

ANALISA DEBIT PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI GUNTING DENGAN METODE NAKAYASU

Mona Shinta Safitri¹, Devi Zettyara²

^{1,2}Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

¹mona.shinta@polinema.ac.id,²devizett@polinema.ac.id

Abstrak

Kejadian banjir yang terjadi khususnya di Jawa Timur merupakan bencana alam yang kerap terjadi di beberapa daerah seperti contoh adalah Kabupaten Jombang. Kejadian banjir tersebut cukup meresahkan masyarakat atau penduduk yang tinggal di wilayah tersebut. Karena hampir setiap tahunnya air sungai meluap (*over topping*) yang mengakibatkan sarana infrastruktur dan rumah-rumah tergenang sehingga mengganggu aktifitas masyarakat. Berdasarkan hal tersebut maka peneliti menghitung debit banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Gunting agar mengetahui debit banjir DAS Gunting dengan berbagai kala ulang. Dengan debit tersebut dapat digunakan untuk pengendalian banjir yang tepat untuk DAS Gunting ini.

Data yang dibutuhkan adalah peta DAS, Curah Hujan pada stasiun yang berpengaruh pada DAS tersebut. Dengan data-data tersebut dihitung dengan menggunakan metode statistik sehingga didapat curah hujan rancangan. Analisis selanjutnya menggunakan metode nakayasu untuk mengetahui debit banjir rancangan dan hidrograf banjir pada DAS Gunting.

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada DAS Gunting debit banjir dengan kala ulang 25 tahun yaitu sebesar 354,732 m³/dt yang terbagi pada 5 subdas nya yaitu sub DAS Gunting Hulu, DAS Gunting Tengah, DAS Gunting Hilir, DAS Pacir, DAS Catak Banteng.

Kata kunci: Banjir, Hidrograf, DAS, Debit

Abstract

Flood that occurs especially in East Java are natural disasters that often occur in several areas, for example, Jombang Regency. The flood incident was quite disturbing to the community or residents living in the area. Because almost every year the river water overflows (over topping) which results in infrastructural facilities and houses being inundated, thereby disrupting community activities. Based on this, the researchers calculated the flood discharge in the Gunting Watershed in order to find out the flood discharge in the Gunting Watershed with various return periods.

The data needed is a map of the watershed, rainfall at the stations that affect the watershed. With these data calculated using statistical methods so that the design rainfall can be obtained. Subsequent analysis uses the Nakayasu method to determine the design flood discharge and flood hydrograph in the Gunting watershed.

The results of the analysis show that in the Gunting Watershed the flood discharge with a return period of 25 years is 354.732 m³/s which is divided into 5 sub-watersheds namely the Upper Gunting Watershed, Middle Gunting Watershed, Lower Gunting Watershed, Pacir Watershed, Catak Banteng Watershed.

Keywords: Flood, hydrograph, Watershed, Discharge

1. Pendahuluan

Pemerintah telah berusaha untuk meningkatkan kenyamanan daerah agar terbebas dari suatu bencana banjir. Usaha-usaha tersebut dilakukan agar aktivitas masyarakat dalam

melakukan kehidupan dan mengisi pembangunan menjadi efektif dan efisien dipandang dari sisi anggaran dan waktu. Namun, karena telah terjadi perubahan alam termasuk perubahan karakteristik sungai, sehingga hampir setiap tahun terdengar

berita banjir yang menenggelamkan sarana prasarana daerah dan merusak lahan pertanian serta menghanyutkan permukiman penduduk.

Jika pertambahan penduduk dengan penyebaran penggunaan lahannya dapat dipandang sebagai peluang dalam menuju perkembangan daerah, maka sungai menjadi prasarana penting yang perlu diperhatikan dengan kegiatan penataannya, sehingga kendala masalah banjir di daerah tersebut dapat dikendalikan dan permasalahan yang berkaitan dengan sungai tidak akan mengganggu aktivitas masyarakat serta fungsi pemerintahan dilaksanakan lebih optimal maupun pelestarian air dapat diwujudkan.

Berdasarkan hal tersebut maka peneliti menghitung debit banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Gunting agar mengetahui debit banjir DAS Gunting dengan berbagai kala ulang. Dengan debit tersebut dapat digunakan untuk pengendalian banjir yang tepat untuk DAS Gunting ini.

Kajian ini bertujuan untuk menganalisa hidrologi adalah menghitung parameter hidrologi berupa hujan rencana dan banjir rencana sehingga dapat dijadikan sebagai dasar untuk perencanaan bangunan pengendali banjir yaitu dasar dalam penentuan tinggi muka air banjir yang melintas di Kali Gunting. Berdasarkan permasalahan yang ada maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui curah hujan rencana pada DAS Gunting dan anak sungainya.
2. Mengetahui distribusi hujan jam-jaman dengan metode mononobe
3. Mengetahui debit banjir rancangan dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintesis Nakayasu

2. Lokasi studi dan Metodologi

a. Lokasi Studi

Studi ini di terletak pada Kali Gunting. DAS Kali Gunting memiliki panjang sungai utama \pm 32,20 km sedangkan luas DAS-nya adalah \pm 239,96 km². Sistem sungai pada DAS Kali Gunting secara umum Kali Gunting terdiri dari 3 (tiga) sungai utama yaitu Kali Gunting sebagai Sungai Utama, dan 2 (dua) anak sungai utama yaitu Kali Catak Banteng dan Kali Pancir. Kali Pancir bermuara di kali Gunting pada Desa Mojotrisno Kecamatan Mojoagung, sedangkan Kali Catak Banteng bermuara pada Kali Gunting di Desa Betek Kecamatan Mojoagung. Kali Gunting sendiri bermuara pada Kali Ngotok Ring Kanal pada Desa Sumobito Kecamatan

Mojoagung dan pada akhirnya bermuara pada Kali Brantas.



Gambar 1. Pembagian Sub-DAS Sistem Kali Gunting

b. Hujan Rerata Daerah

Pada penelitian ini digunakan metode poligon Thiessen dengan pertimbangan titik-titik stasiun hujan yang kurang tersebar merata, kemudian dengan metode ini dipertimbangkan juga luasan pengaruh dari sebaran stasiun hujannya. Perhitungan poligon Thiessen dilakukan pada DAS Kali Gunting secara keseluruhan, kemudian perhitungan hujan rancangan pada masing-masing sub DAS Kali Gunting dilakukan dengan metode perbandingan DAS.

c. Analisa Data Curah Hujan

Sesuai dengan Panduan Perencanaan Bendungan Urugan, tahun 1999, data hujan yang diperlukan untuk analisis banjir desain sebaiknya lebih dari 20 tahun. Data hujan tersebut harus consistent, ketiadaan trend, stationary dan persistensi sebelum digunakan untuk analisis frekuensi atau untuk suatu simulasi hidrologi. Sebelum data hujan digunakan dalam analisis hidrologi, terlebih dahulu dilakukan analisa statistik terhadap data hujan. Analisa statistik yang digunakan untuk memastikan bahwa data hujan tersebut layak digunakan untuk analisa selanjutnya meliputi :

- a. Uji konsistensi (*consistency test*)
- b. Uji ketiadaan trend
- c. Uji stasioner
- d. Uji persistensi

d. Distribusi Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah hujan terbesar tahunan dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi di suatu daerah, atau hujan dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Curah hujan rancangan untuk periode ulang tertentu secara statistik dapat diperkirakan berdasarkan seri data curah hujan harian maksimum tahunan (*maximum annual series*) jangka panjang (>20 tahun) dengan analisis distribusi frekuensi. Curah hujan desain

Analisa Debit Pada Daerah Aliran Sungai Gunting Dengan Metode Nakayasu

dihitung untuk periode ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, dan 100 tahun.

Metode yang biasa digunakan untuk perhitungan curah hujan rancangan adalah Metode E.J. Gumbel, Log Pearson Type III, dan Normal. Untuk menentukan metode mana yang sesuai, perlu dilakukan uji pemilihan distribusi frekuensi. Analisa frekuensi dilakukan dengan seri data hujan yang tersedia.

e. Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, maka dilakukan uji kesesuaian distribusi. Uji ini dilakukan secara vertikal dengan metode *Chi Square* dan secara horisontal dengan metode Smirnov Kolmogorof.

f. Debit Banjir Rancangan

Analisa debit banjir rancangan untuk mengetahui besarnya debit banjir dengan kala ulang tertentu yang diprediksi akan melintas pada Kali Gunting. Debit banjir rancangan dilakukan dengan menghitung curah hujan jam-jaman, koefisien pengaliran dan setelah itu digunakan metode nakayasu untuk mengetahui hidrograf banjirnya.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Hujan Rerata Daerah

Gambar polygon thiessen DAS Kali Gunting dapat dilihat pada **Gambar 2**. Hasil perhitungan koefisien thiessen pada DAS Kali Gunting dilihat pada **Tabel 1**.



Gambar 2. Pembagian Sub-DAS Sistem Kali Gunting

Tabel 1. Perhitungan Koefisien Thiessen DAS Gunting

No	Stasiun	Luas Daerah Pengaruh (km ²)	Koef. Thiessen	Persentase Pengaruh (%)
1	Balongsono	1.611	0.0067	0.67
2	Sumobito	2.334	0.0097	0.97
3	Penanggalan	1.103	0.0046	0.46
4	Mojoagung	40.569	0.1689	16.89
5	Selorejo	9.630	0.0401	4.01
6	Mojowarno	46.535	0.1937	19.37
7	Bareng	13.985	0.0582	5.82
8	Rejoagung	5.292	0.0220	2.20
9	Wonosalam	119.197	0.4961	49.61
		240.255		100.00

Dengan metode poligon thiessen, dimana dilakukan dengan mengalikan data hujan maksimum tahunan pada masing-masing stasiun hujan dengan koefisien thiessen maka didapatkan hasil hujan rerata maksimum tahunan untuk analisis hujan rancangan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hujan Rerata Maksimum

No.	Tahun	Hujan Maksimum Rerata (mm)
1	1999	92.93
2	2000	75.67
3	2001	68.47
4	2002	105.94
5	2003	103.17
6	2004	111.49
7	2005	86.64
8	2006	99.30
9	2007	165.89
10	2008	89.30
11	2009	104.61
12	2010	155.32
13	2011	98.37
14	2012	87.59
15	2013	107.24
16	2014	95.73
17	2015	118.28
18	2016	127.02
19	2017	125.12

b. Analisa Data Curah Hujan

Berdasarkan hasil analisa statistik terhadap data curah hujan masing-masing stasiun didapatkan hasil seperti disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Rekapitulasi Data Analisa Curah Hujan

Uji					
Konsistensi		Ketiadaan Trend	Stationer		Persistensi
Q/n ^{0.5}	R/n ^{0.5}		F	t	
OK	OK	Ho diterima Data tidak ada trend	Ho diterima varian data stationer/ homogen	Ho diterima varian data stationer/ homogen	Ho diterima data bersifat random

Berdasarkan hasil analisa statistik yang telah diuraikan di atas, meliputi: uji konsistensi, uji ketiadaan trend, uji stasioner dan uji persistensi, maka secara teoritis dapat disimpulkan bahwa data hujan hasil perhitungan dapat digunakan dalam analisa hidrologi selanjutnya.

c. Distribusi Curah Hujan Rancangan

Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan rancangan untuk masing-masing metode disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Distribusi Curah Hujan Rancangan

No	Kala Ulang	Normal	Gumbel	Log Pearson III
1	2	102.40	101.24	101.93
2	5	109.47	111.17	109.31
3	10	113.17	117.75	113.48
4	20	116.20	124.06	116.59
5	25	116.77	126.06	118.18
6	50	119.65	132.22	121.36
7	100	122.00	138.34	124.33

Jenis Distribusi Frekuensi metode Normal, EJ Gumbel dan Log Pearson III, masing-masing mempunyai sifat yang khas, sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing distribusi.

Untuk menentukan distribusi frekuensi yang digunakan, maka terlebih dahulu harus dihitung besarnya parameter statistik yaitu Cs atau koefisien kepencangan (*skewness*) dan Ck atau koefisien kepuncakan (*kurtosis*). Hasil perhitungan selengkapnya tentang pemilihan distribusi frekuensi yang sesuai disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan	Parameter	Hasil
1	Normal	-0.05 < Cs < 0.05 2.7 < Ck < 3.3	Cs = -0.02 Ck = 2.58	Tidak Memenuhi
2	Gumbel	Cs ≈ 1.1396 Ck ≈ 5.4002	Cs = -0.02 Ck = 2.58	Tidak Memenuhi
3	Log Pearson III	Tidak ada batasan	Tidak ada batasan	Tidak ada batasan

Dari hasil perhitungan, distribusi yang sesuai untuk perhitungan hujan rancangan adalah distribusi Log Pearson Type III.

d. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji Smirnov Kolmogorof

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara horisontal, yaitu merupakan selisih/simpangan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris (Δ_{maks}).

Tabel 6. Uji Smirnov-Kolmogorov pada probabilitas Curah Hujan Metode Log Pearson Type III

NO	X (mm)	Probabilitas Distribusi Teoritis, Pt (%)	Probabilitas Distribusi Empiris, Pe (%)	D Pe-Pt (%)
1	41	5.00	2.76	2.24
2	53	10.00	8.21	1.79
3	55	15.00	9.83	5.17
4	60	20.00	15.18	4.82
5	69	25.00	27.35	2.35
6	75	30.00	34.55	4.55
7	79	35.00	40.14	5.14
8	81	40.00	41.80	1.80
9	85	45.00	46.60	1.60
10	92	50.00	55.73	5.73
11	95	55.00	58.70	3.70
12	95	60.00	58.86	1.14
13	97	65.00	61.20	3.80
14	98	70.00	63.23	6.77
15	115	75.00	81.45	6.45
16	124	80.00	88.21	8.21
17	125	85.00	89.03	4.03
18	130	90.00	91.55	1.55
19	130	95.00	91.58	3.42
1	41	5.00	2.76	2.24
			Delta Max (%)	8.21

Uji Chi Square

Uji *chi square* digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal apakah distribusi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis.

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga $X^2 < X^2_{Cr}$. Harga X^2_{Cr} dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi α dengan derajat kebebasannya (*level of significant*).

Tabel 7. Uji Chi-Square (X^2) untuk Distribusi Log Pearson III

NO	PROBABILITY (P)	Expected Frequency (Ef)	Observed Frequency (Of)	Ef - Of	(Ef - Of) ²
1	0,00 < P ≤ 25,00	4,75	4	0,75	0,56
2	25,00 < P ≤ 50,00	4,75	5	0,25	0,06
3	50,00 < P ≤ 75,00	4,75	5	0,25	0,06
4	75,00 < P ≤ 100,00	4,75	5	0,25	0,06
JUMLAH		19,00	19,00		
X^2 Kritis		3,841			
X^2 hitung		1,000			
KESIMPULAN		Distribusi Log Pearson III Diterima			

Analisa Debit Pada Daerah Aliran Sungai Gunting Dengan Metode Nakayasu

e. Analisa debit Banjir Rancangan Distribusi Hujan Jam-Jaman

Pada perencanaan sungai untuk memperkirakan hidrograf banjir rancangan dengan cara hidrograf satuan (*unit hydrograph*) perlu diketahui dahulu sebaran hujan jam-jaman dengan suatu interval tertentu. Dalam studi ini untuk perhitungannya digunakan rumus dari Dr. Mononobe. Pada rumus Mononobe diasumsikan hujan maksimum terjadi dengan durasi maksimum 6 jam sesuai kondisi di Indonesia pada umumnya dengan hasil seperti Tabel 8.

Tabel 8. Distribusi Hujan Netto Jam-jaman (Mononobe)

No	Jam ke	Rasio [%]	Kumulatif [%]
1	1	55.0	55.0
2	2	14.3	69.3
3	3	10.0	79.4
4	4	8.0	87.4
5	5	6.7	94.1
6	6	5.9	100.0

Koefisien Pengaliran

Koefisien limpasan/ pengaliran adalah variabel untuk menentukan besarnya limpasan permukaan. Penentuan koefisien limpasan (C) dapat ditentukan berdasarkan kondisi tata guna lahan di daerah pengaliran (Dr. Mononobe) dan karakteristik hujan (Dr. Kawakami) yang terjadi di areal DAS kajian. (Suyono Sosrodarsono, 1980 : 145-146).

Dalam analisis hidrologi ini akan digunakan nilai rerata dari perumusan dari DR Kawakami (karakteristik hujan) dan dari perumusan Dr. Mononobe (kondisi tata guna lahan).

Nilai koefisien pengaliran (C) untuk tiap kala ulang berbeda-beda, karena intensitas hujan pada tiap kala ulang berbeda. Sesuai pada lokasi studi masuk pada daerah pengaliran di bagian tengah dan memiliki curah hujan rencana maksimum kurang dari 200 mm.

Dan nilai koefisien pengaliran yang digunakan merupakan nilai rerata antara koefisien pengaliran akibat intensitas curah hujan dan kondisi tata guna lahan pada DAS yang ditinjau sebagai berikut.

Tabel 9. Koefisien Limpasan (C) DAS Kali Gunting

Kala Ulang	Koefisien Pengaliran (C)			
	1.01	2	5	10
Hujan	0.29	0.33	0.34	0.35
TGL	0.50	0.50	0.50	0.50
Rata-rata	0.13	0.37	0.41	0.43

Kala Ulang	Koefisien Pengaliran (C)			
	20	25	50	100
Hujan	0.36	0.36	0.37	0.37
TGL	0.50	0.50	0.50	0.50
Rata-rata	0.44	0.45	0.46	0.46

Hujan netto adalah bagian hujan total yang menghasilkan limpasan langsung (*direct run-off*). Dengan asumsi bahwa proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linier dan tidak berubah oleh waktu (*linear and time invariant process*). Hasil perhitungan distribusi hujan jam-jaman dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Distribusi Hujan Jam-Jaman (Mononobe)

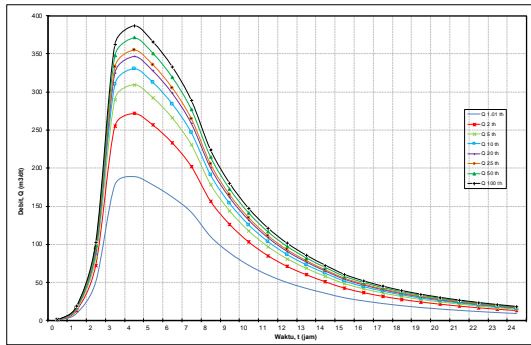
No	t (jam)	Ratio (%)	Hujan Jam-Jaman			
			1 Th	2 Th	5 Th	10 Th
1	1	55.03	13.28	19.42	22.18	23.76
2	2	14.30	3.45	5.05	5.77	6.18
3	3	10.03	2.42	3.54	4.04	4.33
4	4	7.99	1.93	2.82	3.22	3.45
5	5	6.75	1.63	2.38	2.72	2.91
6	6	5.90	1.42	2.08	2.38	2.55
Hujan Harian (mm/hari)			84.97	101.93	109.31	113.48
Koefisien Pengaliran			0.284	0.346	0.369	0.380
Hujan Netto (mm/hari)			24.13	35.30	40.31	43.17

No	t (jam)	Ratio (%)	Hujan Jam-Jaman		
			25 Th	50 Th	100 Th
1	1	55.03	25.55	26.77	27.92
2	2	14.30	6.64	6.96	7.26
3	3	10.03	4.66	4.88	5.09
4	4	7.99	3.71	3.89	4.05
5	5	6.75	3.13	3.28	3.42
6	6	5.90	2.74	2.87	2.99
Hujan Harian (mm/hari)			118.18	121.36	124.33
Koefisien Pengaliran			0.393	0.401	0.408
Hujan Netto (mm/hari)			46.43	48.65	50.74

Hidrograf Banjir Nakayasu

Karena tidak tersedia debit pengamatan banjir, maka untuk analisa debit banjir digunakan pendekatan hidrograf satuan, yaitu hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan lebih, yang merata di seluruh DAS, dengan intensitas tetap dalam satuan waktu. Konsep dasar pada hidrograf satuan ialah bahwa hujan satuan yang berbeda-beda besarnya akan menghasilkan grafik distribusi yang hampir sama. Pada perhitungan analisa debit banjir rancangan untuk DAS Kali Gunting digunakan metode hidrograf sintetik Nakayasu.

Analisa Debit Pada Daerah Aliran Sungai Gunting Dengan Metode Nakayasu



Tabel 11. Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Rancangan DAS Kali Gunting Metode Perbandingan DAS

No	Kala Ulang	DAS Kali Gunting	DAS Gunting Hulu	DAS Gunting Tengah
		240.25 km ²	58.46 km ²	1.64 km ²
1	1.01	107.027	26.04	0.73
2	2	236.732	57.60	1.62
2	5	292.771	71.24	2.00
3	10	318.148	77.41	2.17
4	20	333.860	81.24	2.28
5	25	354.732	86.32	2.42
6	50	355.456	86.49	2.43
7	100	366.292	89.13	2.50

No	Kala Ulang	DAS Gunting Hilir	DAS Pancir	DAS Catak Banteng
		6.56 km ²	137.79 km ²	35.79 km ²
1	1.01	2.92	61.38	15.94
2	2	6.46	135.77	35.27
2	5	7.99	167.91	43.61
3	10	8.69	182.47	47.39
4	20	9.12	191.48	49.74
5	25	9.69	203.45	52.84
6	50	9.71	203.86	52.95
7	100	10.00	210.08	54.57

4. Kesimpulan dan Saran

a. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada kajian penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Curah hujan rencana pada DAS Kali Gunting yaitu 118,18 mm/hari pada kala ulang 25 tahun.
2. Hujan jam-jaman dengan mononobe terjadi selama 6 jam dan hujan netto yaitu 46,43 mm/hari pada kala ulang 25 tahun.
3. Debit banjir rancangan yang terjadi pada DAS Kali Gunting yaitu sebesar 354,732 m³/dt pada kala ulang 25 tahun. Debit tersebut terbagi di 5 sub DAS kali Gunting.

b. Saran

Berdasarkan dari kesimpulan kajian penelitian ini, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan kajian dengan metode lain sehingga terdapat pembandingan dengan metode yang penulis gunakan.
2. Perlu adanya perhitungan hidrolika sehingga dapat diketahui ruas sungai mana saja yang tidak dapat menampung debit tersebut.
3. Perlu dilakukan analisis banjir dengan aplikasi BIM sehingga dapat dipetakan daerah terdampak banjir.

5. Daftar Rujukan

- Fauzi, Muhammad Luthfi. 2018. "Perencanaan Ulang Normalisasi Kali Ngotok Ring Kanal Kabupaten Mojokerto." Departemen Teknik Sipil Institut teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Id'fi, Gilang. 2020. "Analisa Model Hidrograf Banjir Kali Ngotok Dengan Metode SCS, Snyder dan Nakayasu." *Jurnal Bangunan* 25(2): 1-10.
- Kodoatie., Robert J. 2013. *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta : ANDI.
- Trilita, Minarni. N, Iwan Wahjudijanto, Lantanu Baggas Marsono, Novie Handajani. 2018. "Flood Control Using Polder Case Study : Watershed of Sadar River, Mojokerto, Indonesia." In International Conference on Science and Technology (ICST 2018). Atlantis Highlights in Engineering (AHE) Press volume 1.
- Wahyuningtyas, Annisa, Jehandyah Erma Pahlevari, Susesno Darsono, Hary Budienny. 2017. "Pengendalian Banjir Sungai Bringin Semarang." *Jurnal Karya Teknik Sipil* 6 No 3: 161-171
- Wigati, restu, Sudarsono, Intan Dwi Cahyani. 2016. "Analisis Banjir Menggunakan Software Hec-Ras 4.1 (Studi kasus sub DAS Cisimeut Hilir HM 0+00 Sampai dengan HM 69+00)." *Jurnal Fondasi* 5 No 1: 13-23.
- Soemarto., C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Usaha Nasional.
- Soewarno., 1995. *Hidrologi*. Bandung : Nova.
- Sosrodarsono., Suyono dan Kensaku Takeda. 1976. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono., Suyono. 1985. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.

