

Kajian Sedimentasi pada Muara Sungai Batang Arau Kota Padang

Tipani Ulfah Sabrina, Taufiq Hidayat, Hartati, Zahrul Umar
Politeknik Negeri Padang.
fani.sabrina06@gmail.com

Abstrak

Sungai Batang Arau mempunyai panjang sungai $\pm 29,72$ km dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) ± 172 km², hulu sungai berada pada puncak bukit Punggung Lading Kecamatan Lubuk Kilangan dan Gunung Gadut Kecamatan Pauh Kota Padang, dan pada daerah hilir terdapat Pelabuhan Muara. Pelabuhan Muara dibangun pertama kali pada abad ke-17 hingga awal abad ke-20. Saat ini pelabuhan Muara berfungsi sebagai pintu gerbang antar pulau terutama menuju ke Kepulauan Mentawai, Pulau Sikuai, dan sekitarnya, serta kembali lagi ke kota Padang.

Akhir-akhir ini fungsi pelabuhan di muara sungai Batang Arau tempat keluar masuknya kapal – kapal terganggu karena terjadinya pendangkalan sungai. Ini terjadi karena tingginya tingkat penambahan penduduk sehingga mempengaruhi perubahan tata guna lahan dari hutan sekunder, kebun dan sawah menjadi kawasan permukiman, serta bertambah luasnya kawasan tambang batu kapur yang digunakan untuk dasar pembuatan semen oleh PT Semen Padang pada DAS Batang Arau yang mengakibatkan bertambahnya debit puncak *run off*, meningkatnya erosi dan konsentrasi sedimen di DAS Batang Arau.

Untuk menghitung angkutan sedimen di pelabuhan muara di DAS Batang Arau dilakukan dengan metoda Yang's dan metoda Engelund & Hansen. Dari hasil perhitungan yang dilakukan dengan Metode Yang's didapat hasil 28703,83 ton/tahun dan dengan Metoda Engelund & Hansen didapat hasil 34587,43 ton/tahun. Dan untuk estimasi tebal endapan di pelabuhan Muara Batang Arau kota Padang didapat dari hasil kajian angkutan sedimen yang berdasarkan angkutan sedimen terbesar Metoda Engelund & Hansen hasilnya adalah 21,64 cm per tahun.

Kata Kunci : *angkutan sedimen, erosi, tebal endapan.*

PENDAHULUAN

Secara geografis, DAS Batang Arau kota Padang terletak pada 0°48" sampai dengan 0°56"LS dan 100°21 sampai dengan 100°33" BT, dengan ketinggian 0 sampai

dengan 1.210 m dari permukaan laut (dpl). Secara administrasi, sebelah utara berbatasan dengan DAS Batang Kuranji, sebelah selatan berbatasan dengan DAS Timbalun dan DAS Batang Tarusan, sebelah timur berbatasan

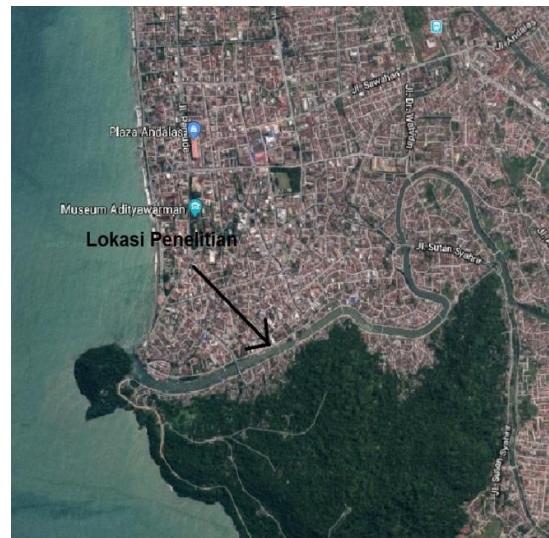
dengan Kabupaten Solok dan sebelah barat : berbatasan dengan Samudera Indonesia.

Sungai Batang Arau mempunyai panjang sungai ± 29,72 km dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) ± 172 km², hulu sungai berada pada puncak bukit Punggung Lading Kecamatan Lubuk Kilangan dan Gunung Gadut Kecamatan Pauh Kota Padang, dan pada daerah hilir terdapat Pelabuhan Muara. Pelabuhan Muara dibangun pertama kali pada abad ke-17 hingga awal abad ke-20. Saat ini pelabuhan Muara berfungsi sebagai pintu gerbang antar pulau terutama menuju ke Kepulauan Mentawai, Pulau Sikuai, dan sekitarnya, serta kembali lagi ke kota Padang

Akhir-akhir ini daerah hulu terjadi pengurangan luas tutupan hutan karena adanya pembukaan lahan-lahan hutan untuk ladang (pertanian lahan kering) berpindah dan maraknya penebangan liar, pertambahan penduduk yang mencapai 2 sampai 3 kali lipat sehingga penduduk mulai membuka lahan hutan untuk pertanian, karena sebagian lahan pertanian produktif telah dijadikan pemukiman, perkantoran dan lahan usaha, industri dan jasa, serta bertambah luasnya kawasan tambang batu kapur yang digunakan dasar pembuatan semen oleh PT Semen Padang pada DAS Batang Arau.

Akibat penurunan luas tutupan lahan daerah hulu, maka terjadi kecenderungan peningkatan debit maksimum, sehingga secara keseluruhan fungsi lahan sebagai penahan aliran permukaan semakin menurun, dan menyebabkan penurunan infiltrasi dan perkolasi serta meningkatkan aliran permukaan. Peningkatan aliran permukaan pada musim hujan akan menyebabkan peningkatan debit maksimum, peningkatan

erosi dan konsentrasi sedimentasi di bagian DAS hilir sehingga menyebabkan pendangkalan di daerah muara sungai Batang Arau



Gambar 1 Lokasi Studi

Analisis rerata hujan kawasan

Analisis hidrologi untuk menentukan rerata hujan kawasan ada beberapa metode yaitu metode aritmatik, metode poligon thiessen dan metode Isohyet. Pada penelitian ini digunakan metode Poligon Thiessen sebagai berikut :

$$P = \frac{(A_1P_1)+(A_2.P_2)+\dots+(A_n.P_n)}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots(1)$$

Dengan :

P = hujan rerata kawasan

P₁,P₂,P₃= hujan pada stasiun 1,2,3....,n

A₁,A₂,A₃ = luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,3...n.

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan besarnya suatu kejadian ekstrem terhadap frekuensi kejadian berdasarkan distribusi probabilitas. Beberapa jenis distribusi

frekuensi yang digunakan yaitu Metoda Distribusi Gumbel, Normal, Log Normal dan Gumbel.

Setelah selesai analisis distribusi probabilitas dengan ke empat metode tersebut, maka dilakukan uji distribusi probabilitas dengan metoda Smirnov Kolmogorov dan Metoda Chi-Kuadrat. Uji distribusi probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi sampel data yang dianalisis.

Analisis Debit Banjir Rancangan

Beberapa metode debit banjir rancangan yang dikembangkan berdasarkan karakteristik DAS dan sebaran hujan. Metode yang digunakan antara lain :

- a. Metode Hasper

$$Q_p = \alpha \times \beta \times I \times A \dots\dots(2)$$

- b. Metode Melchior

$$Q_p = \alpha \times I \times A \dots\dots (3)$$

- c. Metode Nakayasu

$$Q_p = C \times \frac{1}{3.6} \times A \times \frac{R_0}{0.3 \times t_p + t_{0.3}} \dots(4)$$

Dimana :

- Qp = Debit maksimum (m³/dt)
- A = Koefisien pengaliran
- B = Koefisien reduksi
- I = Intensitas hujan (m³/dt/km²)
- A = Luas daerah pengaliran (km²)
- C = Koefisien pengaliran
- A = Luas daerah pengaliran (km²)
- Ro = Curah hujan satuan (mm)
- tp =Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
- t0.3 = Waktu yang diperlukan pada penurunan debit puncak sampai ke debit sebesar 30 % dari puncak (jam)

AngkutanSedimen

Ada tiga macam angkutan sedimen yang terjadi di dalam alur sungai (Mulyanto, 2007) yaitu :

- a. *Bed load transport* yaitu peng- angkutan material terjadi pada aliran yang berkecepatan relative lambat, sehingga material yang terbawa arus bersifat menggelinding sepanjang saluran.
- b. *Saltation load transport* yaitu pengangkutan material terjadi pada aliran berkecepatan relative cepat, sehingga material yang terbawa arus membuat loncatan-loncatan akibat dari gaya dorong pada material tersebut.
- c. *Suspended load transport* yaitu Jika kecepatan aliran semakin cepat, gerakan loncatan material akan semakin sering terjadi sehingga apabila butiran tersebut tergerus oleh aliran utama atau aliran turbulen kearah permukaan, maka material tersebut tetap bergerak (melayang) didalam aliran dalam selang waktu tertentu.

Analisis Angkutan Sedimen Total

Angkutan sedimen total dapat dianggap sebagai penjumlahan *bed load* (T_b) dan *suspended load* (T_s), cara penjumlahan ini dipakai oleh Einstein. Dan Chih Ted Yang (1996) dalam buku *Sedimen Transport Theory and Practice* perhitungan angkutan sedimen total terdiri dari metode : a) Yang (1973) ; b) Ackers dan White (1973) ; c) Engelund dan Hansen (1967) ; d) Shen dan Hung (1972) ; e) Colby (1955) ; f) Bagnold (1966) ; g) Laursen (1985).

Dalam makalah ini penulis hanya menyajikan 2 metode yaitu :

a. Metode Yang (1973)

$$\text{Log Ct} = 5,435 - 0,286 \log \frac{\omega d}{\vartheta} - 0,457 \log \frac{U^*}{\omega} + \left(1,799 - 0,409 \log \frac{\omega d}{\vartheta} - 0,314 \log \frac{U^*}{\omega} \right) \log \left(\frac{V \cdot S}{\omega} - \frac{V_{cr}}{\omega} \right) \cdot S \dots \dots \dots (5)$$

Dimana : Ct = Total konsentrasi sedimen (PPM ; mg/lt)

$$\frac{V_{cr}}{\omega} = \frac{2,5}{\log \left(\frac{U^* d}{\vartheta} \right) - 0,06} + 0,66 \text{ untuk } 1,2 < \frac{U^* d}{\vartheta} < 70 \dots \dots \dots (6)$$

$$\frac{V_{cr}}{\omega} = 2,05 \text{ untuk } 70 \leq \frac{U^* d}{\vartheta} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana :

- Ct = Konsentrasi sedimen total (mg/lt)
- ω = Kecepatan jatuh sedimen (ft/sec)
- d = Diameter tengah partikel (ft)
- ϑ = Viskositas kinematik (ft²/sec)
- U* = Kecepatan geser (ft/sec)
- V_{cr} = Kecepatan kritis (ft/sec)
- S = Kemiringan sungai
- V = Kecepatan aliran (ft/sec)

b. Metode Englund dan Hansen (1967)

$$q_s = 0,05 \gamma_s \cdot V^2 \left[\frac{d}{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) d} \right]^{\frac{3}{2}} \dots \dots (8)$$

$$\tau_0 = \gamma \times D \times S \dots \dots (9)$$

$$Q_s = W \times q_s \dots \dots (10)$$

$$G_w = \gamma \times W \times D \times V \dots \dots (11)$$

$$C_s = \frac{Q_s}{G_w} \dots \dots (12)$$

Dimana :

- V = Kecepatan aliran (ft/s)
- d = Diameter tengah partikel (ft)
- g = Gravitasi (ft²/sec)
- γ_s = Massa jenis sedimen (lb/ft³)
- τ_0 = Tegangan geser (lb/ft²)
- γ_w = Massa jenis air (lb/ft³)
- D = Kedalaman sungai (ft)
- S = Kemiringan sungai
- W = Lebar sungai (ft)

Q_s = Muatan sedimen (lb/sec)

C_s = Konsentrasi sedimen total (mg/lt)

Untuk perhitungan selanjutnya adalah memilih hasil maksimum dari kedua metoda angkutan sedimen di atas dan membandingkan hasilnya dengan perkiraan besarnya erosi yang terjadi dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) menggunakan model USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dari USDA (*United States Departement of Agriculture*) untuk memperkirakan besarnya erosi permukaan suatu DAS (Ditjen Sumber Daya Air, 2003). Faktor yang mempengaruhi meliputi faktor erosivitas hujan, erodibilitas tanah, kemiringan dan panjang lereng, jenis penutup lahan dan pengolahan tanah.

Untuk menghitung tingkat erosi atau jumlah tanah yang hilang adalah sebagai berikut:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \dots \dots (13)$$

Dimana :

- A = Jumlah tanah yang hilang (ton/ha/tahun)
- R = Erosivitas hujan rata-rata
- K = Indeks erodibilitas tanah
- LS = Indeks panjang dan kemiringan lereng
- C = Indeks pengelolaan pertanian
- P = Indeks upaya konservasi tanah

Sedimen yang terbawa oleh sungai lebih sedikit dibandingkan dengan erosi total dari DAS yang ditinjau, besarnya sedimen yang terbawa oleh aliran sungai disebut juga Yield (hasil) merupakan perkalian antara SDR (*Sediment Delivery Ratio*) dengan erosi total (A_T) dari DAS tersebut. Rasio pengantaran sedimen tergantung dari luas DAS dan erosi total (A_T) atau dengan rumus :

$$Y = A_T \times SDR \dots \dots (14)$$

$$SDR = 0,41 \times A^{-0,3} \dots \dots (15)$$

(A dalam km²) (Kodoatie R.J dan Sjarief.R., 2008)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan pada DAS Batang Arau di pelabuhan muara, dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data Primer adalah data yang didapat langsung dari lapangan, dengan cara peninjauan langsung ke lokasi penelitian seperti foto dokumentasi sungai, kedalaman aliran ,penampang melintang sungai dan pengambilan sampel sedimen tahun 2018. Data Sekunder adalah data topografi Sungai Batang Arau, peta tataguna lahan dan data curah hujan tahun 2013-2015 dari BWSS V.

Dan selanjutnya dilakukan :

1. Analisis hidrologi dengan luaran curah hujan rencana dan debit banjir rencana
2. Analisis butiran sedimen di laboratorium
3. Analisis angkutan sedimen
5. Analisis tebal endapan sedimen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis uji distribusi probabilitas

Hasil analisis rerata hujan kawasan dengan metode Poligon, datanya dipakai untuk analisis distribusi probabilitas . Rekapitulasi hasil analisis distribusi probabilitas sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Analisis Distribusi Probabilitas

Periode Ulang	Hujan Rencana Harian Maksimum			
	Metode Distribusi Probabilitas			
	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson Tipe III
2	155,33	149,44	146,60	154,69
5	191,54	191,93	198,25	192,91
10	210,50	218,82	230,69	212,58
25	226,02	243,59	268,52	232,81
50	243,69	275,24	302,08	245,27

Kemudian ke empat metode tersebut diuji distribusi probabilitas dengan Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov dan yang dapat diterima setelah diuji dengan ke dua metoda tersebut adalah dengan Metode Normal.

Analisis Debit Banjir Rancangan

Selanjutnya data curah hujan dengan metoda normal dipakai untuk analisis debit banjir rencana dengan beberapa periode ulang sebagai berikut :

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Rencana

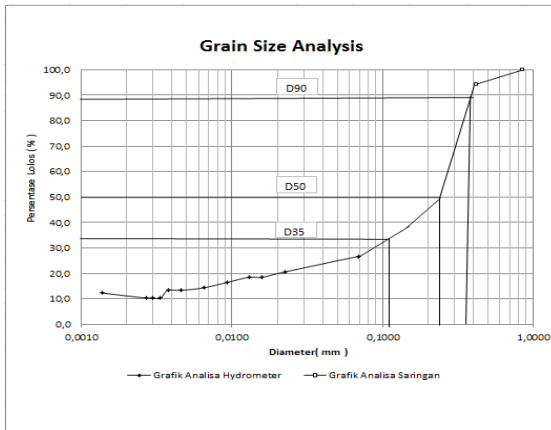
Periode Ulang (tahun)	Debit banjir rencana		
	Hasper (m3/det)	Melchior (m3/det)	Nakayasu (m3/det)
2	362,740	368,284	434,76
5	447,295	454,131	536,11
10	491,586	499,099	589,11
25	527,584	535,891	623,63
50	569,095	577,793	682,09

Dari ketiga metoda analisis debit rancangan, debit yang akan dipakai untuk tahap analisis selanjutnya adalah dengan metoda Nakayasu dengan periode ulang 2 tahun.

Analisis Karakteristik Sedimen

Pemeriksaan analisis sampel sedimen di laboratorium ini bertujuan untuk menentukan ukuran butira sedimen dan berat jenis sedimen. Untuk mendapatkan ukuran butiran D₃₅, D₅₀ dan D₉₀ langsung diplot pada grafik hubungan antara ukuran saringan dan komulatif persentase lolos (Gambar 1).

Berdasarkan gambar 1 dibawah diperoleh D₃₅ = 0,12 mm, D₅₀ = 0,25 mm dan D₉₀ = 0,38 mm.



Gambar 1. Hubungan antara ukuran saringan dan komulatif lolos

Analisis Angkutan Sedimen Total

Untuk analisis ini data debit yang digunakan adalah debit maksimum yaitu dengan periode ulang 2 tahunan yang diperoleh dari perhitungan debit banjir menggunakan Metode Nakayasu yaitu 434,76 m³/dt. Angkutan sedimen total dihitung dengan menggunakan Metode Yang, dan Engelund & Hansen.

Hasil analisis angkutan sedimen dengan Metode Yang, dan Engelund & Hansen tertera pada tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Angkutan Sedimen Total

Periode Ulang (tahun)	Metode Angkutan Sedimen Total (ton/tahun)	
	Yang's	Engelund and Hansen
2	362,740	34587.427
5	447,295	39913.701
10	491,586	42527.465
25	527,584	44667.941
50	569,095	47047.962

Analisis erosi dengan Metode USLE

Dengan diketahui :

- 1) Indeks erodibilitas tanah (K) diambil sebesar 0,11 (tanah regosol yang bahan induknya batu liat berkapur)
- 2) Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), diambil sebesar 1,4 (kemiringan lereng 8-15%)
- 3) Indeks pengelolaan tanaman (C), diambil sebesar 0,5 (kebun campuran dengan kerapatan rendah)
- 4) Indeks upaya pengelolaan (P), diambil 0,75 (pengelolaan tanah dan penanaman menurut garis kontur kemiringan 9-20%)
- 5) Indeks Erosivitas Curah Hujan (R) untuk periode hujan 2003 – 20155 didapat R rata-rata 533,94

Maka besaran erosi yang terjadi pada muara DAS Batang Arau dengan luas DAS = 172 km² adalah :

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

$$A = 535,94 \times 0,11 \times 1,4 \times 0,5 \times 0,75 = 30,95 \text{ ton/ha/tahun}$$

Sehingga besaran erosi adalah sebagai berikut :

$$A_{das} = 30,95 \times 17200 = 532350,77 \text{ ton/tahun}$$

Dan yang diperkirakan masuk kesungai “Y” hasil adalah :

$$SDR = 0,41 \times (A_{das})^{-0,3} = 0,41 \times (172)^{-0,3} = 0,087524$$

$$Y'_{hasil} = 0,087524 \times 532350,77 = 46593,27 \text{ ton/tahun}$$

Analisis sedimentasi

Analisis angkutan sedimen total didapat dengan mengkonversi endapan sedimen yang masih dalam satuan mg/l ke ton/tahun, maka, hasilnya sebagai berikut:

Diketahui panjang sungai Batang Arau dan anak sungai utamanya = 86.660 m,

lebar sungai rata-rata = 40 m, dan kedalaman air rata-rata (b) = 2,31 m, maka volume air sungai adalah = $86.660 \times 40 \times 2,31 = 8.007.384 \text{ m}^3 = 8.007.384.000 \text{ liter}$

Dan hasil berat Sedimen yang sudah dikonversi ke ton per tahun terlihat pada Tabel 4:

Tabel 4. Berat sedimen untuk metoda Yang'S dan Metoda Engelund Hansen

No	Metode	Vol. Air Sungai (lt)	Berat Sedimen	
			Mg/lt	Ton/thn
1	Yang'S	8007384000.00	3584.67	28703.83
2	Engelund & Hansen	8007384000.00	4319.44	34587.43

Dari Tabel 4, terlihat berat sedimen dengan metode Engelund dan Hansen hasilnya paling mendekati dengan yield (hasil) erosi tanah yang hilang, $Y = 46593,27 \text{ ton/tahun}$. Selanjutnya untuk perhitungan tebal endapan yang terjadi di Muara Batang Arau, hasil digunakan adalah angkutan sedimen dengan metode Engelund & Hansen.

Analisis tebal endapan dengan data-data pendukung yang diketahui seperti data kurva air balik 1755 m, massa jenis (γ_s) = 2,53 , Porositas (ϵ) = 0,4 (Breusers.H.N.C, 1988) dan Lebar sungai = 60 m, maka tebal endapan di pelabuhan muara adalah sebagai berikut:

- a. Volume sedimen padat = $34587,43/2,53 = 13670,9 \text{ m}^3$
- b. Volume sedimen total = $\frac{13670,9}{1 - 0,4} = 22784,9 \text{ m}^3$
- c. Luas penampang sungai = $1755 \times 60 = 105300 \text{ m}^2$

- d. Tebal endapan = $\frac{22784,9}{105300} = 0,2164 \text{ m} = 21,64 \text{ cm}$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Debit banjir yang terjadi di DAS Batang Arau untuk periode ulang 2 tahun adalah $434,76 \text{ m}^3/\text{dt}$.
2. Besar angkutan sedimen dengan metode Yang's adalah $3584,671 \text{ mg/lt}$ atau setara dengan $28703,835 \text{ ton/tahun}$, dan dengan metode Engelund & Hansen adalah $4319,442 \text{ mg/lt}$ atau setara dengan $34587,427 \text{ ton/tahun}$.
3. Besar erosi yang terjadi dengan metoda USLE adalah $532350,77 \text{ ton/tahun}$ dan yang diperkirakan masuk kesungai adalah $46593,27 \text{ ton/tahun}$.
4. Hasil kajian angkutan sedimen Metode Engelund & Hansen dipakai untuk menganalisis tebal endapan di pelabuhan Muara Batang Arau adalah $21,64 \text{ cm}$ per tahun.

Saran

1. Hasil dari penelitian ini menjadi masukan untuk pihak terkait untuk melakukan pengendalian erosi pada DAS Batang Arau dengan melakukan konservasi tanah secara agronomis, mekanis dan secara kimia.
2. Hasil penelitian ini menjadi masukan untuk perlu dibangun chekdam atau tumpungan sementara sebelum air buangan atau limbah galian tambang masuk ke DAS Batang Arau.
3. Sebaiknya dilakukan pembuangan sedimen minimal sekali dalam 3 tahun, untuk kelancaran keluar masuknya kapal di Pelabuhan Muara Padang.

4. Melakukan penelitian terkait dengan melakukan tinjauan aspek lain seperti pengaruh air pasang surut air laut dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak.C., 2002. Hidrologi dan Daerah aliran sungai. Gajah Mada University Prees, Yogyakarta.
- Bambang Triatmojo,2008.Hidrologi Terapan. Gajah Mada University Prees, Yogyakarta.
- Breusers.H.N.C., 1988. *Lecture notes on sediment transport 1*. Inernational course in hydraulic engineering, Delft 1988.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Dit-jen Sumber Daya Air, 2003. Pedoman Pengelolaan Kerusakan Lingkungan DAS.
- Gandakoesoema, 1970. Hidrolika, halaman 131. Penerbit Sumur, Bandung.
- Kodoatie, R.J dan Sjarif.R, 2008. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Edisi 2, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kamiana, I Made, 2011. Teknik Perhitungan Debit Banjir Rencana Bangunan Air, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Mulyanto H.R., 2007. Sungai danSifat-sifatnya, PenerbitGrahallmu, Yogyakarta.
- Nikken Consultan's.Inc 2001. Additional Consulting services on detailed design of Anai-Kandis River improvement in Padang flood control project.
- Siswoko, 2010. Upaya mengatasi banjir secara menyeluruh,