

Kajian Tampung Kapasitas Hulu Bendung Karet Tirtonadi pada Penanganan Banjir Kota Surakarta Paket – 3

Anton Sugiarta¹⁾, Mochamad Solikin²⁾, Senja Rum Harnaeni³⁾

Prodi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Email: antoens.78giar@gmail.com¹⁾, m_solikin@ums.ac.id²⁾, srh289@ums.id³⁾

ABSTRAK

Musim penghujan debit air sungai/kali sering mengalami peningkatan kapasitas volume air yang berasal dari intensitas air hujan. Hal ini yang sering membawa dampak kerusakan kanan dan kiri aliran sungai/kali dan penumpukan sedimen pada beberapa lokasi yang dilewatinya. Kajian dilakukan untuk mengetahui kapasitas tampungan hulu bendung karet tirtonadi setelah pelaksanaan pada penanganan banjir kota Surakarta Paket – 3 berdasarkan parameter penilaian kondisi fisik dan simulasi dengan software *HEC-RAS 5.0.3*. Pengumpulan data data primer dengan meminta gambar hasil kerja atau *as built drawing* untuk *long section* dan *cross section* secara langsung kepada kontraktor sedangkan untuk memperoleh data sekunder tentang kondisi sungai, curah hujan, tinggi muka air dan data AWLR Sungai Bengawan Solo diperoleh dari data dari BBWS Bengawan Solo serta data dari BPSDA Bengawan Solo. Metode perhitungan debit rancangan menggunakan metode HSS *Nakayasu*. Dan hasil perhitungan Q50 dalam hasil simulasi yang dilakukan dengan *HEC-RAS 5.0.3*. Hasil analisis menunjukkan debit banjir maksimal Kali Pepe yang diperoleh dari curah hujan pada tanggal 15 Desember 2020 diketahui debit kapasitas sungai kali pepe Q50th sebesar 998.39 m³/dt. Penambahan kapasitas sungai kali pepe hulu 673.39 m³/dt dari kapasitas sungai kali pepe hulu lama 325 m³/dt. Dan kapasitas tampungan setelah pelaksanaan penanganan banjir kota Surakarta paket-3 diperoleh volume sebesar 710.870 m³.

Kata Kunci: Debit banjir, HSS *Nakayasu*, *HEC-RAS*, Kali Pepe, Analisis, Kapasitas sungai, kapasitas tampungan.

ABSTRACT

The rainy season of river water discharge / times often experiences an increase in the capacity of water volume derived from the intensity of rainwater. This often has the impact of damage to the right and left of the river flow / times and sediment buildup at several locations through which it passes. The study was conducted to find out the upstream capacity of tirtonadi rubber weir after the implementation of the flood management of Surakarta Package – 3 based on the parameters of physical condition assessment and simulation with HEC-RAS 5.0.3 software. Primary data collection by requesting images of work or as built drawing for long sections and cross sections directly to the contractor while to obtain secondary data about river conditions, rainfall, water level and AWLR data of Bengawan Solo River obtained from data from BBWS Bengawan Solo and data from BPSDA Bengawan Solo. The design debit calculation method uses the Nakayasu HSS method. And the results of the Q50 calculation in the results of simulations conducted with HEC-RAS 5.0.3. The results of the analysis show that the maximum flood discharge of Kali Pepe obtained from rainfall on December 15, 2020, it is known that the discharge capacity of the Kali Pepe Q50th river is 998.39 m³/s. Adding the capacity of the upstream Kali Pepe River to 673.39 m³/s from the capacity of the old upstream Kali Pepe River of 325 m³/s. And the storage capacity after implementing package-3 Surakarta city flood handling resulted in a volume of 710,870 m³

Keywords: Flood discharge, HSS *Nakayasu*, *HEC-RAS*, Pepe River, Analysis, River capacity, storage capacity

Submitted: 25 Mei 2023	Reviewed: 10 Juni 2023	Revised 25 Juni 2023	Published: 01 August 2023
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------

PENDAHULUAN

Kota Surakarta secara administrasi dilalui Sungai Bengawan Solo dan anak-anak sungainya antara lain kali Pepe, kali Premulung, kali Boro dan kali Jenes. Kali Pepe sendiri mempunyai panjang ± 54 km dari hulu hingga ke muara Sungai Bengawan Solo dan luas sub-DAS 325 km². Aliran kali Pepe yang masuk wilayah Surakarta dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu kali Pepe Hulu, kali Pepe Hilir dan kali Anyar. Tampungang hulu bendung karet tirtonadi pada penanganan banjir kota Surakarta paket-3 memakai tipe ke-3 (tiga) yaitu kolam tampungan terletak disungai/kali (*channel storage / long storage*) (PUPR, 2012).

Kali Pepe Hulu dari batas kota Surakarta bagian barat sampai dengan Bendung Karet Tirtonadi, Kali Pepe Hilir dari pintu penggelontor sisi selatan Bendung Karet Tirtonadi ke muara sungai bengawan solo yang melewati tengah kota Surakarta dan kali Anyar dari Bendung Karet Tirtonadi lurus sampai muara Sungai Bengawan Solo. Sedangkan aliran yang dilalui kali Pepe Hulu, kali Pepe Hilir dan kali Anyar adalah Kecamatan Banjarsari, Kecamatan Pasar Kliwon dan Kecamatan Jebres. Pembuatan kapasitas tampungan ada di hulu Bendung Karet Tirtonadi termasuk kolam tampungan terletak disungai/kali (*channel storage / long storage*) dalam wilayah kelurahan Nusukan dan Kelurahan Manahan kecamatan Banjarsari.



Gambar 1. Lokasi tampungan kolam retensi di hulu bendung karet tirtonadi

METODE

Kolam retensi berfungsi untuk menggantikan peran lahan resapan yang dijadikan lahan tertutup/ perumahan/ perkantoran. Sehingga kolam retensi ini perlu ditempatkan pada bagian yang

terendah dari lahan. Jumlah, volume, luas dan kedalaman kolam ini sangat tergantung dari berapa lahan yang dialih fungsikan menjadi kawasan permukiman. Metode yang digunakan yaitu dengan pengambilan data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari gambar hasil kerja (*As built Drawing*) pelaksana pekerjaan ADI MINARTA, KSO dan data sekunder dari data hujan yang masuk di Kali Pepe Hulu BPSDA Bengawan Solo dan Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo.

Setelah data primer dan sekunder didapat maka dihitung analisis hujan rencana dengan memperhitungkan hujan rata-rata harian dari semua DAS yang masuk ke kali pepe serta melalui peta topografi. Dari perhitungan didapat distribusi hujan tahunan dan hidrograf satuan dihasilkan analisis debit rencana (Sosrodarsono, 1993). Dan uji kapasitas dihitung analisis data dengan *HEC-RAS 5.0.3* (Istiarto, 2012).



Gambar 2. Tampungan kolam retensi di hulu Bendung Karet Tirtonadi

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa Hujan Rencana

Analisa hujan rencana mengambil data curah hujan dari beberapa stasiun hujan yang mengalir ke kali pepe hulu. Stasiun curah hujan yang mengalir ke Kali Pepe adalah Stasiun Pabelan, Stasiun Ngemplak, Stasiun Waduk Cengklik, Stasiun Banyudono, Stasiun Mojosongo, Stasiun Nepen, Stasiun Sambu, Stasiun DPU Boyolali, Stasiun Musuk, Stasiun Ampel dan Stasiun Cepogo dengan rentang waktu 15 tahun dan panjang data mulai tahun 2003 s/d 2017. Perhitungan menggunakan curah hujan harian maksimum tahunan dan curah hujan wilayah dengan metode *polygon Thiessen*.

Tabel 1. Hujan Harian Maksimum Rata-rata

Tahun	Hujan Rerata Tahunan (mm)	Pembulatan (mm)
2003	89.8860	90
2004	98.5669	100
2005	92.0295	100
2006	82.3329	90
2007	91.5690	100
2008	93.5500	100
2009	119.5667	120
2010	103.9588	110
2011	83.3210	90
2012	103.3213	110

Tahun	Hujan Rerata Tahunan (mm)	Pembulatan (mm)
2013	85.0557	90
2014	88.5643	90
2015	98.5780	100
2016	94.8910	100
2017	108.2545	110

Dilanjutkan dengan melakukan uji konsistensi data, apabila terdapat data hujan yang dicurigai error atau rusak, maka data pada tahun tersebut tidak dimasukkan dalam uji kepengangahan.

Tabel 2. Uji Konsistensi

No	Tahun	i	i-Rerata	Sk*	Sk**	Absolut	Q abs Max	Q/√n	Nil ai Kritis
1	2003	90.00	-10.00	-10.00	-1.08	1.08	2.16	0.56	1.29
2	2004	100.00	0.00	-10.00	-1.08	1.08	< Titik Kritis, Konsisten		
3	2005	100.00	0.00	-10.00	-1.08	1.08			
4	2006	90.00	-10.00	-20.00	-2.16	2.16			
5	2007	100.00	0.00	-20.00	-2.16	2.16			
6	2008	100.00	0.00	-20.00	-2.16	2.16			
7	2009	120.00	20.00	0.00	0.00	0.00			
8	2010	110.00	10.00	10.00	1.08	1.08			
9	2011	90.00	-10.00	0.00	0.00	0.00			
10	2012	110.00	10.00	10.00	1.08	1.08			
11	2013	90.00	-10.00	0.00	0.00	0.00			
12	2014	90.00	-10.00	-10.00	-1.08	1.08			
13	2015	100.00	0.00	-10.00	-1.08	1.08			
14	2016	100.00	0.00	-10.00	-1.08	1.08			
15	2017	110.00	10.00	0.00	0.00	0.00			
Jumlah		1500.00							
Rerata		100.00							
SD		9.26							
n		15							

Tinggi Hujan Rencana Untuk Berbagai Periode Ulang

Dari hasil analisa statistik dapat disimpulkan bahwa distribusi rangkaian data hujan Sub DAS Kali Pepe mendekati

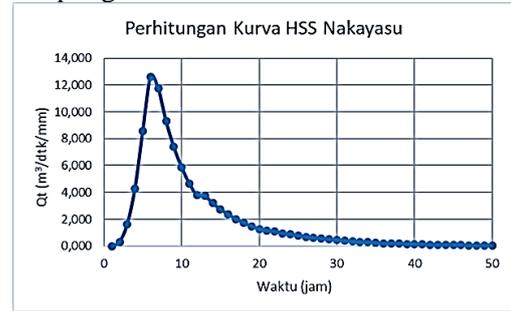
distribusi *Log Person Type III*. Berdasarkan distribusi tersebut dapat ditentukan tinggi curah hujan rencana untuk berbagai periode ulang.

Tabel 3. Tinggi Hujan Rencana Menurut Metode *Log Pearson Type III*

No	Periode (Tahun)	Log \bar{X}	Sd	Cs	k	Log X_T	X_T (mm)
1	2	2.00	0.04	0.46	-0.07	2.00	98.94
2	5	2.00	0.04	0.46	0.81	2.03	108.15
3	10	2.00	0.04	0.46	1.32	2.06	113.85
4	25	2.00	0.04	0.46	1.90	2.08	120.70
5	50	2.00	0.04	0.46	2.29	2.10	125.54
6	100	2.00	0.04	0.46	2.66	2.11	130.24
7	500	2.00	0.04	0.46	3.00	2.13	134.85
8	1000	2.00	0.04	0.46	3.57	2.15	142.87

Karena tidak tersedia data debit maka debit rancangan dihitung berdasarkan hujan rancangan. Untuk mencari hubungan antara hujan yang jatuh dan debit banjir yang terjadi maka dilakukan analisis perhitungan dari data hujan menjadi debit aliran. Analisis debit banjir dilakukan dengan pendekatan hidrograf satuan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) *Nakayasu*. Dalam Hidrograf Aliran Kurva HSS *Nakayasu* akan dihitung berdasarkan kejadian waktu

hujan maka diperoleh kapasitas tampungan sesuai tabel 4.



Gambar 3. Hidrograf HSS *Nakayasu*

Tabel 4. Hidrograf Aliran Metode HSS *Nakayasu* pada kejadian hujan

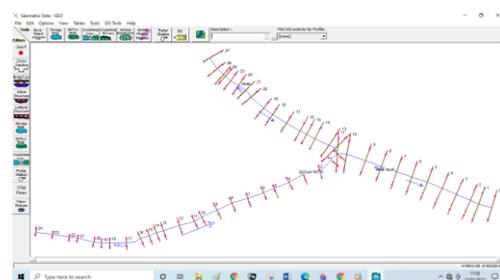
Waktu (jam)	UH	1	2	3	4	Q	V
(jam)	m ³ /det/mm	63.00	16.37	11.49	9.14	m ³ /det	m ³
0	-	-	-	-	-	-	34,850.45
1	0.307	19.36	-	-	-	19.36	266,587.87
2	1.622	102.19	26.55	-	-	128.74	844,955.84
3	4.292	270.41	70.26	49.32	-	340.68	1,836,335.86
4	8.561	539.36	140.15	98.37	78.25	679.51	2,100,718.01
4.70	12.579	792.47	205.92	144.53	114.97	998.39	1,057,127.08
5	11.725	738.71	191.95	134.73	107.17	930.65	3,005,138.30
6	9.309	586.48	152.39	106.96	85.09	738.87	2,385,854.19
7	7.391	465.62	120.99	84.92	67.55	586.61	1,894,189.11
8	5.868	369.67	96.05	67.42	53.63	465.72	1,503,843.94
9	4.659	293.49	76.26	53.53	42.58	369.75	1,099,666.51
9.91	3.774	237.74	61.78	43.36	34.49	299.52	93,363.74
10	3.723	234.57	60.95	42.78	34.03	295.53	988,043.64
11	3.192	201.13	52.26	36.68	29.18	253.39	847,154.10
12	2.737	172.45	44.81	31.45	25.02	217.25	726,354.63
13	2.347	147.86	38.42	26.97	21.45	186.28	622,780.49
14	2.012	126.77	32.94	23.12	18.39	159.71	533,975.45
15	1.725	108.70	28.24	19.82	15.77	136.94	457,833.51
16	1.479	93.20	24.22	17.00	13.52	117.41	392,548.99
17	1.268	79.91	20.76	14.57	11.59	100.67	228,707.86
17.74	1.132	71.32	18.53	13.01	10.35	71.32	65,757.00
18	1.088	68.51	17.80	12.50	9.94	68.51	229,060.72
19	0.932	58.74	15.26	10.71	8.52	58.74	204,635.67
20	0.872	54.94	14.28	10.02	7.97	54.94	187,018.36

Dari hasil perhitungan Hidrograf Aliran Metode HSS *Nakayasu* untuk Debit pada kejadian hujan tanggal 15 Desember 2020 diketahui debit kapasitas Kali Pepe Q₅₀ sebesar 998.39 m³/ dt.

Analisis Perhitungan HEC-RAS 5.0.3

Dalam perhitungan ini diperlukan pola jaringan sungai, dalam simulasi ini jaringan yang dipakai adalah dari Kali Pepe Hulu yang berawal dari Bendung Karet Tirtonadi, sampai ke Batas Kota Surakarta bagian barat. Dan di hulu

bendung karet Tirtonadi ada pertemuan Kali Pepe dan Kali Gajah Putih.

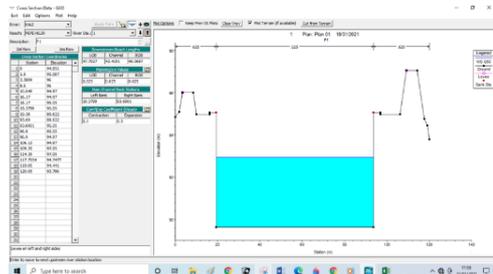


Gambar 4. Pola Jaringan Kali Pepe hulu

Evaluasi Data Debit Kali Pepe

Perhitungan menggunakan debit banjir pada tanggal 15 Desember 2020 dan debit Kali Pepe Hulu serta perhitungan menggunakan analisa aliran tetap (*Steady Flow Analysis*) dan input data berupa data debit maksimum (*Jurnal Tri Utami, 2016*). Input data pintu air, yaitu :

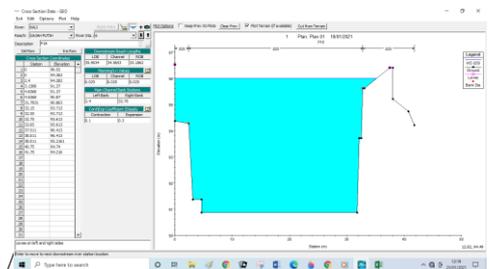
1. Jenis bendung karet Tirtonadi berplat baja
2. Jumlah pilar 2 buah, dengan jarak bendung 1 lebar 15 m, bendung 2 lebar 30 m dan bendung 3 lebar 15 m.
3. Dasar pintu pada elevasi ± 89.60 m
4. Koefisien debit aliran pintu adalah 0,6,
5. Bendung karet tirtonadi elevasi muka air di hilir pintu ± 93.35 m



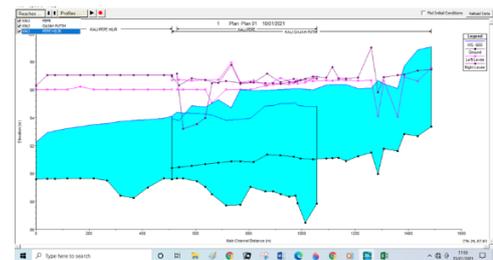
Gambar 5. Cross kali pepe hulu bendung karet Tirtonadi sampai dengan pertemuan Kali Gajah Putih

Hasil Evaluasi Kapasitas Sungai

Kali Pepe pada tanggal 15 Desember 2020 menghasilkan debit 125,54 m³/dt dengan elevasi tinggi bendung karet tirtonadi Elv. +93.05 m.



Gambar 6. Cross kali gajah putih



Gambar 7. Long kali pepe

Setelah dilakukan Penanganan Banjir Kota Surakarta paket-3 menurunkan elevasi muka air banjir Q50th dengan menormalisasi dari semula elevasi +95.5 menjadi elevasi +93.05 m.

1. Data curah hujan yang rencanakan awalnya dari tahun 2003 sampai dengan 2014 (11 tahun) dievaluasi dengan penambahan data curah hujan dari tahun 2003 sampai dengan 2017 (15 tahun).
2. Evaluasi kapasitas sungai kali pepe hulu saat direncanakan sejumlah 1048 m³/det, setelah pelaksanaan penanganan banjir kota Surakarta paket-3 kapasitas sungai kali pepe sebesar 998.39 m³/dt.
3. Sehingga penambahan kapasitas sungai kali pepe hulu 673.39 m³/dt dari kapasitas sungai kali pepe hulu lama 325 m³/dt (Sumber : DD kali pepe menyeluruh, BBWS Bengawan Solo).

Hasil Evaluasi Kapasitas Sungai

Perhitungan kebutuhan tampungan berdasarkan pada kondisi situasi topografi. Perhitungan volume tampungan dilakukan dengan bantuan program AutoCAD yakni dengan menjumlahkan luas tampungan rata-rata setelah dikalikan dengan selisih elevasi.

Penghitungan kapasitas tampungan setelah pelaksanaan penanganan banjir kota Surakarta paket-3 diperoleh volume 710.870 m³ yang berfungsi sebagai retensi (long storage) pada saat banjir dan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber air baku pada musim kemarau dan pariwisata.

KESIMPULAN

Ringkasan dari kajian ini berdasarkan data yang diperoleh dari beberapa stasiun hujan yang melewati Kali Pepe hulu selama 15 tahun. Stasiun hujan ada 11 buah antara lain Stasiun Pabelan, Stasiun Ngemplak, Stasiun Waduk Cengklik, Stasiun Banyudono, Stasiun Mojosongo, Stasiun Nepen, Stasiun Sambu, Stasiun DPU Boyolali, Stasiun Musuk, Stasiun Ampel dan Stasiun Cepogo dengan panjang data mulai tahun 2003 s/d 2017. Perhitungan curah hujan Kali Pepe hulu dilaksanakan tanggal 15 Desember 2020 menghasilkan debit 125.54 m³/dt.

Berdasarkan perhitungan besar kapasitas tampungan menggunakan program HEC-RAS, kapasitas rencana di Bendung Karet Tirtonadi Kali Pepe adalah sebesar 1048 m³/det, setelah pelaksanaan penanganan banjir kota Surakarta paket-3 kapasitas sungai kali pepe sebesar 998.39 m³/dt, sehingga diperlukan penambahan kapasitas sungai kali pepe hulu menjadi 673.39 m³/dt dari sebelumnya sebesar 325 m³/dt. Kapasitas tampungan setelah pelaksanaan penanganan banjir kota Surakarta Paket-3 diperoleh volume 710.870 m³ yang berfungsi sebagai retensi (*long storage*) pada saat banjir dan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber air baku pada musim kemarau dan pariwisata.

DAFTAR PUSTAKA

- Baskoro, W. A. (2009). Pengaruh Pembangunan Jetty di Muara Sungai Way Kuripan. Kota Bandar Lampung. *Thesis*, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
<http://eprints.undip.ac.id/17791/>
- Direktorat Jendral Cipta Karya. (2012). *Tata Cara Perencanaan Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder. Buku Jilid IA, Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan (hal.108-146)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum
- Istiarto, I. (2014). Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS Jenjang Dasar: Simple Geometry, *Universitas Gadjah Mada*.
- Jailani., M. (2005). *Kajian Debit Banjir Sungai Way Laay (Ungauge Watershed) Kecamatan Karya Penggawa Kabupaten Lampung Barat*, Thesis. Program Magister Profesional PSDA Institut Teknologi Bandung.
- Kurniawan, A. (2012). *Simulasi Profil Muka Air pada Bendung Karang Menggunakan Program Hec-Ras 4.1.0*. Vocational undergraduate thesis, UNY.
<http://eprints.uny.ac.id/id/eprint/1969>
- Linsley, R. K. (1989). *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta: Erlangga.
- Prakasa, R. J., Anggoro, R., Kadir, A., & Falah, A. (2013). Analisis Kapasitas Penampang Banjir Kanal Barat Kota Semarang untuk Perencanaan Pengendalian Banjir. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2(1), 290-308.
- Prayoga, M. D., Agami, R. T. W., Sangkawati, S., & Sugiyanto, S. (2013). *Perencanaan Kolam Retensi dan Stasiun Pompa pada Sistem Drainase Kali Semarang*. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2(2), 209-218.
- Saputra, L., Hariati, F., & Alimuddin, A. (2018). Analisis Kapasitas Sungai Ciparigi terhadap Debit Banjir Kala Ulang. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 2(2).
<https://doi.org/10.32832/komposit.v2i2.1556>
- Sri Harto, Br. (1993), *Analisis Hidrologi*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sosrodarsono, S. & Takeda, K. (1987). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradayana Paramita.
- Soedibyo (1993). *Teknik Bendungan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Soewarno. S. (1995). *Hidrologi Untuk Teknik*. Bandung: Penerbit Nova.
- Sukiyoto, S., Manurung, E. H., & Situmorang, N. S. (2022). Perhitungan Kapasitas Pengaliran Kali Cipinang dari Kelurahan Kebon Pala sampai dengan Banjir Kanal Timur dalam Pengendalian Banjir. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 6(1), 1–8.
<https://doi.org/10.32832/komposit.v6i1.6696>
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*, Yogyakarta: Beta Offset.
- Utami, T., Purwadi, O. T., & Susilo, G. E. (2016). Desain Penampang Sungai Way Besai Melalui Peningkatan Kapasitas Sungai Menggunakan Software HEC-RAS. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 4(2), 185-196.
- Wibowo, H. (2001). Kajian Geometri Sungai terhadap Kapasitas Angkutan Sedimen dan Debit Aliran (Studi Kasus Sungai Citanduy di Jawa Barat), *Thesis*, Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung.