

ANALISIS POTENSI LIMPASAN PERMUKAAN (*RUN OFF*) MENGGUNAKAN MODEL COOK'S DI DAS PENYANGGA KOTA SURAKARTA UNTUK PENCEGAHAN BANJIR LUAPAN SUNGAI BENGAWAN SOLO

Dra. Alif Noor Anna, M.Si.
Fakultas Geografi UMS

Abstrak – Daerah penelitian merupakan daerah penyangga Kota Surakarta yang berdasarkan penelitian yang telah dilakukan telah mengalami alih fungsi lahan lahan sehingga akan berdampak pada potensi limpasan permukaannya. Tujuan spesifik dari penelitian ini adalah menentukan estimasi potensi limpasan permukaan dengan model Cook's.

Metode penelitian yang digunakan adalah survei. Distribusi curah hujan wilayah ditentukan dengan menggunakan poligon Thiessen. Perhitungan estimasi potensi limpasan permukaan menurut Cook's mempertimbangkan variabel biofisik permukaan lahan, dengan modifikasi curah hujan. Adapun analisa yang digunakan adalah dengan menggunakan teknik skoring yang kemudian diolah menggunakan Sistem Informasi Geografis.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah (1) potensi air permukaan yang didasarkan atas analisis Cook's, maka potensi air permukaan tersebar dari 4 sub sub DAS yang diteliti mempunyai kisaran antara 47,428% sampai dengan 53,109%. Adapun potensi air permukaan terbesar terjadi di sub sub DAS Samin, sedangkan yang terkecil di sub sub DAS Bambang. Besarnya potensi air permukaan di sub sub DAS Samin banyak disumbang oleh kondisi topografi yang mempunyai kemiringan lereng 10%–<30%. (2) berdasarkan interpretasi citra landsat yang memperhitungkan peran 4 parameter permukaan lahan yaitu topografi, tanah, cover, dan surface storage, maka parameter topografi merupakan parameter yang paling banyak berpengaruh terhadap perubahan potensi air permukaan daerah penelitian.

Kata Kunci: potensi *run off*, model Cook's, DAS.

PENDAHULUAN

Alih fungsi lahan mengakibatkan adanya perubahan limpasan permukaan (*overlandflow*) dan fluktuasi aliran sungai (Setyowati, 2010). Konversi lahan akan memberikan pengaruh langsung terhadap total hujan limpasan. Perkembangan fisik perkotaan mengakibatkan terjadinya perubahan penggunaan lahan dari lahan terbuka menjadi lahan terbangun. Umumnya perubahan tersebut cenderung mengubah lahan pertanian menjadi lahan nonpertanian sehingga mengakibatkan luas lahan pertanian di kota semakin berkurang dan luas lahan non pertanian semakin bertambah. Akibatnya perubahan tata guna lahan berdampak negatif, khususnya berdampak pada banjir dan genangan yang cenderung meningkat dari waktu ke waktu.

Terdapat beberapa model yang dapat diterapkan dalam estimasi potensi limpasan permukaan diantaranya adalah model Cook's dan Hasing. Koefisien limpasan permukaan biasanya dilambangkan dengan huruf C. Koefisien C didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Variabel ini merupakan variabel yang paling menentukan hasil perhitungan debit banjir. Pemilihan harga C yang tepat memerlukan pengalaman hidrologi yang luas. Variabel utama yang mempengaruhi C adalah laju infiltrasi tanah atau prosentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup, dan intensitas hujan. Koefisien limpasan juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi menurun pada hujan yang terus menerus.

Daerah penelitian merupakan daerah penyangga kota, dalam hal ini adalah penyangga Kota Surakarta yang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Tengah setelah Kota Semarang. Daerah penyangga tersebut dipilih dari empat Sub-Sub DAS yang berada di sekitar Kota Surakarta, antara lain Sub-Sub DAS Pepe, Sub-Sub DAS Brambang, Sub-Sub DAS Mungkung, dan Sub-Sub DAS Samin. Tujuan spesifik dari penelitian adalah menentukan estimasi potensi limpasan permukaan dengan model Cook's.

TINJAUAN PUSTAKA

Peningkatan jumlah penduduk tentunya menuntut penyediaan sarana dan prasarana untuk mencukupi kebutuhan yang pada akhirnya menuntut adanya alih fungsi lahan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Pawitan (2002) yang menyatakan bahwa meningkatnya tekanan penduduk terhadap sumber daya lahan dan air yang telah menunjukkan sejumlah dampak negatif yang serius seperti perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali berupa perambahan hutan dan penebangan liar ke daerah hulu, hilangnya tutupan lahan hutan menjadi jenis penggunaan lahan lainnya yang terbukti memiliki daya dukung lingkungan lebih terbatas, sehingga bencana banjir dan kekeringan semakin sering terjadi, disertai bencana ikutannya, seperti tanah longsor, korban jiwa, pengungsian penduduk, gangguan kesehatan, sampai kelaparan, dan anak putus sekolah.

Perubahan penggunaan lahan menyebabkan perubahan sifat biofisik suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Sucipto (2008) dalam penelitiannya di kawasan DAS Kaligarang menyatakan bahwa telah terjadi alih fungsi lahan di kawasan DAS Kaligarang selama kurun waktu 8 (delapan) tahun terakhir dari tahun 1998 sampai dengan tahun 2006. Adapun perubahan alih fungsi lahan tersebut adalah adanya penciutan luas yang cukup besar pada lahan perkebunan sebesar 117 Ha (7,74%) dari 1.511,00 Ha (1998) menjadi 1.394,00 Ha (2006) atau 14,62 Ha/Th (0,97%/th). Begitu juga untuk sawah dan tegalan ada penciutan yang cukup signifikan, akan tetapi disisi lain adanya penambahan luas untuk tegalan, pemukiman, industri dan lain-lain, khusus untuk pemukiman ada kenaikan sebesar 50 Ha (0,90 %) selama 8 tahun dari 5.558,00 Ha (1998) menjadi 5.608,00 (2006), sehingga tiap tahun ada peningkatan untuk pemukiman rata-rata 8,50 Ha/tahun (0,11%/tahun). Perubahan alih fungsi lahan terutama dari perkebunan dan sawah menjadi tegalan dan pemukiman akan mempengaruhi fungsi lahan sebagai penyangga air hujan, aliran permukaan, erosi dan sedimen sebelum masuk ke sungai.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Sucipto (2008), Setyowati (2010) melakukan penelitian pengaruh alih fungsi lahan di Daerah DAS Kreo terhadap kondisi limpasan atau *run off*. Hasil penelitiannya mengatakan bahwa secara umum di DAS Kreo terjadi kecenderungan perubahan penggunaan lahan berupa peningkatan kawasan permukiman dan perkebunan, yang mengakibatkan peningkatan limpasan permukaan, sehingga dalam beberapa tahun akan terjadi peningkatan debit maksimum aliran sungai.

Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Alif Noor Anna (2010) yang dilakukan di daerah Sukoharjo. Hasil penelitiannya mengatakan bahwa berdasarkan interpretasi Citra Landsat tahun 1997 dengan tahun 2002 ternyata daerah Sukoharjo mempunyai 7 macam pola alih fungsi lahan yang terluas umumnya dari lahan terbuka (sawah, tegalan hutan/perkebunan) menjadi lahan terbangun (permukiman/gedung/sarana umum), sehingga mengakibatkan perubahan parameter hidrologi.

Ada beberapa parameter penentu kondisi limpasan permukaan, yakni parameter meteorologi yang meliputi: intensitas hujan, durasi hujan, dan distribusi curah hujan serta parameter karakteristik biofisik daerah Aliran Sungai (DAS) yang meliputi: topografi, tekstur tanah, vegetasi penutup lahan, dan simpanan permukaan. Permasalahan kondisi limpasan (*run off*) bergantung pada karakteristik hujan karena hujan merupakan sumber utama terjadinya limpasan dan karakteristik biofisik permukaan lahan.

Pengalihragaman hujan menjadi limpasan pada suatu DAS sering diterangkan dengan berbagai model hidrologi. Model merupakan suatu cara atau penyederhanaan untuk menerangkan proses rumit alami ke dalam gambar atau bahasa matematika agar mudah dipahami berdasarkan kaidah kaidah yang berlaku. Menurut pengertian umum lainnya, model hidrologi adalah sebuah sajian sederhana dari sebuah sistem hidrologi yang kompleks.

Model matematis dalam hidrologi pada dasarnya dapat dibagi dua yakni deterministik (bersifat pasti) dan stokastik (bersifat tidak pasti). Dalam kelompok model hidrologi deterministik ada kategori pengelompokan antara model terdistribusi dan *lumped*. Pemodelan *lumped* telah lama dikembangkan, dan banyak dipakai untuk berbagai aplikasi perhitungan hidrologis. Salah satu pemodelan *lumped* yang terkenal adalah rumus rasional, yang digunakan untuk memprediksi debit puncak (Kuichling, 1889 dalam Alief Noor Anna, 2001). Pemodelan terdistribusi (*distributed modelling*) berkembang kemudian, sejalan dengan kemajuan teknologi komputasi, yakni ditemukannya komputer yang mampu melakukan perhitungan rumit.

Sebagaimana diketahui bahwa paradigma pengelolaan sumberdaya air untuk masa kini telah diarahkan ke hal-hal sebagai berikut (James dan Burges dalam Alif Noor Anna, 2010), yaitu: 1) dari pengendali banjir dan penyediaan sumber air menjadi pengendalian kualitas air dan perlindungan lingkungan sungai, 2) dari upaya pengendalian dengan bangunan air menjadi pendekatan non bangunan fisik, 3) dari pemanfaatan data hidrologi secara terbatas menjadi untuk umum, 4) dari cara-cara pendugaan secara deterministik menjadi cara stokastik. Pada saat sekarang, adanya keunggulan teknologi komputasi dan pemahaman distribusi keruangan mengenai fenomena hidrologi memberikan pengaruh pada makin baiknya model pendugaan aliran untuk berbagai kepentingan pengelolaan sumberdaya air.

METODE PENELITIAN

Dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan metode survei. Adapun pendekatan yang digunakan adalah: pendekatan Biofisik Daerah Aliran Sungai dengan batas topografis, untuk memperkirakan potensi limpasan permukaan. Data yang digunakan meliputi data primer dan sekunder

- a. Data Primer, terdiri atas:
 - Tekstur tanah digunakan untuk sifat tanah dalam kemampuan tanah meresapkan air hujan,
 - Permeabilitas tanah digunakan untuk menentukan kecepatan meresapkan air hujan.
- b. Data Sekunder antara lain:
 - Citra Landsat digunakan dalam pembuatan Peta Penggunaan Lahan,
 - Peta Rupa Bumi Indonesia Digital digunakan sebagai peta dasar dalam pembuatan Peta Lereng (slope), Relief, Penggunaan Lahan, Kepadatan Aliran, dan penentuan batas administratif,
 - Peta Geologi skala 1: 250.000 untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian,
 - Peta Jenis Tanah untuk mengetahui jenis tanah dan untuk pendekatan dalam penentuan tekstur tanah,
 - Data-data meteorologi: suhu, curah hujan dan kelembaban udara untuk memperkirakan kondisi iklim dan distribusi air hujan,
 - Data lain yang terkait topik penelitian: referensi, penelitian sebelumnya, dan lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Fisik Daerah Penelitian

Daerah penelitian masuk dalam Wilayah Pengairan sub DAS Bengawan Solo Hulu Tengah. sub DAS Bengawan Solo Hulu Tengah yaitu sub sub DAS Pepe, Bambang, Mungkung, dan Samin. Secara astronomis, daerah penelitian terletak diantara $110^{\circ}13'7,16''\text{BT}$ - $110^{\circ}26'57,10''\text{BT}$ dan $7^{\circ}26'33,15''\text{LS}$ - $8^{\circ}6'13,81''\text{LS}$. Berdasarkan hasil perhitungan daerah penelitian beriklim sedang dengan nilai Q berkisar antara 62,86 sampai 85,29 %.

Pada tahun 2002, di daerah penelitian terdapat 6 jenis penggunaan lahan yang meliputi: hutan, kebun, lahan kering, permukiman, sawah, dan daerah berair/waduk. Penggunaan lahan didominasi penggunaan lahan sawah dan kebun dengan luas masing-masing sebesar 445,74 km² dan 372,98 km².

Daerah penelitian didominasi jenis tanah lithosol yang merata hampir di seluruh daerah mulai dari selatan ke utara. Jenis tanah ini tersebar seluas 1.465.301.804,06 m² (1.465,3 Km²). Tanah ini mempunyai ketebalan/solum tanah 20 cm atau kurang, yang menumpang di atas batuan induk atau bahan induk (litik atau paralitik) apapun warna dan teksturnya.

Daerah penelitian terbagi atas 4 daerah topografi, yaitu datar, bergelombang, berbukit, dan vulkan. Daerah penelitian umumnya bertopografi datar (kemiringan 0-<5%) yaitu seluas 899,73 km² atau 71,56% dari luas keseluruhan wilayah daerah penelitian. Hal ini menandakan bahwa topografi di hampir seluruh daerah penelitian relatif rata. Sebagian lagi dengan kemiringan 10-<30% seluas 166,62 km². Kemiringan ini tersebar di tepi daerah penelitian, yakni di tepi selatan, timur, dan barat. Sebagian kecil dengan kemiringan 5-<10% dan 30% ke atas. Kondisi geologis daerah penelitian terdiri atas material *Holocene*, *Alluvium*, *Old Quaternary Volcanic Product*, *Young Quaternary Volcanic Product*, dan sisanya waduk atau daerah berair.

Analisis Potensi Limpasan Permukaan

Secara umum terdapat 4 (tiga) parameter penentu potensi limpasan permukaan, berdasarkan model Cook's diantaranya adalah topografi/kemiringan lahan, tekstur tanah, penggunaan lahan/*land cover*, dan simpanan permukaan. Adapun untuk unit analisis dalam penelitian ini adalah Sub DAS.

Parameter Topografi

Topografi mencerminkan kondisi lahan yang berupa ketinggian dari permukaan air laut (dpal), panjang, dan derajat kemiringan pada bentangan lahan tertentu. Walaupun pada umumnya topografi lebih dikenal dengan derajat kemiringan lahan suatu wilayah. Dalam penelitian ini topografi wilayah dikelompokkan menjadi 4 kelas yaitu datar (0-<5%), bergelombang (5-<10%), berbukit (10-<30%), dan volkan (30%+).

Hasil analisis SIG topografi daerah penelitian pada masing-masing sub sub DAS selengkapnya tersaji dalam Tabel 4.12. Berdasarkan tabel tersebut, terlihat bahwa dari 4 sub sub DAS terdapat 1 sub sub DAS, yakni sub-sub DAS Bambang yang mempunyai 3 klas topografi yaitu datar (0%-<5%), bergelombang (5-10%), dan berbukit (10-<30%). Tiga Sub sub DAS lainnya (Sub sub DAS Mungkung, Pepe, dan Samin) mempunyai 4 kelas topografi, yaitu datar (0-<5%), bergelombang (5-10%), dan berbukit (10-<30%), dan volkan (<30%). Secara detail mengenai nilai Co berdasarkan faktor topografi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan *Run Off Coefficient* Berdasarkan Topografi.

No	Sub Sub DAS	Topografi	Luas (km ²)	%	Skor	Tertimbang	Co
1	Bambang	0-<5%	302,45	94,16	10	9,415	10,832
		5-<10%	10,82	3,37	20	0,674	
		10-<30%	7,95	2,47	30	0,743	
2	Mungkung	0-<5%	179,59	46,50	10	5,527	17,059
		5-<10%	68,05	17,62	20	4,189	
		10-<30%	70,48	18,25	30	6,508	
		30%+	68,06	17,62	40	0,835	
3	Pepe	0-<5%	214,19	72,23	10	7,223	14,390
		5-<10%	35,62	12,01	20	2,403	
		10-<30%	45,60	15,38	30	4,613	
		30%+	1,11	0,37	40	0,150	
4	Samin	0-<5%	203,49	64,68	10	6,467	15,175
		5-<10%	64,02	20,35	20	4,070	
		10-<30%	42,57	13,53	30	4,060	
		30%+	4,54	1,44	40	0,577	

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2013.

Parameter Jenis Tanah

Parameter tanah dalam penentuan Co merupakan cerminan mudah atau tidaknya curah hujan yang akan menjadi limpasan. Hal ini tentunya sangat terkait dengan sifat fisik tanah yang bersangkutan. Adapun diantara sifat-sifat fisik tanah yang terkait dengan respon terhadap air hujan yang jatuh di permukaan tanah adalah tekstur dan permeabilitas. Respon sifat fisik terhadap air hujan secara kualitatif akan berkisar dari mudah meresap sampai sulit meresap ke dalam tanah. Berarti yang mudah meresap akan menghasilkan air permukaan yang lebih kecil dibanding dengan sulit meresap dalam tanah.

Hasil perhitungan nilai skor parameter tanah disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa skor tanah terkecil berada di sub sub DAS Bambang sebesar 5,454, sedangkan yang terbesar terdapat di sub sub DAS Wiroko Temon sebesar 16,858. Selanjutnya berturut-turut skor tanah dari kecil ke skor besar dimiliki oleh sub sub DAS Dengkeng (10,407), sub sub DAS Mungkung (10,872), sub sub DAS Samin (12,879), sub sub DAS Jlantah Walikun (13,582), sub sub DAS Keduang (14,241), dan sub sub DAS Alang Unggahan (16,612).

Tabel 2. Perhitungan *Run Off Coefficient* Berdasarkan Jenis Tanah.

No	Sub Sub DAS	Tanah	Luas (km ²)	%	Skor	Tertimbang	Co
1	Bambang	Alluvials	5,67	1.77	7,5	0,132	5,454
		Lithosols	10,53	3.28	17,5	0,574	
		Regosols	305,02	94.95	5,0	4,748	
2	Mungkung	Alluvials	64,76	19.93	7,5	1,495	10,872
		Andosols	20,68	6.37	12,5	0,796	
		Latosols	95,04	29.25	15,0	4,388	
		Lithosols	22,69	6.98	17,5	1,222	
		Mediterranean	114,41	35.21	7,5	2,641	
		Regosols	2,59	0.80	5,0	0,040	
		Waduk/Daerah Berair	4,72	1.45	20,0	0,291	
3	Pepe	Andosols	54,37	18.34	12,5	2,292	9,117
		Latosols	28,60	9.65	15,0	1,447	
		Lithosols	20,99	7.08	17,5	1,239	
		Mediterranean	15,55	5.24	7,5	0,393	
		Regosols	161,94	54.61	5,0	2,731	
		Waduk/Daerah Berair	15,05	5.08	20,0	1,015	
4	Samin	Alluvials	76,80	24.41	7,5	1,831	12,879
		Latosols	79,85	25.38	15,0	3,807	
		Lithosols	108,44	34.47	17,5	6,032	
		Mediterranean	48,06	15.28	7,5	1,146	
		Regosols	0,61	0.19	5,0	0,010	
		Waduk/Daerah Berair	0,85	0.27	20,0	0,054	

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2012.

Parameter Surface Storage

Surface storage merupakan simpanan/timbunan air yang terdapat dalam permukaan lahan. Umumnya *Surface storage* ini ditentukan dengan pendekatan kerapatan aliran atau sistem drainase yang terdapat dalam permukaan lahan dengan luasan tertentu. Sumberdaya air bukan hanya yang bersifat statis (sumur, mata air, danau), tetapi juga terdapat dalam permukaan lahan. Keberadaan *surface storage* dalam suatu wilayah menunjukkan bahwa sebagian air hujan jatuh di permukaan lahan akan tersimpan dalam lahan. Oleh karenanya hubungan antara *surface storage* dengan air permukaan mempunyai hubungan yang berbanding terbalik. Semakin besar parameter *surface storage*, maka limpasannya akan semakin kecil, sebaliknya semakin kecil parameter *surface storage*, maka hasil air permukaan akan semakin besar. Dengan demikian, semakin besar parameter *surface storage*, maka semakin kecil skor Co. Adapun selengkapnya perhitungan skor Co untuk parameter *surface storage* tersaji pada Tabel 3. berikut.

Tabel 3. Perhitungan *Run Off Coefficient* Berdasarkan *Surface Storage*.

No	Sub Sub DAS	Luas (km ²)	% Total	Co
1	Bambang	321.23	25,55	15
2	Mungkung	324.91	25,84	10
3	Pepe	296.53	23,58	15
4	Samin	314.64	25,02	10

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2013.

Dari Tabel 3 tersebut terlihat bahwa sebaran skor *surface storage* bervariasi dari seluruh 4 klas skor Co. Adapun skor Co terkecil berada di 2 Sub sub DAS Bambang dan Mungkung, sedangkan terbesar berada di 2 sub sub DAS yaitu pepe dan Samin.

Potensi Air Permukaan (Co) Berdasarkan Variabel Penentu

Terdapat beberapa metode untuk memperkirakan sebaran banyaknya air permukaan. Hal ini lebih banyak ditentukan oleh ketersediaan data. Diantaranya adalah dengan pendekatan koefisien *runoff* (Co). Adapun koefisien limpasan (*runoff*) banyak dipengaruhi oleh kondisi permukaan lahan, diantaranya topografi, laju infiltrasi yang direpresentasikan dari tekstur tanah, tanaman penutup, dan timbunan permukaan lahan pada luasan tertentu. Umumnya Co dinyatakan dalam %. Suatu wilayah dengan Co 100% berarti seluruh permukaan lahan tersebut kead air, seperti perkerasan aspal atau atap rumah. Namun demikian, Co merupakan kombinasi dari beberapa faktor, diantaranya seperti telah disebut di atas.

Analisis Co dengan metode Cook,s di daerah penelitian difokuskan pada tahun 2002. Hal ini disesuaikan dengan ketersediaan data citranya. Hasil perhitungan Co disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan *Run Off Coefficient* Tahun 1989 dan 2002.

No	Sub Sub DAS	Tabel Cook's 2002				
		T	S	C	SS	Co (%)
1	Bambang	10,832	5,454	16,142	15	47,428
2	Mungkung	17,059	10,872	12,453	10	50,384
3	Pepe	14,390	9,101	12,845	15	51,336
4	Samin	15,175	12,879	15,055	10	53,109
	Jumlah	57,456	38,306	56,495	50	

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014.

Berdasarkan Tabel 4 dapat kita ketahui bahwa potensi air permukaan di daerah penelitian cukup tinggi. Semua Sub sub DAS hampir lebih dari 50%. Potensi air permukaan tertinggi terdapat di Sub sub DAS Samin dengan nilai Co sebesar 53,109% dan terendah terdapat di Sub sub DAS Bambang dengan total Co sebesar 47,428%. Berdasarkan Tabel 4.15. dapat diambil kesimpulan bahwa yang paling berpengaruh terhadap kondisi Co di daerah penelitian adalah faktor topografi.

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan analisis penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Potensi air permukaan yang didasarkan atas analisis Co, maka potensi air permukaan tersebar dari 4 sub sub DAS yang diteliti mempunyai kisaran antara 47,428% sampai dengan 53,109%. Adapun potensi air permukaan terbesar terjadi di sub sub DAS Samin, sedangkan yang terkecil di sub sub DAS Bambang. Besarnya potensi air permukaan di sub sub DAS Samin banyak disumbang oleh kondisi topografi yang mempunyai kemiringan lereng 10%-<30%.
2. Berdasarkan interpretasi citra landsat yang memperhitungkan peran 4 parameter permukaan lahan yaitu topografi, tanah, *cover*, dan *surface storage*, maka parameter topografi merupakan parameter yang paling banyak berpengaruh terhadap perubahan potensi air permukaan daerah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna, Alif Noor. 2010. Analisis Karakteristik Parameter Hidrologi Akibat Alih Fungsi Lahan di Daerah Sukoharjo Melalui Citra Landsat Tahun 1997 dengan Tahun 2002, *Jurnal Geografi UMS: Forum Geografi, volume 14, Nomor 1, Juli 2010*. Surakarta: Fakultas Geografi UMS.
- Engelen, G.B; F. Klosterman. 1996. *Hydrological System Analysis Method and Applications*. Kluwer Academic Publisher. London.
- Majidi A, Moradi M, Vagharfard H, Purjenaie A. 2012. Evaluation of Synthetic Unit Hydrograph (SCS) and Rational Methods in Peak Flow Estimation (Case Study: Khoshehay Zarrin Watershed, Iran). *International Journal of Hydraulic Engineering 2012, 1(5): 43-47 DOI: 10.5923/j.ijhe.20120105.03*. Iran: Natural Resources Faculty, Hormozgan Agricultural Sciences & Natural Resources University.
- Pawitan, Hidayat. 2002. *Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya terhadap Daerah Aliran Sungai*. Bogor: Laboratorium Hidrometeorologi FMIPA IPB.
- Setyowati, Dewi Liesnoor. 2010. Hubungan Hujan dan Limpasan pada Sub DAS Kecil Penggunaan Lahan Hutan, Sawah, Kebun Campuran di DAS Kreo, *Jurnal Geografi UMS: Forum Geografi, volume 14, Nomor 1, Juli 2010*. Surakarta: Fakultas Geografi UMS.
- Soewarno. 2000. *Hidrologi Operasional*. Bandung: Citra Aditya Bakti.
- Sucipto. 2008. *Kajian Sedimentasi di Sungai Kaligarang dalam Upaya Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Kaligarang Semarang*. Semarang: Tesis Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana UNDIP.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi. Yogyakarta.
- Ugro Hari Murtiono, dkk (2001). *Laporan Penelitian. Studi Karakteristik Hujan Dan Regim Sungai DAS*. Surakarta: Balai Teknologi Pengelolaan DAS Departemen Kehutanan.