangunan perumahan, ruko, hotel dan restoran di hilir sungai sampai ke muara sungai yang mengakibatkan terjadinya peningkatan kebutuhan akan air di musim kemarau dan dimusim hujan, air banyak yang terbuang ke laut secara berlebihan karena lahan penyerap air hujan berkurang, sehingga metode pelestarian sumber daya air yang masuk dan tersedia di muara harus dikelola dengan baik agar dapat dimanfaatkan secara maksimal, sebagai sumber air baku untuk kehidupan sehari-hari—hari masyarakat Bali. Penelitian ini menjadi penting/urgen mengingat akhir-akhir ini masyarakat di Bali pada saat musim kemarau mulai kekurangan sumber daya air untuk air baku dan di musim hujan terjadi banjir/roob dan instrusi air laut di lingkungan muara sungai Badung, dan muara sungai Sowan, Provinsi Bali yang mana penanganannya belum semua dapat diatasi secara tuntas.

Penelitian mengenai pelestarian sumber daya air di daerah muara sungai dengan adanya perubahan fungsi lahan terutama di muara Sungai Badung dan Muara Sungai Sowan diharapkan dapat melahirkan konsep baru yang khusus dibidang pengelolaan sumber daya air, serta karakteristik DAS, morfologi muara sungai dan debit air serta kualitas air yang masuk ke muara sungai, sehingga konsep ini masih memiliki fungsi dalam pengelolaan air di muara sungai yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air baku di Provinsi Bali.

2. Metodologi

Metode penelitian yang akan digunakan adalah fenomenologi. Hal ini sesuai dengan prinsip pelestarian objek studi yang banyak berkaitan dengan sistem pengelolaan sumber daya air. Proses penelitian terdiri atas dua tahapan. Hasil yang diperoleh berupa karakteristik DAS, morfologi muara sungai pasca perubahan fungsi lahan disekitar muara sungai, berdasarkan data sekunder (laporan Departemen PU Provinsi Bali) dan penelitian di lapangan (data primer), Penelitian ini menggunakan perangkat lunak sebagai alat analisis. Bahan penelitian sebagian besar berupa data primer yang dicari langsung di lokasi penelitian dan dilengkapi dengan data sekunder yang relevan dari data 5 tahun terakhir.

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil objek di Muara Sungai Sowan yang berlokasi di Kabupaten Jembrana, merupakan salah satu muara sungai yang ada di Bali, dan dipergunakan sebagai pelabuhan nelayan yang cukup ramai, dan di Muara Sungai Badung yang telah digunakan sebagai penampung air untuk diolah menjadi air baku untuk daerah Nusa Dua sekitarnya.



Lokasi muara sungai Sowan di Jembrana



Lokasi muara sungai Badung di Denpasar

2.2. Bahan dan Alat

Penelitian kualitatif yang deskriptif mengutamakan peranan manusia sebagai alat penelitian (*human instrument*) dan menggunakan perangkat lunak, pengambilan data sebagian besar dilakukan oleh peneliti, hanya pada kasus tertentu (pengukuran di muara) dibantu oleh tenaga ukur

profesional. Tujuan melakukan pengukuran adalah untuk validasi dan bukan untuk kuantifikasi. Untuk mengumpulkan data di lapangan digunakan alat questioner yang berisi pertanyaan bebas/terbuka selain pertanyaan normatif. Beberapa alat yang termasuk perangkat keras adalah, rol meter, peta topografi, peta Ishoyet Bali, kertas melimeter, pulpen, penggaris, pensil, karet penghapus, perekam suara (*casette*) dan kamera foto.

Bahan atau materi penelitian ini berupa data primer yang dicari langsung di lokasi penelitian. Selain itu, juga dilengkapi dengan data sekunder yang relevan dari jurnal terbaru atau buku laporan dari PU yang telah memiliki data dasar kedua muara tersebut. Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah peta, gambar, foto dan kondisi lingkungan fisik di muara secara empirik. Bahan-bahan penelitian ini terutama berkaitan dengan cara pengelolaan sumber air di muara (debit air, dan sedimen) dan kondisi lahan fisik saat ini.

2.3. Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder yang terdiri dari: kondisi lingkungan di hilir sungai/muara sungai saat ini terkait dengan perubahan lahan, debit air, kualitas air, dan jenis sedimen. Sedangkan data sekunder diperoleh berdasarkan laporan PU, BPS dan BLH.

2.4. Metode Analisis Data

Data yang diperoleh dari lapangan dan berdasarkan laporan yang diperoleh akan dianalisis untuk mendapatkan perubahan lahan, debit air dan kualitas air serta metode pengelolaan sumber daya air di daerah hilir sungai/muara sungai Badung dan muara sungai Sowan.

3. Hasil dan Pembahasan

Provinsi Bali yang berada di wilayah Indonesia bagian Tengah pada posisi 8°03',40" LS dan 114°25',53" BT - 115°42',40"BT. Tahun 2011 di Provinsi Bali, total luas lahan yang digunakan untuk lahan sawah mencapai 81.744 ha (14,50%), sedangkan luas lahan tahun 2010 mencapai 81.906 ha, berarti mengalami penurunan seluas 164 ha (0,20 %) (lahan menurut penggunaan di Bali, 2011). Permasalahan yang sejatinya dialami Bali selama ini adalah merosotnya perkembangan sektor pertanian dan juga peningkatan pertumbuhan kependudukan. Tingginya

pertumbuhan penduduk di Bali lebih disebabkan akibat adanya perpindahan dari desa ke kota. Perubahan fungsi lahan di Bali semakin meningkat seiring dengan penambahan penduduk yang membutuhkan lahan perumahan.

Selama tahun 1997- 2011 telah terjadi konversi lahan sawah seluas 6.109 ha, yang mengalami perubahan fungsi lahan menjadi lahan pertanian bukan sawah ataupun bukan pertanian. Prosentase alih fungsi lahan tertinggi selama kurun waktu 15 tahun terakhir terjadi di kota Denpasar yaitu sebesar 1,33 persen (35 hektar) per tahun (BPS,2011).

Perubahan fungsi lahan yang terjadi di Kabupaten Jembrana meliputi lahan kering/kebun, tambak, perumahan/ pemukiman dan kebutuhan lainnya. Rata rata mutasi lahan sawah dari tahun 2002 s/d 2006 sejumlah 281,5 hektar per tahun. Sedangkan mutasi lahan sawah menjadi non sawah dari tahun 2006 s/d 2007 terjadi hanya 49 hektar dan dari tahun 2007 s/d 2008 terjadi alih fungsi lahan seluas 72 hektar. (BPS, 2011).

3.1. Gambaran Umum Muara sungai Badung, di Kota Denpasar

Kondisi lahan di daerah Muara Sungai Badung di Kota Denpasar Perubahan tata guna lahan yang sering terjadi akhir-akhir ini memicu terjadinya sedimentasi/pendangkalan pada luas penampang sungai dan juga memperbesar kapasitas debit yang masuk ke badan sungai sehingga akan memperbesar resiko terjadinya bencana banjir. Tukad Badung yang mengalir membelah Kota Denpasar, dengan luas DAS 52,497 km² dan panjang sungai 19,601 km dengan hulu sungai berada 12 km di sebelah utara Kota Denpasar dan bermuara di Teluk Benoa, merupakan sumber air yang penting bagi Kota Denpasar dan Kabupaten Badung bagian Selatan. Sungai ini memiliki fungsi ganda, yaitu sebagai sumber air irigasi dan saluran pembuangan air bagi Kota Denpasar dan sebagian Kabupaten Badung, di sekitar alur sungai merupakan daerah pemukiman yang sangat padat sehingga sungai berfungsi sebagai saluran pembuangan. Kondisi ini akan menyebabkan badan sungai menjadi tempat pembuangan sampah, limbah rumah tangga dan limbah industri.

Pada saat musim penghujan aliran sungai berasal dari limpasan curah hujan dan tirsian air buangan dari sawah sekitarnya. Pada saat musim kemarau aliran sungai relatif kecil yang bersumber

dari aliran tirsan sawah sekitarnya dan air buangan rumah tangga.(BLH, 2011).

3.2. Karakteristik Morfolofi Muara Sungai Badung dan Kualitas Air di Muara sungai Badung

Karakteristik Morfologi Muara sungai Badung didominasi oleh gerak pasang surut, Kondisi kualitas air di Muara Sungai Badung di Kota Denpasar Menurut hasil pengukuran kualitas air sungai Badung, oleh BLH Provinsi Bali ,2012 diketahui kondisi kualitas air permukaan di hilir sungai dengan kadar BOD relatif tinggi yaitu berkisar 9,65-10,04 mg/l dan kadar COD berkisar 17,12 – 25,10 mg/l. Hal ini terindikasi kualitas air sungai telah tercemar oleh bahan-bahan organik terutama dari limbah domestik. Dengan tingginya kandungan bahan organik maka nitrat dan fosfat yang dihasilkan dari perombakan bahan organik juga tinggi di perairan. Kadar nitrat di Tukad Badung berkisar 12,162 – 13.913 mg/l, semakin meningkat kearah hilir. Kadar nitrat ini telah melampaui baku mutu air Kelas III yang ditetapkan maksimal 10 mg/l. Kadar fosfat berkisar 0,253 – 1,110 mg/l, diatas baku mutu air Kelas II yang ditetapkan maksimal sebesar 0,2 mg/l.

Parameter lainnya yang mengindikasikan pencemaran limbah domestik yaitu coliform total. Kadar coliform total di Tukad Badung di segmen hulu 4.600, meningkat kearah hilir hingga mencapai 21.000 dimana konsentrasinya jauh melampaui baku mutu air Kelas IV. (BLH, 2012).

3.3. Karakteristik morfologi Muara sungai Sowan di Perancak Kabupaten Jembrana

Karakteristik morfologi muara sungai Sowan (Perancak dan sekitarnya) dipengaruhi oleh Gelombang laut. Kemiringan sungai di daerah muara sangat landai dengan tingkat pengendapan sedimen di muara relatif tinggi. Pada musim penghujan daerah ini sering terjadi banjir.

Kondisi kualitas air untuk lingkungan muara sungai Sowan di daerah pantai Perancak diperoleh data kualitas air menurut Status Lingkungan Provinsi Bali, tahun 2012 diperoleh besarnya kadar BOD 10,61 mg/l dan kadar COD sebesar 16,47 mg/l.

DAS Tukad Sowan dengan luas 205,818 km². Curah hujan di wilayah DAS ini sekitar 1.900 mm per tahun dengan kondisi aliran sungai sepanjang tahun atau semi permanen. (Balai Wilayah Bali Penida, PU, 2012).

3.4 Kondisi lahan di DAS dan Muara Sungai Sowan Kabupaten Jembrana

Pembangunan di segala bidang di wilayah Kabupaten Jembrana, mengakibatkan mutasi lahan sawah menjadi lahan non (bukan) sawah tidak dapat dihindarkan. Alih fungsi lahan yang terjadi di Kabupaten Jembrana meliputi lahan kering/kebun, tambak, perumahan/ pemukiman dan kebutuhan lainnya. Rata rata mutasi lahan sawah dari tahun 2002 s/d 2006 sejumlah 281,5 hektar per tahun. Sedangkan mutasi lahan sawah menjadi non sawah dari tahun 2006 s/d 2007 terjadi hanya 49 hektar dan dari tahun 2007 s/d 2008 terjadi alih fungsi lahan seluas 72 hektar.

Mutasi lahan sawah Tahun 2009 di Kabupaten Jembrana terjadi pengurangan dan bahkan lahan sawah yang dulunya berkurang sekarang mengalami peningkatan dimana lahan yang dulunya merupakan lahan perkebunan dirubah oleh petani menjadi lahan sawah sehingga jumlah lahan sawah pada tahun 2009 mengalami peningkatan. Jumlah lahan sawah pada tahun 2008 yaitu 6.477 Ha sedangkan tahun 2009 seluas 6.820 Ha, terjadi kenaikan luas lahan seluas 343 Ha sekitar 5,29%. Konsep Pelestarian Sumber daya air di Muara Sungai Badung di Kota Denpasar dan Muara Sungai Sowan di Kabupaten Jembrana.

Kegiatan pengelolaan DAS juga dihubungkan dengan kelestarian sumber daya air, yaitu: Kuantitatif: memperbesar suplai air ke dalam tanah sehingga menambah tampungan air tanah dan meningkatkan *suplai* air tanah ke alur sungai yang berdampak mengurangi *fluktuasi debit limpasan*;

Kualitatif: mengurangi kandungan material *tersuspensi* aliran sungai (*suspended load*).Strategi pengelolaan sumber daya air adalah penghijauan di lahan kritis masyarakat dan Negara, penetapan dan pengelolaan hilir sungai saat digunakan sebagai pemukiman oleh masyarakat, pemanfaatan lahan sesuai kaidah-kaidah konservasi, pengelolaan kali bersih, pengendalian dan pengawasan pembuangan limbah industry,pembuatan jetty pendek maupun jetty panjang dan penetapan ijin penggunaan air berkaitan hak guna air. Beragamnya kondisi lingkungan pada beberapa daerah di sekitar muara sungai serta perkembangan ekonomi dan sosial, menjadikan tantangan bagi perkembangan daerah. Sehingga menuntut juga keberagaman spesifik analisa serta solusinya. Keberagaman ini harus diperhitungkan dalam perencanaan dan pengambilan keputusan untuk memastikan bahwa perlindungan dan penggunaan hilir sungai secara berkelanjutan

ada dalam suatu rangkaian kerangka kerja (*framework*).

3.5. Kualitas Sumber Daya Air Permukaan di Sungai Badung dan Sungai Sowan

Air permukaan di sungai pada akhirnya akan bertemu dengan laut di muara. Di muara akan terakumulasi semua bahan buangan yang berasal dari sepanjang aliran Sungai Sowan dan Sungai Badung akan terbawa oleh pergerakan arus. Pada waktu surut, arus akan mendorong air keluar dari muara dan menyebar ke laut sehingga material-material yang terkandung di muara akan ikut tersebar ke laut. Berbagai macam bahan buangan yang terakumulasi di muara Sungai Sowan dan Sungai Badung akan menyebar ke laut, ditambah lagi dengan berbagai macam material yang berasal dari laut. Dengan demikian kualitas air sungai menjadi penting untuk diketahui mengingat kualitas air permukaan sungai kondisinya akan berakhir di muara sungai.

- a. Kondisi kualitas air di Muara Sungai Badung di Kota Denpasar
Menurut hasil pengukuran kualitas air sungai Badung, diketahui kondisi kualitas air permukaan di hilir sungai dengan kadar BOD relatif tinggi yaitu berkisar 9,65-10,04 mg/l dan kadar COD berkisar 17,12 – 25,10 mg/l. Hal ini terindikasi kualitas air sungai telah tercemar oleh bahan-bahan organik terutama dari limbah domestik. (BLH Provinsi Bali, 2012).
- b. Kondisi kualitas air di Muara sungai Sowan Kabupaten Jembrana
Kondisi kualitas air untuk lingkungan muara sungai Sowan di daerah pantai Perancak diperoleh data kualitas air besarnya kadar BOD 10,61 mg/l dan kadar COD sebesar 16,47 mg/l. (BLH Provinsi Bali, 2012).

3.6. Kegiatan pengelolaan DAS dihubungkan dengan kelestarian sumber daya air :

Kuantitatif: memperbesar suplai air ke dalam tanah sehingga menambah tampungan air tanah dan meningkatkan *suplai* air tanah ke alur sungai yang berdampak mengurangi *fluktuasi debit limpasan*;

Kualitatif: mengurangi kandungan material *tersuspensi* aliran sungai (*suspended load*). Strategi pengelolaan sumber daya air adalah penghijauan di lahan kritis masyarakat dan Negara, penetapan dan pengelolaan hilir sungai saat digunakan sebagai

pemukiman oleh masyarakat, pemanfaatan lahan sesuai kaidah-kaidah konservasi, pengelolaan kali bersih, pengendalian dan pengawasan pembuangan limbah industri, pembuatan jetty pendek maupun jetty panjang dan penetapan ijin penggunaan air berkaitan hak guna air. Beragamnya kondisi lingkungan pada beberapa daerah di sekitar muara sungai serta perkembangan ekonomi dan sosial, menjadikan tantangan bagi perkembangan daerah. Sehingga menuntut juga keberagaman spesifik analisa serta solusinya. Keberagaman ini harus diperhitungkan dalam perencanaan dan pengambilan keputusan untuk memastikan bahwa perlindungan dan penggunaan hilir sungai secara berkelanjutan ada dalam suatu rangkaian kerangka kerja (*framework*).

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

- 1) Kondisi kualitas air di Muara Sungai Badung di Kota Denpasar tahun 2012 diketahui kondisi kualitas air permukaan di hilir sungai dengan kadar BOD relatif tinggi yaitu berkisar 9,65-10,04 mg/l dan kadar COD berkisar 17,12 – 25,10 mg/l. Hal ini terindikasi kualitas air sungai telah tercemar oleh bahan-bahan organik terutama dari limbah domestik.
- 2) Kondisi kualitas air di Muara sungai Sowan Kabupaten Jembrana
Kondisi kualitas air untuk lingkungan muara sungai Sowan di daerah pantai Perancak diperoleh data kualitas air menurut Status Lingkungan Provinsi Bali, tahun 2012 diperoleh besarnya kadar BOD 10,61 mg/l dan kadar COD sebesar 16,47 mg/l.
- 3) Potensi sumber daya air di daerah aliran sungai Sowan dan DAS Badung Potensi sumber daya air yang terdapat di DAS Sowan Perancak adalah 194,17 juta m³. Luas DAS Sowan Perancak 205,818 Km², dengan curah hujan di wilayah DAS ini sekitar 1.900 mm per tahun. Potensi sumber daya air yang terdapat di DAS Badung adalah 197,67 juta m³. Luas Daerah Aliran Sungai Badung sebesar 52,377 km² . dengan panjang sungai 19,601 km.
- 4) Kondisi lahan di daerah Muara Sungai Sowan di Perancak Jembrana DAS Tukad Sowan Perancak dengan luas DAS 205,818 km² Curah

hujan di wilayah DAS ini sekitar 1.900 mm per tahun dengan kondisi aliran sungai tidak sepanjang tahun atau semi permanen. Karakteristik morfologi muara sungai Sowan (Perancak dan sekitarnya) dipengaruhi oleh gelombang. Kemiringan sungai di daerah muara sangat landai dengan tingkat pengendapan sedimen di muara relatif tinggi. Pada musim penghujan daerah ini sering terjadi banjir.

- 5) Ditinjau dari pengelolaan kondisi fisik hilir sungai/muara sungai terdapat beberapa jenis pengelolaan, yaitu: Secara teknis, yaitu pengelolaan dengan teknik-teknik *konservasi* lahan, secara vegetatif, yaitu dengan penghutanan kembali lahan, secara fisik, yaitu dengan pembuatan bangunan jetty pendek atau panjang untuk mengurangi banjir roob. Pada prinsipnya kebijakan pengelolaan daerah hilir sungai merupakan hal yang sangat penting dalam rangka mengurangi dan menghadapi permasalahan sumberdaya air baik dari segi kualitas dan kuantitasnya.

4.2. Saran

- 1) Perlu peningkatan kesadaran masyarakat agar lahan di daerah DAS khususnya daerah hilir sungai dapat di jaga, Erosi terjadi di DAS akan menyebabkan pengendapan sedimen dan tumpukan sampah di lingkungan sekitar mulut muara sungai, hal ini sangat tidak diharapkan karena penutupan mulut muara oleh sampah dan sedimen akan mengganggu aliran air ke laut. Kondisi seperti itu akan dapat memicu terjadinya banjir/ banjir roob dimusim penghujan.
- 2) Untuk memelihara lebar mulut muara sungai dari penutupan sedimen ,hendaknya perlu dijadwalkan secara berkala kegiatan pengerukan/*dredging* sedimentasi di hilir sungai/muara sungai sehingga tidak terjadi banjir roob.

Daftar Pustaka

- Abd. Rahman As-syakur, Sandi Adnyana, IWayan, 2011, Perubahan Penggunaan Lahan dan Daya Dukung Lingkungan, PPLH Universitas Udayana, Denpasar.
- Badan Lingkungan Hidup (BLH), 2012, Status lingkungan Hidup Provinsi Bali. Bambang Triatmojo, 1999, Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik, 2011, Lahan menurut penggunaan di Jembrana 2011.
- Badan Pusat Statistik, 2011, Lahan Menurut Penggunaan di Bali, 2011. Balai Wilayah Sungai Bali Penida, PU, 2012, Penyusunan rencana pengelolaan sumber daya air.
- Bapedal, 2000, Pengelolaan Lingkungan Pesisir dan Lautan, Denpasar, Bali.
- Cahyono, S.A. 2002, Konservasi tanah dalam konteks Kebijakan, Info DAS 13: 14-26, Pusat Penelitian dan Balai Penelitian dan pengembangan Teknologi DAS, IBB, Solo.
- DHV Consultants, 1990, Laporan akhir Pengalaman Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Proyek Kali Konto, Departemen Kehutanan.
- Ditjen RRL (Direktorat Jendral Reboisasi dan Rehabilitasi lahan), 1999, Luas lahan kritis di Indonesia dan statistic dalam angka, Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Eryani, Sinarta, 2011, Karakteristik morfologi muara sungai Sowan di Pantai Perancak Kabupaten Jembrana, penelitian kelompok, LP2M Unwar, Denpasar.
- Jurnal Litbang Pertanian, 2003, Daerah Aliran Sungai bagian hulu, Bogor.
- Pedoman Konstruksi dan Bangunan, 2004, Perbaikan muara sungai dengan jeti, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.