

ESTIMASI LIMPASAN PERMUKAAN DAS MIKRO BRANTAS HULU KECAMATAN BUMIAJI KOTA BATU MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Muhammad Alimin, Kurniawan Sigit Wicaksono, Sudarto*

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

*penulis korespondensi: sudarto.fpub@yahoo.com

Abstract

Land use changes are factors affecting the occurrence of surface runoff. By using Rational Method, the average yield calculation of surface runoff occurring on 7 February to 10 April 2015 ranged between $1.15 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ or 1.38 L m^{-2} and $3.75 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ or 2.37 L m^{-2} . By using Chin-ong Meter Method, the yields of surface runoff occurring on 7 February to 10 April 2015 were 2.6 L m^{-2} , 3.9 L m^{-2} , 5.0 L m^{-2} , 5.8 L m^{-2} , 6.1 L m^{-2} , and 8.3 L m^{-2} , respectively, for forest land use, intensive agricultural land use with apple crops, intensive agricultural land use with orange crops, intensive agricultural land use with beans crops, intensive agricultural land use with ground peanut, and fallow land use. Results of paired t test between the results of Rational Method with Chin-ong Meter Method showed that there were no significant differences with a P-value table of $0.41 > \alpha = 0.05$. Area of mechanical and vegetative conservation priorities in Brantas Watershed Upstream Micro with very prone level of runoff were Bulukerto Village of 41.45 ha and Bumiaji Village of 30.74 ha.

Keywords : geographic information system, remote sensing, runoff

Pendahuluan

Secara alamiah sebagian besar air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah dan selebihnya akan mengalir menjadi limpasan permukaan. Alih tata guna lahan dari hutan ke tegalan khususnya di Kecamatan Bumiaji berdampak pada degradasi lahan. Berdasarkan data Kota Batu dalam angka tahun 2005, luas hutan Kecamatan Bumiaji sebesar 9.562 ha. Maka terjadi penurunan luasan hutan selama dari tahun 2005 ke 2010 sebesar 810 ha. Hal ini ditandai oleh selisih debit minimum dan maksimum yang tinggi dan air sungai yang sangat keruh.

Berdasarkan penelitian Utomo (2009) menghitung nilai limpasan permukaan dengan pendekatan Metode Genriver di DAS Brantas Kota Batu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan ada 5 kelas kerawanan banjir yang terdapat di Kecamatan Bumiaji yaitu Kelas Aman 0,25 ha; Agak Aman 159,66 ha;

Agak Rawan 574,54 ha; Rawan 162,52 ha; dan Sangat Rawan 1,91 ha. Data tersebut menunjukkan bahwa Kecamatan Bumiaji sebagai penyangga daerah resapan air khususnya DAS Brantas Hulu mengalami gangguan, yang menyebabkan kebutuhan air pada musim kemarau sangat kurang dan neraca air menjadi tidak seimbang karena kurangnya daerah resapan air akibat alih tata guna lahan. Kondisi ini apabila dibiarkan terus menerus akan berdampak buruk.

Oleh karena itu perlu adanya kegiatan konservasi tanah dan air untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh limpasan permukaan. Namun, permasalahan yang terjadi belum adanya data pendukung yang menunjukkan lokasi prioritas perbaikan yang tepat sasaran sebagai solusi penerapan konservasi mekanik dan vegetatif untuk menanggulangi dampak dari alih tata guna lahan. Metode Rasional yang berintegrasi

dengan SIG (Sistem Informasi Geografis) merupakan salah satu metode menghitung nilai debit maksimum dan minimum atau limpasan permukaan yang terjadi pada suatu daerah khususnya cakupan DAS, karena memiliki akurasi yang cukup baik. Berdasarkan penelitian Jaelani (2005) Metode Rasional digunakan untuk menghitung nilai limpasan permukaan Sungai Way Lay di Lampung Barat. Hasil perhitungan menunjukkan nilai akurasi yang cukup tinggi ditunjukkan nilai yang tidak berbeda jauh antara nilai Model Rasional dengan nilai aktual. Berdasarkan penelitian Girsang (2008) menggunakan Metode Rasional untuk menghitung nilai debit puncak di DAS Belawan Kabupaten Deli Serdang dengan skala ulang beberapa tahun. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan nilai yang tidak berbeda jauh dari nilai lapang yang dihitung. Berdasarkan penelitian Oktavianto (2013) menggunakan Metode Rasional untuk menghitung nilai limpasan permukaan saluran drainase daerah jalan Danau Ranau dan jalan Laut Tawar Kota Malang dengan skala ulang 2, 5, 10 tahun. Hasil perhitungan tersebut dipakai sebagai acuan untuk mengetahui daya tampung saluran drainase, dapat mencukupi kebutuhan nilai limpasan permukaan skala ulang 2, 5, 10 tahun. Metode Rasional yang berintegrasi dengan penginderaan jauh dan SIG (Sistem Informasi Geografis) dapat membantu memecahkan masalah dalam menentukan lokasi yang tepat sasaran dan memprediksi dampak dari degradasi lahan khususnya limpasan permukaan agar konservasi mekanik dan vegetatif dapat dilakukan tepat sasaran.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Mikro Brantas Hulu Kecamatan Bumiaji Kota Batu Provinsi Jawa Timur. Analisis spasial dan pemetaan dilaksanakan di Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan Jurusan Tanah Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2014 hingga Januari 2015.

Pra Survei

Data primer didapatkan dari hasil survei lapang yang meliputi pengukuran infiltrasi di lapangan

didasarkan pada metode grid kaku dimana setiap selang jarak 250 meter akan dihitung nilai infiltrasinya menggunakan alat *Single Ring Infiltrometer* kemudian dihitung nilai infiltrasinya menggunakan Metode Horton. Hasilnya nanti akan diinterpolasikan di dalam luasan DAS Mikro Brantas Hulu.

Pengukuran kemiringan lereng pada pada titik-titik tertentu yang telah ditentukan secara acak untuk uji akurasi dari data spasial pengolahan data LIDAR (*Light Detection and Ranging*). Uji akurasi data spasial dari pengolahan citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS Perekaman 1 September 2014, untuk mengetahui hasil interpretasi penggunaan lahan *unsupervised* dan *supervised*. Pengukuran kerapatan aliran didasarkan kepada penyusunan data LIDAR (*Light Detection and Ranging*) hasil interpretasi dan pengolahan menggunakan *software* AcrGIS 9.3 dan Global Mapper.

Dari pengolahan data tersebut akan dilakukan penyusunan data spasial koefisien limpasan permukaan dengan cara saling menumpang tidihkan keempat data spasial (Kelerengan, Infiltrasi, Penggunaan Lahan dan Kerapatan Aliran) dengan mengelaskan berdasarkan Metode Cook's. Dari hasil tersebut nantinya akan dibuat acuan sebagai penentuan titik validasi nilai debit limpasan permukaan Metode Rasional dengan menggunakan Metode *Chin-ong Meter*.

Survei

Setelah dilakukan penyusunan data spasial berupa nilai koefisien limpasan permukaan dengan berdasarkan Metode Cook's selanjutnya dilakukan penentuan titik validasi nilai limpasan permukaan di lapangan berdasarkan perbedaan jenis penggunaan lahan dengan menggunakan Metode *Chin-ong Meter*. Untuk mendukung perhitungan nilai debit limpasan permukaan dengan Metode Rasional dilakukan pemasangan alat pengukur curah hujan sederhana yang ditempatkan pada tiga titik yang berbeda.

Validasi data Metode Rasional dilakukan perhitungan debit limpasan permukaan dengan menggunakan *Chin-ong Meter* pada enam titik yang berbeda berdasarkan perbedaan jenis penggunaan lahan. Pengukuran curah hujan dan debit limpasan permukaan lapangan,

dilakukan setiap skala kejadian hujan pada bulan Februari sampai April pada pagi hari.

Statistik

Uji-t berpasangan (paired t-test) adalah salah satu metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan tidak bebas (berpasangan). Ciri-ciri yang paling sering ditemui pada kasus yang berpasangan adalah satu individu (objek penelitian) dikenai dua buah perlakuan yang berbeda. Walaupun menggunakan individu yang sama, peneliti tetap memperoleh dua macam data sampel, yaitu data dari perlakuan pertama dan data dari perlakuan kedua.

Perlakuan pertama mungkin saja berupa kontrol, yaitu tidak memberikan perlakuan sama sekali terhadap objek penelitian (Wicaksono, 2010). Pengujian hasil perhitungan debit limpasan permukaan Metode Rasional dengan debit limpasan Metode Chin-ong Meter dengan uji-t berpasangan untuk mengetahui apakah pendugaan sebaran limpasan permukaan dengan menggunakan Metode Rasional yang diintegrasikan dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat dijadikan dasar penentuan lokasi prioritas konservasi mekanik dan vegetatif di DAS Mikro Brantas Hulu.

Hasil dan Pembahasan

Curah Hujan

Satuan curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah millimeter (mm), yang diolah dari hasil pengukuran 3 titik pengamatan setiap harinya mulai tanggal 7 Pebruari 2015 sampai dengan 10 April 2015. Selama periode pengamatan terjadi 45 kali kejadian hujan sehingga persentase turunnya hujan sekitar 71,43% dari 63 hari pengamatan. Curah hujan yang terjadi beragam untuk setiap kali kejadian hujan.

Pada umumnya hujan terjadi pada sore hingga malam hari. Pada metode ini dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat penakar curah hujan manual (AUHB). Total curah hujan pada setiap penggunaan lahan disajikan dalam (Tabel 1).

Intensitas Curah Hujan

Satuan intensitas curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah millimeter per hari (mm/hari), yang diolah dari hasil pengukuran 3 titik pengamatan setiap harinya mulai tanggal 7 Pebruari 2015 sampai dengan 10 April 2015.

Tabel 1. Total curah hujan pengamatan 7 Pebruari - 10 April 2015

CH Penggunaan Lahan	Jumlah Hari Pengamatan	Hari Hujan	Total Curah Hujan (mm)	Rata - Rata (mm/hari)
Hutan	63	45	729,5	11,6
Jeruk	63	45	670,2	10,6
Buncis	63	45	563,1	8,9
Total			1962,8	31,2

Tabel 2. Total intensitas curah hujan pengamatan 7 Pebruari - 10 April 2015

Intensitas CH Penggunaan Lahan	Jumlah Hari Pengamatan	Hari Hujan	Total Intensitas CH (mm/hari)	Rata - Rata (mm/hari)
Hutan	63	45	186,0	3,0
Jeruk	63	45	178,5	2,8
Buncis	63	45	161,7	2,6
Total			526,2	8,4

Selama periode pengamatan terjadi 45 kali kejadian hujan sehingga persentase turunnya hujan sekitar 71,43% dari 63 hari pengamatan. Intensitas curah hujan yang terjadi beragam untuk setiap kali kejadian hujan, tergantung dari jumlah curah hujan dan durasi hujan. Total intensitas curah hujan selama pengamatan disajikan dalam (Tabel 2).

Koefisien Limpasan Permukaan (C)

Koefisien limpasan permukaan atau sering disingkat C adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya limpasan permukaan terhadap besarnya curah hujan. Misalnya C untuk hutan adalah 0,10 artinya 10 persen dari total curah hujan akan menjadi limpasan permukaan. Secara matematis, koefisien limpasan permukaan dapat dijabarkan sebagai berikut :

Koefisien limpasan permukaan (C) = limpasan permukaan (mm) / curah hujan (mm)(1)

Angka koefisien limpasan permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS telah

mengalami gangguan (fisik). Nilai C yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi limpasan permukaan. Hal ini kurang menguntungkan dari segi pencagaran sumberdaya air karena besarnya air yang akan menjadi air tanah berkurang. Kerugian lainnya adalah dengan semakin besarnya jumlah air hujan yang menjadi limpasan permukaan, maka ancaman terjadinya erosi dan banjir menjadi lebih besar. Angka C berkisar antara 0 hingga 1. Angka 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terdistribusi menjadi air intersepsi dan terutama infiltrasi. Sedang angka C = 1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai limpasan permukaan. Di lapangan, angka koefisien limpasan permukaan biasanya lebih besar dari 0 dan lebih kecil dari 1 (Wicaksono; 2010). Koefisien limpasan permukaan (C) DAS Mikro Brantas Hulu disusun berdasarkan hasil dari overlay data spasial kelerengan, infiltrasi, kerapatan aliran dan penggunaan lahan yang ditunjukkan dalam (Tabel 3). Hasil tersebut dijadikan sebagai dasar penentuan titik pengamatan limpasan permukaan Metode Chin-ong Meter yang didasarkan pada perbedaan jenis penggunaan lahan.

Tabel 3. Tabel kelas koefisien limpasan permukaan (C)

Kelas	Skor	Koefisien C	Luas (ha)	% Luas
Sedang	25-50	24,6	315	60,0
Tinggi	50-75	23,5	208	39,6
Sangat Tinggi	75-100	0,3	2	0,4
Jumlah		48,4	525	100,0

Perhitungan Luas DAS (A)

Pengertian nilai A dari metode rasional adalah luas DAS berdasarkan batas topografi sehingga nilai Q yang dihasilkan hanya muncul satu nilai di *outlet* saja. Dalam penelitian ini penghitungan debit limpasan permukaan (Q) berbasis raster, artinya penghitungan berbagai parameter yang berperan dalam penentuan nilai Q dilakukan pada setiap piksel. Jadi nilai yang terdapat pada setiap piksel merupakan informasi debit limpasan permukaan di lokasi tersebut. Berikut ini tahapan penentuan luas DAS berbasis raster:

Resolusi LIDAR mempunyai ukuran piksel 1,17m x 1,17m. Luas DAS = luas piksel, sehingga nilai A menjadi 1,17m x 1,17m = 1,38m². Satuan m² harus dikonversi menjadi km² sehingga luas piksel menjadi 1,38 x 10⁻⁶ km². Jadi rumus rasional yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

$$Q \text{ (m}^3\text{/dt)} = 0,012 \times C \times I \text{ (mm/hari)} \times \text{Luas piksel (km}^2\text{)}$$

$$Q \text{ (m}^3\text{/dt)} = 0,012 \times (C \times 0,01) I \text{ (mm/hari)} \times 1,38 \times 10^{-6} \text{ (km}^2\text{)} \dots\dots\dots (2)$$

Debit Limpasan Permukaan (Q) Metode Rasional

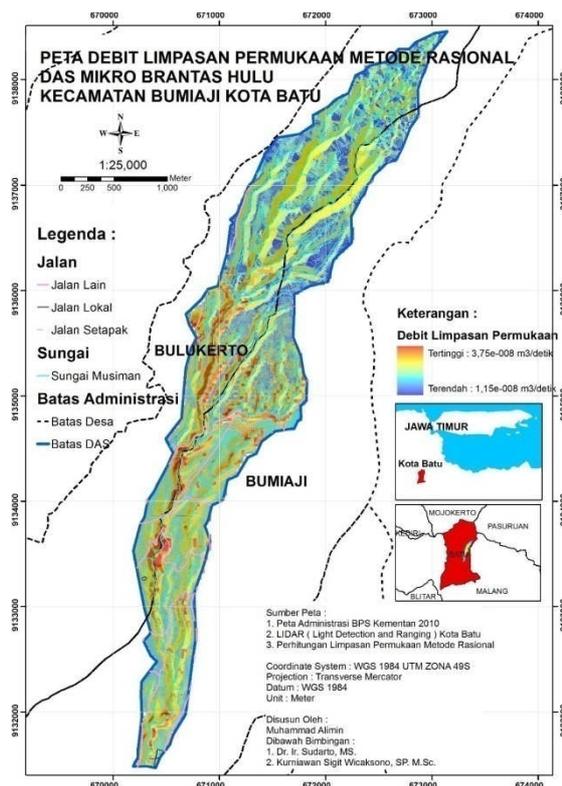
Berdasarkan (Gambar 1), kisaran nilai limpasan permukaan per piksel 1,17 x 1,17 m di DAS Mikro Brantas Hulu antara $1,15 \times 10^{-8}$ m³/detik atau 1,38 l/m² (warna biru) sampai dengan $3,75 \times 10^{-8}$ m³/detik atau 2,37 l/m² (warna merah). Warna merah berarti area tersebut memiliki informasi nilai debit limpasan permukaan yang tinggi, Sebaran debit limpasan permukaan yang tinggi (berwarna merah) mengarah dari daerah tengah ke arah hilir DAS Mikro Brantas Hulu.

Sebaran daerah dengan debit limpasan permukaan yang tinggi di Desa Bulukerto terdapat pada daerah tengah sampai ke arah hilir DAS Brantas Mikro Brantas Hulu. Rata-rata ditemukan pada daerah yang mempunyai kelas kelerengan (>30%), jenis penggunaan lahan yaitu pada lahan tegal dan semak/belukar dan nilai infiltrasi yang semakin ke arah hilir DAS Mikro Brantas Hulu yang semakin rendah. Sedangkan di Desa Bumiaji faktor yang menyebabkan hampir sama, hanya faktor yang membedakan adalah penggunaan lahan pemukiman. Dari hal tersebut ditambah dengan tingkat intensitas curah hujan yang cukup tinggi yang mengarah ke arah hulu DAS Mikro.

Debit Limpasan Permukaan Metode Chin-ong Meter

Dari hasil pengamatan lapang selama 63 hari pengamatan pada ke enam titik penggunaan lahan yang telah dipasang *Chin-ong Meter* terjadi

limpasan permukaan sebanyak 30 kali atau sekitar 48%. Dimana setiap kejadian hujan tidak selalu terjadi limpasan permukaan dikarenakan nilai curah hujan yang berubah-ubah. Untuk jumlah debit jumlah limpasan permukaan setiap jenis penggunaan lahan disajikan dalam (Tabel 4).



Gambar 1. Peta debit limpasan permukaan metode rasional

Tabel 4. Jumlah debit limpasan permukaan metode Chin-ong Meter

Penggunaan Lahan/Tutupan Lahan	Jumlah Hari Pengamatan	Hari Terjadi Limpasan Permukaan	Total Debit Limpasan Permukaan (l/m ²)	Rata - Rata (l/m ²)
Hutan	63	30	163,6	2,6
Tegalan (Apel)	63	30	243,5	3,9
Tegalan (Jeruk)	63	30	312,2	5,0
Tegalan (Kacang)	63	30	364,9	5,8
Tegalan (Buncis)	63	30	386,2	6,1
Bero	63	30	520,3	8,3
Total			1990,7	31,6

Validasi Model

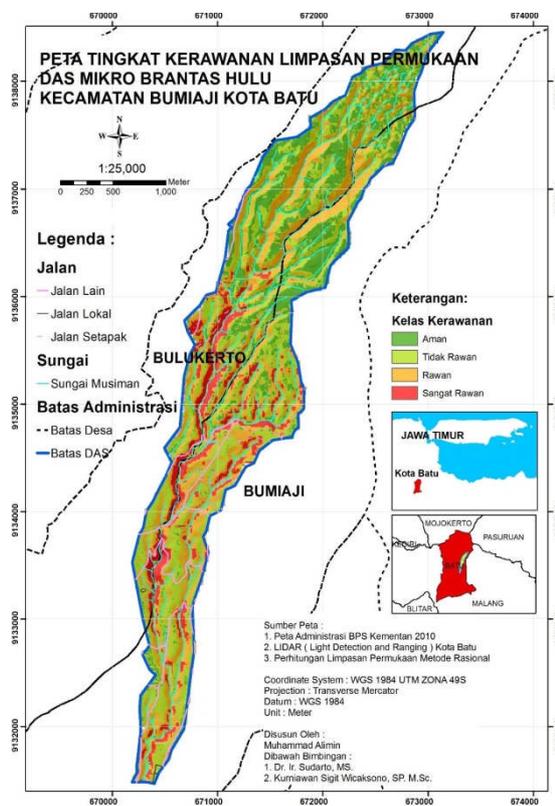
Validasi model dilakukan untuk mengetahui model tersebut dapat diaplikasikan atau tidak. Validasi tersebut dapat diketahui kevalidannya dengan melakukan analisis statistik menggunakan metode uji t berpasangan. Uji validasi tersebut dilakukan dengan membandingkan nilai debit limpasan permukaan pada Model Rasional dengan nilai limpasan permukaan Model Chin-ong Meter. Uji t berpasangan tersebut memiliki ketentuan, jika $P\text{-Tabel} < 0,05$ berarti nilai limpasan permukaan Model Rasional dengan nilai limpasan permukaan berbeda atau nyata dan jika $P\text{-Tabel} > 0,05$ berarti nilai debit limpasan permukaan Model Rasional dengan nilai limpasan permukaan sama atau tidak berbeda nyata.

Hasil uji t berpasangan antara nilai limpasan permukaan Model Rasional dengan nilai limpasan permukaan Model Chin-ong Meter tidak berbeda nyata atau sama, hal ini ditunjukkan dengan nilai $P\text{ Tabel } 0,41 > \alpha = 0,05$. $P\text{ Tabel}$ sebesar 0,41 menjelaskan bahwa estimasi nilai limpasan permukaan Model Rasional yang dihasilkan dapat diaplikasikan. Dengan demikian pendekatan nilai limpasan permukaan dengan menggunakan Metode Rasional yang diintegrasikan dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat tepat sasaran dan dijadikan dasar penentuan lokasi prioritas konservasi mekanik dan vegetatif di DAS Mikro Brantas Hulu Kecamatan Bumiaji Kota Batu.

Prioritas Konservasi

Berdasarkan gambaran debit limpasan permukaan Metode Rasional yang terjadi, beberapa wilayah DAS Mikro Brantas Hulu mengalami limpasan permukaan yang tinggi dengan ditunjukkan dengan warna merah (Gambar 1). Hal ini berarti wilayah-wilayah lahan ini perlu mendapatkan perhatian khusus dalam arti diperlukan upaya-upaya agar limpasan permukaan bisa dikendalikan. Sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan Wicaksono (2010) menerangkan bahwa prioritas daerah konservasi didasarkan dari hasil spasial Metode Rasional, dengan

mensimulasikan berbagai bentuk penggunaan lahan sebagai solusi untuk menanggulangi bahaya limpasan permukaan.



Gambar 2. Peta tingkat kerawanan limpasan permukaan

Suhardiman (2012) menganalisis nilai kerawanan dan resiko suatu daerah terhadap limpasan permukaan. Tingkat kerawanan yang paling tinggi nantinya akan ditetapkan sebagai daerah dengan prioritas konservasi mekanik dan vegetatif. Analisis penentuan daerah rawan dan resiko limpasan permukaan disajikan dalam bentuk spasial (Gambar 2) dan luasan (Tabel 5).

Tabel 5. Luasan tingkat kerawanan limpasan permukaan

Kelas Kerawanan	Luas (ha)	Luas (%)
Aman	105,00	20,00
Tidak Rawan	183,75	35,00
Rawan	164,06	31,25
Sangat Rawan	72,19	13,75
Jumlah	525,00	100,00

Kesimpulan

Jenis penggunaan lahan memiliki pengaruh terhadap nilai limpasan permukaan. Limpasan permukaan tertinggi terjadi pada jenis penggunaan lahan bero dan limpasan permukaan terendah terjadi pada jenis penggunaan lahan hutan. Penentuan skala prioritas konservasi mekanik dan vegetatif secara spasial di DAS Mikro Brantas Hulu dapat dilakukan dengan menggunakan Metode Rasional. Luasan skala prioritas konservasi mekanik dan vegetatif di DAS Mikro Brantas Hulu pada daerah tingkat kerawan limpasan permukaan sangat rawan yaitu : Desa Bulukerto sebesar 41,45 ha dan Desa Bumiaji sebesar 30,74 ha.

Daftar Pustaka

- Girsang, F. 2008. Analisis Curah Hujan Untuk Pendugaan Debit Puncak Dengan Metode Rasional Pada DAS Belawan Kabupaten Deli Serdang (Online). Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan. Tersedia di (<http://www.repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/7542/1/09E00482.pdf>). (Diakses pada tanggal 16 Des. 2015).
- Jaelani, M. 2005. Kajian Debit Banjir Sungai Way Laay Kecamatan Karya Penggawa Kabupaten Lampung Barat (Online). Tesis. Program Magister Profesional PSDA, Institut Teknologi Bandung. Bandung. Tersedia di (http://digilib.itb.ac.id/files/JBPTITBSI/disk1/39/jbptitbsi-gdl-s2-2005-mjailani-1945-2005_ts_1.pdf). (Diakses pada tanggal 17 Apr. 2015)
- Oktavianto, H.D.O., Harisuseno, D. dan Haji, T.S. 2013. Studi Reduksi Genangan Limpasan Permukaan Saluran Drainase di Jalan Danau Ranau dan Jalan Laut Tawar Kota Malang Menggunakan Aplikasi Sistem Model Daerah aliran Sungai (SIMODAS) (Online). Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya. Malang. Tersedia di (<http://pengairan.ub.ac.id/wp-content/uploads/2014/02/Studi-Reduksi-Genangan-Limpasan-Permukaan-Saluran-Drainase-Di-Jalan-Danau-Ranau-Dan-Jalan-Danau-Laut-Tawar-Kota-Malang-Menggunakan-Aplikasi-Sistem-Model-Daerah-Aliran-Sungai-SIMODAS-Sapto-H-D-Oktavianto-0810640068.pdf>) (Diakses pada tanggal 16 Des. 2015).
- Suhardiman, 2012. Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) Pada Sub DAS Walanae Hilir (Online). S.P. Skripsi. Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Makassar. Tersedia di (<http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/2040/SKRIPSS%20SUHARDIMAN%20ZONASI%20TINGKAT%20KERAWANAN%20BANJIR%20DENGAN%20SIG%20SUB%20DAS%20WALANAW%20HILIR.pdf>) (Diakses pada tanggal 1 Des. 2015).
- Utomo, A.P. 2009. Estimasi Sebaran Daerah Rawan Banjir Bandang Menggunakan Genriver, Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh di Daerah Aliran Sungai (DAS) Sumber Brantas Kota Batu. Skripsi. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang.
- Wicaksono, K.S. 2010. Kajian Pengurangan Risiko Banjir Melalui Simulasi Bentuk Penggunaan Lahan Dari Aspek Hidrologi Di DAS Samin. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

halaman ini sengaja dikosongkan