



PENERAPAN METODE MUSLE DALAM MEMREDIKSI HASIL SEDIMEN DI SUB DAS GARANG HULU PROVINSI JAWA TENGAH

Yunianto Tri Wijayanto✉

Jurusan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Januari 2012
Disetujui Februari 2012
Dipublikasikan Agustus 2012

Keywords:
MUSLE
The Sediment
Watershed

Abstrak

Perubahan ekosistem dengan kegiatan budidaya di Sub DAS Garang Hulu mengakibatkan terjadinya permasalahan erosi di daerah hulu dan sedimentasi di daerah hilir, sehingga perlu dilakukan perhitungan melalui prediksi hasil sedimen. Tujuan penelitian ini adalah menghitung hasil sedimen di Sub DAS Garang Hulu dengan menggunakan metode *MUSLE* (*Modified Universal Soil Loss Equation*). Hasil penelitian menunjukkan hasil sedimen (*sediment yield*) yang keluar dari Sub DAS Garang Hulu bervariasi. Hasil sedimen terbesar pada tanggal 6 Februari 2010 sebesar 23,1313 ton/kejadian dan terkecil pada tanggal 15 Februari 2010 sebesar 1,4025 ton/kejadian dari kejadian hujan tanggal 19 Januari - 4 Maret 2010. Prediksi hasil sedimen Sub DAS Garang Hulu menggunakan metode *MUSLE* untuk persamaan $MUSLE_{pre}$ dan $MUSLE_{obs}$ dengan konstanta $a = 11,6$ dan $b = 0,56$ diperoleh hasil sedimen yang berbeda nyata dengan hasil sedimen pengukuran lapangan. Setelah dilakukan penerapan untuk metode $MUSLE_{obs}$ dengan konstanta $a = 309,350$ dan $b = 0,332$ diperoleh hasil sedimen tidak berbeda nyata dengan pengukuran lapangan pada taraf signifikansi 95%. Sedangkan penerapan metode $MUSLE_{pre}$ tetap berbeda nyata dengan hasil sedimen pengukuran lapangan disebabkan nilai aliran permukaan yang tinggi.

Abstract

Changes in ecosystems with cultivation in Sub DAS Garang Hulu led to problems of erosion in the uplands and sedimentation in downstream areas, so it needs to be done through the calculation of the prediction results of the sediment. The purpose of this study is to calculate the sediment in Garang Hulu using MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation). The results showed the results of sediment (sediment yield) is out of Garang Hulu varies. The largest sediment occurred on February 6, 2010 at 23.1313 tons / events and the smallest occurred on February 15, 2010 amounted to 1.4025 tons / occurrence of rain events on 19 January to 4 March 2010. Prediction the result of analysis using the method MUSLE with constanta $a = 11.6$ and $b = 0.56$ shows that results are significantly different from an analysis using field measurements. Having made application for a method with constants $a = 309.350$ $b = 0.332$ and the results obtained sediment was not significantly different from field measurements at 95% significance level. While the application of the method remains significantly different from the results of field measurements of sediment due to the high surface flow.

Pendahuluan

Mempelajari tentang air di permukaan bumi tidak lepas dari cara pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air, yaitu di dalam daerah aliran sungai (DAS). Menurut Asdak (1995:4) DAS merupakan daerah aliran sungai atau daerah tangkapan air hujan yang dibatasi atau dipisahkan dengan daerah lain oleh pemisah topografis, yaitu punggung atau igir dan formasi geologis, berfungsi menyimpan dan mengalirkan air hujan yang jatuh di permukaan bumi mengumpul ke sungai-sungai menuju ke waduk dan akhirnya ke laut.

DAS memiliki faktor-faktor fisik yang saling mempengaruhi yang membuat ketidakseimbangan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air pada sungai, serta kerusakan lingkungan seperti erosi dan sedimentasi (Arsyad, 2010; Bambang, 1999; Smith, 2008). Menurut Seyhan (1977:6) faktor-faktor fisik DAS tersebut adalah 1) faktor-faktor iklim, 2) faktor-faktor tanah (topografi, tanah, geologi, geomorfologi) dan 3) tata guna lahan. Permasalahan ini terjadi di Sub DAS Garang Hulu.

Sub DAS Garang Hulu sebenarnya bukan kumpulan sungai yang memiliki lebar dan debit sungai yang besar. DAS dengan lebar sungai 10 meter memiliki peranan yang sangat penting sebagai daerah tangkapan air hujan di Gunung Ungaran. Menurut RTRW Provinsi Jawa Tengah dan RTRW Nasional dalam Dinas Peremukiman dan Tata Ruang Provinsi Jawa Tengah (2005:2), kawasan Sub DAS Garang Hulu merupakan kawasan lindung yang melindungi daerah hilir dan kawasan prioritas konservasi.

Perubahan-perubahan ekosistem di Gunung Ungaran dengan kegiatan budidaya di Kecamatan Bergas dan Ungaran mengganggu Sub DAS Garang Hulu sebagai daerah tangkapan air hujan. Hal ini menimbulkan masalah erosi di daerah hulu dan di daerah hilir berupa sedimentasi di Sungai Kaligarang mencapai 20 ton/ha/tahun (Dinas Peremukiman dan Tata Ruang Provinsi Jawa Tengah, 2005:2). Menurut Pusat Penelitian Tanah Bogor dalam BPDAS Pemali Jratun (2006:7) tanah yang dominan di Sub DAS Garang Hulu adalah tanah latosol coklat tua dan latosol coklat tua kemerahan yang memiliki kecepatan yang tinggi terhadap erosi.

Permasalahan erosi dan kerusakan tanah perlu dicegah sedini mungkin dengan menggunakan suatu model untuk memprediksinya, sehingga tindakan-tindakan pencegahan dan penanggulangan erosi dapat lebih terencana dan berhasil guna (Sudaryatno, 2002). Mengingat di

Indonesia belum banyak pengukuran dan pengumpulan data sedimen suatu DAS, apalagi untuk suatu daerah yang akan dikembangkan, maka dirasakan perlu untuk memperoleh cara memperkirakan besarnya hasil sedimen yang dapat terjadi pada suatu DAS. Cara atau model yang dihasilkan harus dapat memberikan hasil yang baik dengan data primer yang tersedia di daerah tersebut, seperti pada Sub DAS Garang Hulu.

Metode *USLE* (*Universal Soil Loss Equation*) merupakan metode prediksi erosi yang lazim digunakan Balai atau Sub Balai Rehabilitasi dan Konservasi Tanah (RKLT) di Indonesia. Berbeda dengan penelitian ini menggunakan metode *MUSLE* (*Modified Universal Soil Loss Equation*) merupakan modifikasi metode *USLE* yang masih tergolong baru di Indonesia. Metode ini merupakan metode prediksi erosi yang diterapkan di Sub DAS Garang Hulu yang ditujukan untuk menghitung hasil sedimen (*sediment yield*) yang berdasarkan kejadian hujan.

Berdasarkan pernyataan-pernyataan tersebut, maka tujuan penelitian, yaitu 1) menghitung hasil sedimen di Sub DAS Garang Hulu berdasarkan kejadian hujan, 2) menghitung hasil sedimen menggunakan metode *MUSLE* di Sub DAS Garang Hulu.

Metode

Metode penelitian mencakup lokasi dan objek penelitian, variabel penelitian, data primer dan sekunder, metode analisis. Penelitian ini dilaksanakan di daerah tangkapan air (*catchment*) Sub DAS Garang Hulu. Objek penelitian adalah hasil sedimen di Sub DAS Garang Hulu. Waktu penelitian dilaksanakan pada tanggal 19 Januari 2010 - 4 Maret 2010, yaitu pada bulan basah.

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1) tebal hujan harian, 2) tinggi muka air, 3) sampel sedimen, 4) kecepatan aliran sungai, 5) perubahan pemanfaatan lahan, 6) morfometri DAS, 7) kondisi fisik tanah, 8) indeks pengelolaan tanaman, 9) indeks tindakan khusus konservasi tanah.

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1) peta RBI Digital skala 1 : 25.000 lembar 1408-542 Ungaran, 2) citra penginderaan jauh *Google Maps* akuisisi 2010, 3) peta jenis tanah Sub DAS Garang Hulu, 4) peta geologi Sub DAS Garang Hulu, 5) Data DEM (*Digital Elevation Model*) 25 meter

Metode analisis yang digunakan untuk memprediksi hasil sedimen (*sediment yield*) di Sub DAS Garang Hulu adalah analisis metode *MUSLE*, merupakan modifikasi metode *USLE* dengan

nilai erosivitas hujan diubah menjadi nilai perkalian Q_p (metode *Rasional*) dan Q (metode *Curve Number*). Persamaan rumus dari metode *MUSLE* secara umum dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$S_y = a(Q \cdot Q_p)^b \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Keterangan:

S_y = hasil sedimen tiap kejadian hujan sesaat (ton/hujan)

a, b = konstanta, masing-masing berkisar 11,8 dan 0,56

Q = tebal aliran langsung (mm)

Q_p = debit puncak (m^3/dt)

K = faktor erodibilitas tanah

L = faktor kemiringan lereng (panjang lereng dan kecuraman lereng)

C = faktor pengelolaan tanaman, dan

P = faktor tindakan khusus konservasi tanah

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis dan pembahasan sesuai dengan tujuan penelitian yaitu, 1) menghitung hasil sedimen di Sub DAS Garang Hulu berdasarkan kejadian hujan, 2) menghitung hasil sedimen menggunakan metode *MUSLE* di Sub DAS Garang Hulu. Secara teknis, tahapan-tahapan dalam menghitung hasil sedimen (*sedimen yield*) di Sub DAS Garang Hulu sebagai berikut.

Perhitungan Hasil Sedimen di Sub DAS Garang Hulu Berdasarkan Kejadian Hujan. Hasil sedimen yang keluar dari Sub DAS Garang Hulu dihitung berdasarkan kejadian hujan terpilih memiliki perbedaan. Durasi dan intensitas hujan mempengaruhi jumlah hasil sedimen yang terbentuk, karena merupakan faktor pembentuk aliran permukaan yang membawa hasil tanah yang tererosi ke dalam sungai dalam bentuk sedimentasi. Hasil sedimen Sub DAS Garang Hulu untuk setiap kejadian hujan terpilih disajikan pada Tabel 1.

Metode *MUSLE* merupakan modifikasi dari *USLE* yang ditujukan untuk menghitung hasil sedimen yang keluar dari DAS berdasarkan kejadian hujan. Hasil sedimen pada perhitungan ini masih menggunakan konstanta peneliti *Williams*, yaitu $a = 11,8$ dan $b = 0,56$. Nilai-nilai faktor lain seperti faktor lereng, erodibilitas tanah, pengelolaan tanaman dan tindakan khusus konservasi tanah dinyatakan tidak berubah dan benar. Perhitungan tebal aliran langsung menggunakan metode *Curve Number* dan debit puncak menggunakan metode *Rasional* dalam persamaan

MUSLE_{pre}. Perhitungan dengan persamaan *MUSLE_{pre}* perlu dibandingkan dengan perhitungan tebal aliran langsung observasi dan debit puncak observasi dalam persamaan *MUSLE_{obs}* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Sedimen yang Keluar dari *Outlet* Sub DAS Garang Hulu Berdasarkan Kejadian Hujan Terpilih

Tanggal Hujan	Hasil Sedimen yang Keluar dari DAS (ton/kejadian)
20 Januari 2010	17,1654
22 Januari 2010	22,3283
23 Januari 2010	15,5278
24 Januari 2010	17,5797
29 Januari 2010	9,1994
5 Februari 2010	4,6132
6 Februari 2010	23,1313
15 Februari 2010	1,4205
2 Maret 2010	4,7564
4 Maret 2010	5,1916

Sumber: Analisis Data Primer

Tabel 2. Hasil Sedimen Metode *MUSLE_{pre}* dan *MUSLE_{obs}* Berdasarkan Kejadian Hujan Terpilih pada Sub DAS Garang Hulu (Konstanta $a = 11,8$ dan $b = 0,56$)

Tanggal Hujan	Sy <i>MUSLE_{obs}</i> (ton/kejadian)	Sy <i>MUSLE_{pre}</i> (ton/kejadian)
20 Januari 2010	0,800	3,071
22 Januari 2010	1,744	11,434
23 Januari 2010	0,887	7,141
24 Januari 2010	0,360	1,042
29 Januari 2010	0,475	0,768
5 Februari 2010	0,098	2,093
6 Februari 2010	1,010	0,528
15 Februari 2010	0,015	0,616
2 Maret 2010	0,163	0,799
4 Maret 2010	0,161	0,603

Sumber: Analisis Data Primer

Perhitungan hasil sedimen telah dilakukan melalui pengukuran lapangan dan prediksi metode *MUSLE*. Perkiraan hasil sedimen dengan prediksi *MUSLE_{obs}* dan *MUSLE_{pre}* ternyata juga tidak sama dengan hasil sedimen pengukuran lapangan. Perbandingan hasil sedimen pengukuran lapangan lebih besar daripada hasil prediksi *MUSLE_{obs}* dan *MUSLE_{pre}* yang disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Sedimen Pengukuran Lapangan, Metode $MUSLE_{obs}$ dan $MUSLE_{pre}$ (Konstanta a = 11,8 dan b = 0,56) Berdasarkan Kejadian Hujan Terpilih pada Sub DAS Garang Hulu

No	Tanggal Hujan	Sy Pengukuran Lapangan (ton/kejadian)	Sy MUSLE	
			Sy $MUSLE_{obs}$ (ton/kejadian)	Sy $MUSLE_{pre}$ (ton/kejadian)
1	20 Januari 2010	17,1654	0,800	2,518
2	22 Januari 2010	22,3283	1,744	9,373
3	23 Januari 2010	15,5278	0,887	5,854
4	24 Januari 2010	17,5797	0,360	0,854
5	29 Januari 2010	9,1994	0,475	0,630
6	5 Februari 2010	4,6132	0,098	1,716
7	6 Februari 2010	23,1313	1,010	0,433
8	15 Februari 2010	1,4205	0,015	0,505
9	2 Maret 2010	4,7564	0,163	0,655
10	4 Maret 2010	5,1916	0,161	0,494

Sumber: Analisis Data Primer

Tabel 4. Perbandingan Hasil Sedimen Pengukuran Lapangan, Metode $MUSLE_{obs}$ dan $MUSLE_{pre}$ (Konstanta a = 309,350 dan b = 0,332) Berdasarkan Kejadian Hujan Terpilih pada Sub DAS Garang Hulu

No	Tanggal Hujan	Sy Pengukuran Lapangan (ton/kejadian)	Sy MUSLE	
			Sy $MUSLE_{obs}$ (ton/kejadian)	Sy $MUSLE_{pre}$ (ton/kejadian)
1	20 Januari 2010	17,1654	15,961	31,497
2	22 Januari 2010	22,3283	25,341	68,640
3	23 Januari 2010	15,5278	16,972	51,930
4	24 Januari 2010	17,5797	9,948	16,594
5	29 Januari 2010	9,1994	11,726	13,854
6	5 Februari 2010	4,6132	4,602	25,096
7	6 Februari 2010	23,1313	18,329	11,093
8	15 Februari 2010	1,4205	1,483	12,160
9	2 Maret 2010	4,7564	6,228	14,182
10	4 Maret 2010	5,1916	6,170	11,997

Sumber: Analisis Data Primer

Perbedaan hasil sedimen pengukuran lapangan, $MUSLE_{obs}$ dan $MUSLE_{pre}$ disebabkan karena kemungkinan faktor lain, seperti penentuan konstanta a dan b yang tidak sesuai dengan wilayah penelitian. Konstanta a dan b dalam penelitian langsung diambil dari hasil penelitian *Williams*. Perbedaan hasil sedimen disebabkan lokasi tempat penelitian yang berbeda, sehingga konstanta a dan b dalam persamaan $MUSLE$ dapat berbeda untuk lokasi berbeda.

Besarnya konstanta a dan b pada persamaan $MUSLE$ untuk lokasi penelitian dapat dicari dengan membuat simulasi berdasarkan data pengukuran lapangan. Data yang digunakan dalam simulasi ini meliputi tebal aliran langsung, debit puncak, dan hasil sedimen pengukuran lapangan. Nilai konstanta a dan b untuk Sub DAS Garang Hulu adalah 309,350 dan 0,332, sehingga

dalam persamaan $MUSLE$ dituliskan sebagai berikut.

$$Sy = 309,350 (Q \cdot Qp)^{0,332} \cdot K.L.S.C.P$$

Penetapan konstanta $MUSLE$ ini dengan asumsi perhitungan bahwa faktor erodibilitas tanah (K), kemiringan lereng (LS), pengelolaan tanaman (C) dan tindakan khusus konservasi tanah (P) tidak berubah dan dianggap benar. Perhitungan dengan penetapan konstanta ini memberikan hasil sedimen $MUSLE_{obs}$ dan $MUSLE_{pre}$ dibandingkan dengan hasil sedimen pengukuran lapangan yang disajikan pada Tabel 4.

Pada bagian sebelumnya telah dikemukakan dua metode untuk menghitung tebal aliran langsung, yaitu hidrograf aliran dan metode *Curve Number*. Hasil perhitungan dari kedua metode

tersebut perlu dibandingkan untuk mengetahui perbedaan antara keduanya. Perbandingan tebal aliran langsung dengan metode *Curve Number* selalu menunjukkan nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan tebal aliran langsung observasi. Bisa dikatakan tebal aliran langsung metode *Curve Number* menunjukkan perbedaan nyata dengan tebal aliran langsung yang diperoleh dengan hidrograf aliran.

Pengaruh terbesar perbedaan dalam menentukan tebal aliran langsung melalui metode *Curve Number* adalah penentuan nilai bilangan kurva atau *Curve Number*, karena dalam penentuan ini erat kaitannya dengan pertimbangan terhadap faktor-faktor yang antara lain jenis penggunaan lahan, keadaan tanah dan juga keadaan kelembapan tanah awal. Penilaian *CN* ditentukan oleh hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, sehingga untuk lokasi penelitian yang berbeda akan memiliki nilai *CN* yang tidak sama.

Penilaian *CN* untuk masing-masing penggunaan lahan berdasarkan kelompok jenis tanah dan nilai *CN* tersebut hanya berlaku untuk nilai *CN* II, sedangkan nilai *CN* I dan *CN* III diketahui hasilnya melalui perhitungan konversi nilai *CN* II. Penentuan nilai *CN* II bersifat subjektif menurut interpretasi peneliti terhadap nilai *CN* untuk masing-masing penggunaan lahan. Semakin besar nilai *CN* maka jumlah tebal aliran langsung juga semakin besar, demikian juga sebaliknya.

Faktor lain yang menentukan prediksi tebal aliran langsung adalah kondisi kelembapan tanah sebelumnya (*Antecedent Soil Moisture*). Tingkat kejenuhan tanah oleh air sebelumnya akan mempengaruhi kapasitas infiltrasi tanah, sehingga kenaikan tingkat kejenuhan air akan menurunkan infiltrasi aliran permukaan tanah. Penentuan kondisi *AMC* ini sangat tergantung pada tebal hujan. Penentuan *AMC* ditentukan berdasarkan pada jumlah tebal hujan sebelumnya, sedangkan penentuan jenis penggunaan lahan belum tercantum dalam tabel yang tersedia. Hal ini akan mempengaruhi nilai *CN*. Kelemahan ini akan berpengaruh nyata karena perbedaan kondisi *AMC* berpengaruh besar terhadap nilai *CN* yang nanti akan menghasilkan prediksi tebal aliran langsung.

Perhitungan debit puncak menggunakan dua metode, yaitu lengkung debit aliran dan metode *Rasional*. Hasil perhitungan debit puncak dengan metode *Rasional* selalu menunjukkan nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan hasil perhitungan debit puncak dengan lengkung debit aliran. Bisa dikatakan debit puncak dengan metode *Rasional* menunjukkan perbedaan nyata dengan debit puncak yang diperoleh dengan lengkung

debit aliran. Hal ini disebabkan penentuan nilai *C* bersifat subjektif karena tergantung pada interpretasi peneliti terhadap jenis penggunaan lahan pada DAS. Nilai *C* berpengaruh pada besar kecilnya debit puncak menggunakan metode *Rasional*. Selain itu, nilai debit puncak ditentukan oleh intensitas curah hujan di lokasi penelitian. Intensitas hujan ini dihitung berdasarkan waktu konsentrasi (*Tc*) yang sama saat penelitian.

Perhitungan hasil sedimen di Sub DAS Garang Hulu telah dilakukan melalui pengukuran lapangan dan metode *MUSLE* memiliki perbedaan nyata. Perbedaan hasil sedimen terjadi karena ada perbedaan nilai tebal aliran langsung dan debit puncak antara hasil observasi dan prediksi. Perbedaan lain disebabkan oleh penerapan metode *MUSLE* berdasarkan konstanta *a* dan *b* penelitian *Williams*.

Berdasarkan penerapan metode *MUSLE* dengan nilai konstanta $a = 309,350$ dan $b = 0,332$ untuk Sub DAS Garang Hulu diketahui hasil sedimen pada Tabel 4. Hasil sedimen *MUSLE_{obs}* dan *MUSLE_{pre}* untuk Sub DAS Garang Hulu perlu diuji statistik mengenai ada atau tidaknya perbedaan nyata antara hasil sedimen pengukuran lapangan pada taraf signifikansi 95 % dan perkiraan kesalahan sebesar 5 % masih dapat ditoleransi. Uji statistik antara hasil sedimen pengukuran lapangan dengan metode *MUSLE_{obs}* terlihat *t*-hitung sebesar 0,391 lebih kecil dari *t*-tabel sebesar 1,83 maka *H₀* diterima. Uji statistik antara hasil sedimen pengukuran lapangan dengan metode *MUSLE_{pre}* terlihat *t*-hitung sebesar 2,504 lebih besar dari *t*-tabel sebesar 1,83 maka *H₀* ditolak.

Berdasarkan hasil uji *t-student* terhadap hasil sedimen pengukuran lapangan dengan metode *MUSLE_{obs}* tidak terdapat perbedaan nyata antara keduanya. Akan tetapi, hasil sedimen pengukuran lapangan dengan metode *MUSLE_{pre}* terdapat perbedaan nyata antara kedua.

Simpulan

Hasil sedimen (*sediment yield*) Sub DAS Garang Hulu dihitung menggunakan analisis hidrograf aliran berdasarkan kejadian hujan terpilih. Perhitungan hasil sedimen menggunakan data debit aliran, tebal aliran langsung, volume aliran langsung, debit sedimen dan periode waktu hidrograf aliran dari pengukuran lapangan. Hasil sedimen terbesar pada tanggal 6 Februari 2010 sebesar 23,1313 ton/kejadian dan terkecil pada tanggal 15 Februari 2010 sebesar 1,4025 ton/kejadian dari kejadian hujan tanggal 19 Januari - 4 Maret 2010.

Prediksi hasil sedimen Sub DAS Garang Hulu menggunakan metode $MUSLE_{pre}$ dan $MUSLE_{obs}$ dengan konstanta $a = 11,6$ dan $b = 0,56$ diperoleh hasil sedimen berbeda nyata dengan hasil sedimen pengukuran lapangan. Setelah dilakukan penerapan metode $MUSLE_{obs}$ dengan konstanta $a = 309,350$ dan $b = 0,332$ diperoleh hasil sedimen tidak berbeda nyata dengan pengukuran lapangan pada taraf signifikansi 95%. Sedangkan penerapan metode $MUSLE_{pre}$ tetap berbeda nyata dengan hasil sedimen pengukuran lapangan. Hasil sedimen penerapan metode $MUSLE_{obs}$ terbesar pada tanggal 22 Januari 2010 sebesar 25,341 ton/kejadian dan terkecil pada tanggal 15 Februari 2010 sebesar 1,483 ton/kejadian dari kejadian hujan tanggal 19 Januari - 4 Maret 2010.

Daftar Pustaka

- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air, Edisi: II*. Bogor: IPB Press
- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Bambang, F.HJL. 1999. Kajian Sedimentasi Terhadap Penataan Lahan di DAS Sitelogo Kabupaten Magelang, *Skripsi*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- BPDAS Pemali Jratun. 2005. Laporan Monev pada Catcment Sub DAS Garang Hulu Tahun 2005, *Laporan Monev*, Semarang, Departemen Kehutanan
- Dinas Permukiman dan Tata Ruang Provinsi Jawa Tengah. 2005. Penyusunan Rencana Tata Ruang (RTR) Kawasan DAS Kaligarang Semarang, *Laporan Antara*, CV. Duta, Semarang
- Seyhan, E. 1977. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Smith, et al. 1984. Prediction of Sediment Yield from Southern Plains Grasslands with the Modified Universal Soil Loss Equation, *Journal of Range Management*, America, Society for Range Management: 295-297
- Soewarno. 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengelolaan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung: Nova
- Sudaryatno. 2002. Estimasi Debit Puncak di Daerah Aliran Sungai Garang Semarang dengan Menggunakan Teknologi Inderaja dan Sistem Informasi Geografis, *Majalah Geografi Indonesia Vol. 16*. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada. Hal. 131 - 149