

STUDI PENELITIAN
DAMPAK PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN TERHADAP
BESARNYA DEBIT BANJIR DI KABUPATEN
PROBOLINGGO

Cilcia Kusumastuti^{1*}, Ruslan Djajadi¹, Edgar Adiputra Winarko¹, dan Evan Antonio Richard¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra
*cilcia.k@petra.ac.id

Intisari

Perubahan tata guna lahan merupakan salah satu konsekuensi adanya pengembangan wilayah akibat kenaikan jumlah penduduk. Kabupaten Probolinggo merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang menunjukkan adanya perubahan luasan untuk 25 peruntukan lahan yang berbeda dari tahun 2010 ke tahun 2015. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dampak perubahan tata guna lahan di Kabupaten Probolinggo terhadap debit banjir di 7 (tujuh) Daerah Aliran Sungai (DAS).

Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi data curah hujan harian dari 53 stasiun hujan dari tahun 2007 – 2016, data DAS, dan data tata guna lahan. Analisis statistik digunakan untuk mengolah data hujan dan mengevaluasi perubahan tata guna lahan. Sedangkan debit banjir diperkirakan dengan metode Rasional.

Analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa data hujan di Kabupaten Probolinggo mengikuti sebaran Gumbel. Sedangkan evaluasi tata guna lahan yang dilakukan menunjukkan adanya penambahan luas area yang digunakan untuk daerah kampung padat, industri kimia dan serat, serta industri pangan. Perubahan tersebut menyebabkan kenaikan nilai koefisien aliran permukaan (C) yang menyebabkan kenaikan debit banjir sebesar 1,75% di seluruh DAS di Kabupaten Probolinggo. Berdasarkan kondisi tersebut, maka pemerintah Kabupaten Probolinggo perlu memberikan perhatian khusus dalam perencanaan pengembangan wilayah agar tidak terjadi kenaikan koefisien C yang kontinu di masa depan.

Kata Kunci: daerah aliran sungai, debit banjir, koefisien aliran permukaan, tata guna lahan

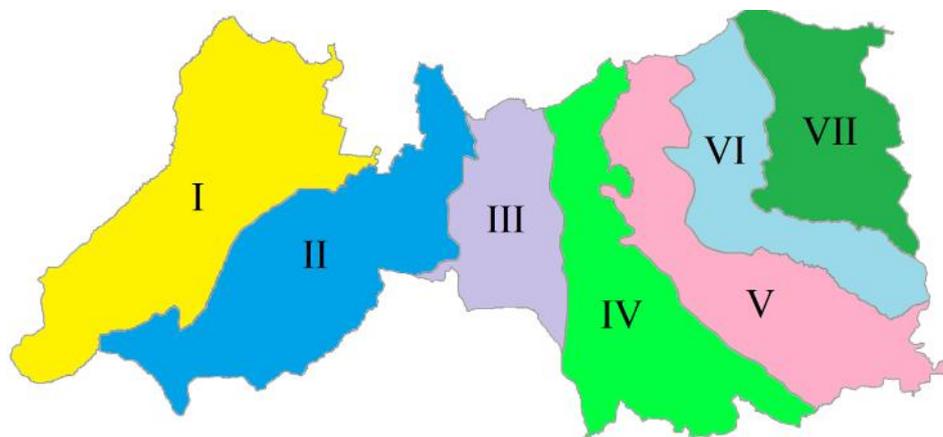
LATAR BELAKANG

Perubahan tata guna lahan adalah salah satu konsekuensi dari adanya pengembangan suatu kawasan atau wilayah akibat adanya peningkatan akan permintaan sandang, pangan, dan papan karena kenaikan jumlah penduduk. Penelitian oleh Kusumastuti dan Weesakul (2012) pada wilayah penelitian di

Bangkok Metropolitan Administration, Thailand, menunjukkan adanya penambahan luas area yang digunakan sebagai daerah pemukiman yang terjadi seiring dengan kenaikan jumlah penduduk. Secara spesifik, beberapa penelitian baik di Indonesia maupun di negara-negara lain telah dilakukan terkait dengan perubahan tata guna lahan dan dampak yang ditimbulkannya terhadap perubahan debit limpasan. Tiga penelitian di Indonesia oleh Nurrisqi dan Suyono (2013) di sub-Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas Hulu, Suroso dan Susanto (2016) pada DAS Banjaran, serta Halim (2014) pada DAS Malalayang menunjukkan adanya kenaikan debit puncak banjir akibat perubahan tata guna lahan. Penelitian serupa juga dilakukan pada daerah penelitian di luar Indonesia. Hundedcha dan Bardossy (2004) mengungkapkan hasil penelitian mereka pada 95 sub-DAS Rhine yang menunjukkan adanya peningkatan debit puncak limpasan pada musim panas yang berlangsung bersamaan dengan urbanisasi di daerah tersebut. Namun demikian, penurunan debit banjir terdeteksi di 6 (enam) sub-DAS di daerah *semi-arid* di Zimbabwe akibat perubahan peruntukan lahan dari padang pasir dan padang rumput menjadi perkebunan dan pertanian dalam penelitian yang dilakukan oleh Lorup, Refsgaard, dan Mazvimavi (1998).

Perkembangan daerah di Indonesia terjadi seiring dengan perubahan tata guna lahan yang kemungkinan dapat menimbulkan dampak terhadap perubahan besarnya debit banjir. Terlepas dari perubahan karakteristik pola hujan yang mungkin terjadi, pada makalah ini secara khusus akan dibahas mengenai perubahan tata guna lahan di Kabupaten Probolinggo selama kurun waktu 5 (lima) tahun yaitu dari tahun 2010 ke tahun 2015 serta dampak yang ditimbulkannya terhadap besar debit banjir yang terjadi.

Kabupaten Probolinggo merupakan salah satu kabupaten di Provinsi di Jawa Timur dengan luas wilayah sebesar 1.696,16 km² (Badan Pusat Statistik Kabupaten Probolinggo, 2016). Pada tahun 2015 Kabupaten Probolinggo memiliki jumlah penduduk sebesar 1.140.480 jiwa. Berdasarkan data dari Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Probolinggo (2016), daerah hidrologis Kabupaten Probolinggo terbagi menjadi 7 (tujuh) Daerah Aliran Sungai (DAS) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan detail informasi mengenai ke-tujuh DAS tersebut disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Daerah Aliran Sungai di Kabupaten Probolinggo

Tabel 1. Data Daerah Aliran Sungai (DAS) di Kabupaten Probolinggo

Kode	Nama DAS	Nama Sungai Utama	Luas DAS (km ²)	Panjang Sungai Utama (km)	Lebar Sungai Utama (m)	Kemiringan Sungai Utama
I	Sumber Kaleng	Lawean	351,3	23	25	0,043
II	Probolinggo	Kedung Galeng	318,42	38	35	0,04
III	Sebaung	Gending	146,99	20	20	0,025
IV	Pekalen	Pekalen	267,13	35,10	35	0,038
V	Krejengan	Kertosono	267,39	37,70	25	0,084
VI	Besuk	Pancar Glagas	181,39	85,70	50	0,063
VII	Paiton	Kresek	189,32	24,50	25	0,061

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Probolinggo (2016)

Data dari Badan Pertanahan Nasional Provinsi Jawa Timur (2015) menunjukkan adanya perubahan luasan untuk total 25 Peruntukan lahan di Kabupaten Probolinggo dari tahun 2010 ke tahun 2015 yang disajikan pada Tabel 2. Data peruntukan lahan tersebut termasuk kawasan danau, laut, dan sungai. Ditinjau dari aspek karakteristik DAS sebagai salah satu faktor pembentuk debit banjir, perubahan penutupan lahan merupakan salah satu komponen yang perlu diperhatikan. Dalam penelitian ini, digunakan metode Rasional untuk memperkirakan besarnya debit banjir di Kabupaten Probolinggo. Metode Rasional merupakan metode yang paling sederhana untuk menentukan besarnya debit banjir (Chow, 1988). Metode tersebut menggunakan variabel koefisien aliran permukaan (C) dalam perhitungan debit banjir. Besarnya debit banjir dengan menggunakan metode Rasional (Triatmodjo, 2009) dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$Q = 0,278 C I A \tag{1}$$

dengan:

Q : debit puncak banjir (m³/detik)

C : koefisien aliran permukaan

I : intensitas hujan (mm/jam)

A : luas daerah pengaliran (km²)

Dikarenakan keterbatasan bentuk data hujan (*time interval* data) yang tersedia di Kabupaten Probolinggo yaitu data hujan harian, maka intensitas hujan yang digunakan dalam perhitungan debit banjir diperkirakan dengan rumus Mononobe (Triatmodjo, 2009) pada persamaan (2) dengan menggunakan data hujan harian sebagai *input*. Nilai t (durasi hujan) pada rumus Mononobe sama dengan nilai t_c (waktu konsentrasi) aliran yang terjadi di masing-masing DAS. Nilai t_c tersebut dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus Kirpich (Triatmodjo, 2009) pada persamaan (3).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \tag{2}$$

dengan:

I : intensitas hujan (mm/jam)

R_{24} : curah hujan maksimum harian (mm)

t : durasi hujan = waktu konsentrasi (mm/jam)

$$t_c = \frac{0,06628(L)^{0,77}}{S^{0,385}} \tag{3}$$

dengan:

L : panjang sungai (km)

S : kemiringan dasar sungai

Curah hujan maksimum harian (R_{24}) yang digunakan dalam perhitungan intensitas hujan ditentukan berdasarkan sebaran data hujan di Kabupaten Probolinggo. Penentuan sebaran data hujan dilakukan dengan menghitung nilai parameter-parameter statistik (Triatmodjo, 2009) seperti, koefisien variasi (c_v), koefisien kemencengan (c_s), dan koefisien kurtosis (c_k) dengan menggunakan persamaan (4), (5), dan (6) secara berturut-turut kemudian membandingkannya dengan syarat parameter statistik untuk sebaran tertentu.

$$c_v = \frac{S}{\bar{x}} \tag{4}$$

dengan:

c_v : koefisien variasi

$$S : \text{standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

\bar{x} : nilai rata-rata

$$c_s = \sum_{i=0}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S} \right)^3 \times \frac{n}{(n-1)(n-2)} \tag{5}$$

dengan:

c_s : koefisien kemencengan

x_i : nilai varian

\bar{x} : nilai rata-rata

n : jumlah data

S : standar deviasi

$$c_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=0}^n (x_i - \bar{x})^4 \tag{6}$$

lahan yang memberi bobot yang berbeda. Nilai koefisien aliran permukaan untuk masing-masing peruntukan lahan yang digunakan untuk menghitung besarnya debit banjir rencana dengan metode Rasional pada persamaan (1) disajikan pada Tabel 2.

Dampak perubahan tata guna lahan terhadap besarnya debit banjir dapat dilihat jika ada perbedaan nilai $C_{komposit}$ akibat tata guna lahan pada tahun 2010 dan 2015 yang secara langsung berkontribusi terhadap perubahan besarnya debit banjir.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perubahan Tata Guna Lahan di Kabupaten Probolinggo

Perubahan tata guna lahan di Kabupaten Probolinggo tampak dari perubahan luasan untuk setiap peruntukan lahan di Kabupaten Probolinggo yang terlihat pada %perubahan di Tabel 2. Perubahan terbesar dengan nilai C terbesar yaitu 0,75 ditunjukkan oleh peruntukan lahan untuk daerah kampung padat, industri aneka kimia dan serat, serta industri aneka pangan. Pada tahun 2010, tidak ada kampung padat dan daerah industri pangan di Kabupaten Probolinggo. Serta ada kenaikan penggunaan lahan untuk daerah industri aneka kimia dan serat yang mencapai 823,29%. Di sisi lain, luasan daerah dengan tata guna lahan yang memiliki nilai C kecil (0,15 – 0,38) seperti, rawa, hutan, sawah, tanah terbuka, dan kebun mengalami penurunan yang berkisar 10,14% hingga 46,51%.

Nilai C yang dipilih dalam penelitian ini merupakan nilai justifikasi dari rentang nilai C yang tercantum pada tabel koefisien aliran permukaan pada Triatmodjo (2009). Adanya perubahan tata guna lahan di Kabupaten Probolinggo, mengakibatkan perubahan besarnya $C_{komposit}$ pada tahun 2010 dan 2015 sebesar 0,3904 menjadi 0,3973. Secara detail, persentase perubahan luasan untuk masing-masing peruntukan lahan disajikan di Tabel 2.

Tabel 2. Data tata guna lahan dan nilai koefisien aliran permukaan (C) pada tahun 2010 dan 2015 di Kabupaten Probolinggo

Tata Guna Lahan	C [#]	Luas lahan (ha) [*]		% Perubahan
		Tahun 2010	Tahun 2015	
Daerah industri aneka kimia dan serat	0,75	21,04	194,28	823,29
Daerah industri aneka pangan	0,75	0	1,31	131
Dermaga	0,7	76,21	76,21	0
Hutan lebat	0,34	51975,32	46703,53	-10,14
Hutan sejenis alami	0,34	398,66	567,29	42,30
Daerah industri mesin dan listrik	0,75	293,97	298,82	1,65
Instalasi listrik	0,75	0	2,48	248
Kampung jarang	0,5	0	32,47	3200,5
Kampung padat	0,75	14556,30	17161,42	17,90
Kebun campuran	0,38	7697,78	17052,51	121,52

Tata Guna Lahan	C [#]	Luas lahan (ha) [*]		% Perubahan
		Tahun 2010	Tahun 2015	
Perkebunan rakyat	0,38	1433,68	778,47	-45,70
Perumahan padat	0,75	0	3,15	315
Rawa	0,15	43,97	24,57	-44,13
Sawah irigasi	0,38	50706,56	45024,56	-11,21
Sawah tadah hujan	0,38	8169,16	8002,87	-2,04
Semak	0,36	1987,96	1063,39	-46,51
Suaka marga satwa	0,36	4236,12	4236,12	0
Taman nasional BTS	0,36	3464,61	3464,61	0
Tambak	0,15	2519,83	2539,34	0,77
Tanah terbuka	0,2	108,98	77,28	-29,09
Tegalan	0,36	35874,94	36251,06	1,05
Tempat rekreasi	0,8	3,79	3,79	0
Danau	0	66,98	66,98	0
Laut	0	4,85	4,85	0
Sungai	0	419,58	428,99	2,24
TOTAL	-	184060,3	184060,3	-

Sumber: [#]Triatmodjo (2009), ^{*}Badan Pertanahan Nasional Provinsi Jawa Timur (2015)

Analisis Data Hujan dan Debit Banjir di Kabupaten Probolinggo

Rata-rata curah hujan harian untuk Kabupaten Probolinggo dihitung dengan metode rata-rata Aljabar dan memberikan nilai kedalaman curah hujan maksimum harian untuk setiap tahunnya yang disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan nilai curah hujan maksimum harian tersebut, dapat ditentukan nilai curah hujan rencana untuk periode ulang tertentu dengan sebelumnya menentukan sebaran data curah hujan yang sesuai. Penentuan sebaran data curah hujan yang sesuai meliputi perhitungan parameter-parameter statistik dengan menggunakan persamaan (4), (5), dan (6).

Besarnya nilai syarat statistik untuk 4 (empat) tipe sebaran yang berbeda, yaitu sebaran Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson tipe III disajikan pada Tabel 4. Nilai parameter-parameter statistik terhitung untuk data curah hujan di Kabupaten Probolinggo tidak menunjukkan nilai yang sama persis dengan syarat masing-masing tipe sebaran, namun demikian nilai c_s dan c_k data hujan Kabupaten Probolinggo menunjukkan kecenderungan mendekati syarat statistik untuk sebaran Gumbel. Dengan demikian, sebaran Gumbel dipilih sebagai sebaran yang sesuai untuk data curah hujan maksimum harian di Kabupaten Probolinggo.

Uji kecocokan sebaran dengan metode Chi-Kuadrat dilakukan untuk memastikan sebaran Gumbel dapat diterima untuk menentukan besarnya kedalaman curah hujan rencana. Sebaran Gumbel memiliki derajat kebebasan, $Dk = 2$ dan untuk derajat signifikansi, $\alpha = 5\%$, maka diperoleh nilai Chi-Kuadrat kritis, $X^2_{Cr} = 5,991$ (Triatmodjo, 2009). Sedangkan nilai Chi-Kuadrat hitung untuk data curah hujan di Kabupaten Probolinggo dengan sebaran Gumbel memberikan nilai sebesar 5. Dikarenakan nilai Chi-Kuadrat hitung lebih kecil daripada nilai Chi-Kuadrat

Kritis, maka sebaran Gumbel dapat digunakan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana.

Dalam penelitian ini, ditetapkan periode ulang yang digunakan adalah 25 tahun. Untuk periode ulang 25 tahun dan mengikuti sebaran Gumbel, maka besarnya kedalaman curah hujan harian rencana maksimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (7) (Triatmodjo, 2009).

$$x = \bar{x} + K.S \tag{7}$$

dengan:

x : besarnya curah hujan untuk periode ulang T tahun (mm)

T : periode ulang (*return period*) (tahun)

\bar{x} : curah hujan maksimum harian rata-rata selama tahun pengamatan (mm)

S : standar deviasi

K : faktor frekuensi = $\frac{(y - y_n)}{t_n}$

y : *reduced mean*, fungsi dari besarnya data

t_n : *reduced standard deviation*, fungsi dari besarnya data

y_n : *reduced variate*, fungsi dari $T = -\ln\left(\ln\frac{T}{T-1}\right)$

Periode ulang 25 tahun pada sebaran Gumbel memberikan nilai y sebesar 0,4952 dan t_n sebesar 0,9496. Dengan nilai rata-rata curah hujan maksimum sebesar 62,12 mm; nilai y_n sebesar 3,1993; nilai K sebesar 2,85; dan S sebesar 17,99; maka diperoleh besarnya curah hujan rencana dengan periode ulang 25 tahun untuk Kabupaten Probolinggo sebesar 115,91 mm.

Tabel 3. Curah hujan maksimum harian di Kabupaten Probolinggo

Tahun	2007	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
Curah hujan (mm)	64,2	53	48,9	67,3	45,7	99,7	49,4	42,5	70,1	80,4

Tabel 4. Nilai parameter-parameter statistik untuk data curah hujan Kabupaten Probolinggo

Jenis Sebaran	Syarat	Hasil
Normal	$c_s = 0$	$c_s = 1,02$
	$c_k = 3$	$c_k = 2,29$
Log Normal	$c_s = 3$	$c_s = 0,56$
	$c_k = 3,07$	$c_k = 1,73$
Gumbel	$c_s = 1,14$	$c_s = 1,02$
	$c_k = 5,4$	$c_k = 2,29$
Log Pearson Tipe III	$c_s = 0$	$c_s = 0,56$
		$c_k = 1,73$

Kedalaman hujan rencana untuk periode ulang 25 tahun untuk Kabupaten Probolinggo merupakan nilai R_{24} pada persamaan (2) untuk menghitung besarnya intensitas hujan. Intensitas hujan untuk masing-masing waktu konsentrasi (t_c) yang dihitung dengan persamaan (3) pada setiap DAS di Kabupaten Probolinggo disajikan pada Tabel 5. Setelah semua variabel untuk menghitung debit banjir dengan persamaan (1) diperoleh, maka besarnya debit banjir rencana akibat tata guna lahan tahun 2010 dan 2015 dapat dihitung dan hasilnya secara lengkap disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Waktu konsentrasi (t_c), intensitas hujan (I), dan debit banjir rencana (Q), serta perubahan debit banjir rencana (Q) di 7 (tujuh) DAS di Kabupaten Probolinggo

Nama DAS	Nama Sungai Utama	t_c (jam)	I (mm/jam)	Q_{2010} (m^3/det)	Q_{2015} (m^3/det)	Q (m^3/det)
Sumber Kaleng	Lawean	2,49	21,87	834,0132	848,6431	14,6299
Probolinggo	Kedung Galeng	3,77	16,59	573,3244	583,3815	10,0570
Sebaung	Gending	2,75	20,47	326,6081	332,3374	5,7292
Pekalen	Pekalen	3,61	17,08	495,084	503,7685	8,6846
Krejengan	Kertosono	2,81	20,18	585,6461	595,9193	10,2732
Besuk	Pancar Glagas	5,92	12,28	241,7463	245,9869	4,2406
Paiton	Kresek	2,28	23,20	476,6515	485,0127	8,3612

Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir rencana untuk masing-masing DAS di Kabupaten Probolinggo yang disajikan pada Tabel 5, seluruh sungai utama mengalami kenaikan debit banjir sebesar 1,75% yang berkisar antara 4,2406 m^3/det hingga 14,6299 m^3/det .

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Analisis perubahan tata guna lahan yang telah dilakukan di Kabupaten Probolinggo menunjukkan adanya perubahan luasan yang semakin besar untuk daerah kampung padat, industri aneka kimia dan serat, serta industri aneka pangan. Ketiga peruntukan lahan tersebut memiliki koefisien aliran permukaan yang terbesar di antara peruntukan lahan yang lain. Oleh karena itu, adanya kenaikan luas lahan untuk peruntukan lahan tersebut menyebabkan kenaikan nilai $C_{komposit}$ di Kabupaten Probolinggo. Perubahan tersebut secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan debit banjir di 7 (tujuh) sungai utama.

Rekomendasi

Dengan adanya gambaran mengenai perubahan tata guna lahan yang menyebabkan meningkatnya koefisien aliran permukaan di Kabupaten

Probolinggo, maka sebaiknya perlu pertimbangan khusus bagi Pemerintah Kabupaten Probolinggo untuk perencanaan pengembangan wilayah. Hal tersebut perlu dilakukan agar tidak terjadi kenaikan koefisien aliran permukaan yang kontinu di masa depan. Perlu adanya kebijakan untuk mengatur dan setidaknya mempertahankan luas daerah resapan air di Kabupaten Probolinggo agar dapat mencegah terjadinya kenaikan debit banjir akibat perubahan tata guna lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Probolinggo, 2016. *Kabupaten Probolinggo Dalam Angka 2016*, BPS, Kabupaten Probolinggo.
- Badan Pertanahan Nasional Provinsi Jawa Timur, 2015. *Buku Laporan Neraca Penatagunaan Tanah Kabupaten Probolinggo Tahun 2015*, Kantor Wilayah Badan Pertanahan Nasional Provinsi Jawa Timur, Jawa Timur.
- Chow, V.T., Maidment D.R., Mays, L.W., 1988. *Applied Hydrology*, halaman 496-502, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Probolinggo, 2016. *Data Daerah Aliran Sungai Kabupaten Probolinggo*, Dinas PU Pengairan, Kabupaten Probolinggo.
- Halim, F, 2014. Pengaruh hubungan tata guna lahan dengan debit banjir pada daerah aliran Sungai Malalayang, *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, Vol, 4, No.1: 45 – 54 ISSN: 2087-9334.
- Hundecha, Y, and Bardossy, A, 2004. Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a watershed model, *Journal of Hydrology*, Vol. 292, Issues 1 – 4: 281 – 295 ISSN: 0022-1694.
- Kusumastuti, C., dan Weesakul, S., 2012. Urbanization and Rainfall Pattern Change in Bangkok Metropolitan Administration, *gwf International*, Vol. 153, S1/2012 ISSN: 0016-3651.
- Lorup, J.K., Refsgaard, J.C., dan Mazvimavi, D., 1998. Assessing the effect of land use change on catchment runoff by combined use of statistical tests and hydrological modelling: Case studies from Zimbabwe, *Journal of Hydrology*, Vol. 205, Issues 3 – 4: 147 - 163 ISSN: 0022-1694.
- Nurritzqi, E,H, dan Suyono, 2013. Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap perubahan debit puncak banjir di Sub DAS Brantas Hulu, *Jurnal Bumi Indonesia*, Vol. 1, No, 3: 363 – 371 ISSN 1858-1110.
- Suroso dan Susanto, H,A, 2006. Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir daerah aliran Sungai Banjaran, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 3, No, 2: 75 – 80 ISSN 1693-5756.
- Triatmodjo, B., 2009. *Hidrologi Terapan*, halaman 142-144; 204-206; 225-227; 237-239; 266, Beta Offset, Yogyakarta.