

# KAJIAN PENANGGULANGAN BANJIR KALI WIDAS KABUPATEN NGANJUK PROVINSI JAWA TIMUR

Kasiyanti<sup>1)</sup>, Joko Nugroho<sup>2)</sup>, Heriyadi Dwijoyanto<sup>3)</sup>

- 1) Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air - Institut Teknologi Bandung Jl. Ganesha No.10 Bandung 40132, e-mail : [kasih\\_wareseng@yahoo.co.id](mailto:kasih_wareseng@yahoo.co.id)
- 2) Kelompok Keahlian Sumber Daya Air Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung Jl. Ganesha No.10 Bandung 40132, e-mail : [joko1974@yahoo.com](mailto:joko1974@yahoo.com)
- 3) Balai Besar Sungai Citarum , e-mail : [h\\_dwijo@yahoo.com](mailto:h_dwijo@yahoo.com)

## ABSTRACT

Based on previous studies and available flood records, Kali Widias is known to have serious flood problem. The maximum allowable discharge from Kali Widias into Kali Brantas is only 270 m<sup>3</sup>/s (BBWS Brantas). Excess residual water from Widias that can not be channeled to Brantas is the cause of flood on Nganjuk Region. Determination of allowable maximum discharge is based on JICA study in 1985. Therefore, flood prevention measures are needed. The feasible solution to overcome the flood due to excess of water from the river is to build retarding basin. The proposed retarded volume by JICA in 1985 is 24 millions m<sup>3</sup>. However, this retarding basin's volume is not enough anymore, because the floods are still happening today. So it is necessary to re-estimate the volume of the current retarding basin.

Hydrologic analysis with Synthetic Unit Hydrograph approach is employed in this study. There are four of method of approaches : Nakayasu – Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph with retarded volume of 113 millions m<sup>3</sup>, Nakayasu – Melchior Synthetic Unit Hydrograph with retarded volume of 13.2 millions m<sup>3</sup>, Snyder – Snyder Synthetic Unit Hydrograph with retarded volume of 641.15 millions m<sup>3</sup>, and Snyder – Alexeyev Synthetic Unit Hydrograph with retarded volume of 184 millions m<sup>3</sup>. If the results of JICA study in 1985 used as a benchmark minimum for retarding basin's volume, then the method that can be used to revise that proposal is Hydrograf of Nakayasu Synthetic Unit - Nakayasu, Hydrograf of Snyder Synthetic Unit - Snyder and Hydrograf of Snyder Synthetic Unit - Alexeyev.

The non – structural alternative of flood controls is through thorough and integrated conservation. It would encompasses the management of river basin, land – use management, and erosion control.

*Keywords : flood discharge, JICA, flood control, Synthetic Unit Hydrograph, retarding basin*

## ABSTRAK

Berdasarkan hasil studi terdahulu dan catatan kejadian banjir yang ada, Kali Widias diketahui mempunyai masalah banjir yang cukup serius. Dimana debit maksimum air yang diijinkan masuk dari Widias ke Brantas hanya sekitar 270 m<sup>3</sup>/dtk (sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Brantas). Kelebihan air Widias inilah yang menyebabkan terjadinya banjir di Kabupaten Nganjuk. Penentuan debit maksimum yang diijinkan didasarkan pada hasil studi JICA tahun 1985. Karena itu perlu dilakukan sebuah tindakan pencegahan banjir. Solusi yang bisa dilakukan untuk mengatasi banjir yang disebabkan oleh kelebihan air sungai adalah dengan membuat tampungan. Volume tampungan yang diusulkan oleh JICA pada tahun 1985 adalah sebesar 24 juta m<sup>3</sup>. Namun volume tampungan yang ada saat ini dirasa sudah tidak cukup lagi, karena banjir masih terus terjadi hingga saat ini. Sehingga dirasa perlu untuk memperkirakan ulang volume tampungan yang sudah ada.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis hidrologi dengan pendekatan Hidrograf Satuan Sintetik untuk menghitung perkiraan volume tampungan yang dibutuhkan oleh Kali Widas. Metoda pendekatan yang dilakukan terdiri dari empat metode yaitu Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Nakayasu dengan volume tampungan 113 juta m<sup>3</sup>, Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Melchior dengan volume tampungan 13.2 juta m<sup>3</sup>, Hidrograf Satuan Sintetik Snyder - Snyder dengan volume tampungan 641.15 juta m<sup>3</sup>, Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Alexeyev dengan volume tampungan 185 juta m<sup>3</sup>. Jika hasil studi JICA tahun 1985 dijadikan sebagai pembandingan volume tampungan minimal, maka metoda yang bisa digunakan untuk merevisi usulan tersebut adalah Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Nakayasu, Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Snyder dan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Alexeyev.

Alternatif upaya pengendalian banjir yang lain, secara non struktural, dilakukan melalui kegiatan utama konservasi secara menyeluruh dan terpadu diantaranya meliputi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), pengaturan tata guna lahan, pengendalian erosi di DAS.

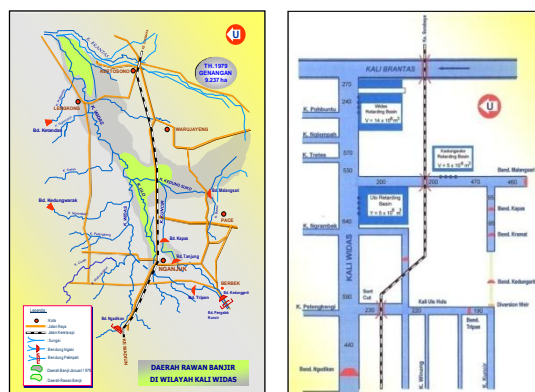
*Kata kunci : debit banjir, JICA, pengendalian banjir, hidrograf, tampungan*

## PENDAHULUAN

Kabupaten Nganjuk merupakan salah satu daerah di Provinsi Jawa Timur, yang mempunyai potensi banjir, mengingat Kabupaten Nganjuk merupakan daerah dataran rendah yang dilewati Kali Brantas.

Aliran air yang diteruskan ke Kali Widas ternyata tidak bisa diteruskan ke Kali Brantas karena debit maksimum air yang diijinkan masuk dari Widas ke Brantas hanya sekitar 270 m<sup>3</sup>/dtk (sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Brantas). Kelebihan air Widas inilah yang menyebabkan terjadinya banjir di Kabupaten Nganjuk. Penentuan debit maksimum yang diijinkan didasarkan pada hasil studi JICA tahun 1985. Salah satu solusi yang bisa dilakukan untuk mengatasi banjir yang disebabkan oleh kelebihan air sungai adalah dengan membuat tampungan (*retarding basin*). Solusi ini juga merupakan salah satu solusi yang diusulkan dalam studi JICA tersebut. Volume tampungan yang diusulkan oleh JICA pada tahun 1985 adalah sebesar 24 juta m<sup>3</sup>. Studi ini telah dilakukan oleh Balai Besar Wilayah Sungai Brantas (BBWS Brantas) dengan membangun tampungan dengan volume tersebut. Namun sampai saat ini masih sering terjadi banjir makanya perlu dilakukan evaluasi terhadap volume tampungan yang dibutuhkan saat ini, karena dengan tampungan yang dibangun sesuai dengan usulan tersebut sampai sekarang masih sering terjadi banjir.

Salah satu metode yang bisa digunakan untuk memperkirakan volume dari tampungan yang dibutuhkan adalah dengan melakukan analisis Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) terhadap curah hujan harian maksimum. Beberapa metode yang sering digunakan adalah Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder. Kedua hidrograf tersebut akan dicoba digunakan dalam penelitian ini namun akan dikombinasikan dengan Metoda Melchior dan Metode Alexeyev. Dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Daerah Rawan Banjir dan Skema Pengendalian Banjir Kali Widas**  
(sumber : BBWS Brantas, 2008)

## PERMASALAHAN

Ternyata banjir masih terjadi di Nganjuk meskipun telah ada tanggungan dengan volume sebesar 24 juta m<sup>3</sup> dan sampai sekarang masih sering terjadi banjir.

Salah satu metode yang bisa digunakan untuk memperkirakan volume dari tanggungan yang dibutuhkan adalah dengan melakukan analisis Hidrograf Satuan Sintetik terhadap curah hujan harian maksimum. Beberapa metode yang sering digunakan adalah Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder. Kedua hidrograf tersebut akan dicoba digunakan dalam penelitian ini namun akan dikombinasikan dengan Metoda Melchior dan Metode Alexeyev.

Tujuan yang ingin dicapai dalam kajian ini adalah :

1. Untuk mengetahui perkiraan volume tanggungan yang dibutuhkan melalui beberapa hidrograf satuan sintetik yang akan dipakai.
2. Menganalisis dari masing-masing hasil hidrograf satuan sintetik.
3. Menyusun alternatif usulan upaya pengendalian banjir Kali Widas secara struktural dan non struktural.

## LOKASI STUDI

Dengan luas wilayah ± 122.433,1 Ha atau keadaan topografi Kabupaten Nganjuk memiliki ketinggian tanah berkisar antara 25 – 1.000 meter di atas permukaan laut. Penggunaan lahan di lokasi studi yaitu pada wilayah DAS Widas dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1. Penggunaan Lahan**

No.	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)
1.	Sawah Irigasi Teknis	29399.91
2.	Sawah Tadah Hujan	2278.24
3.	Semak Belukar	1967.16
4.	Pemukiman	19432.59
5.	Kebun/Perkebunan	9601.12
6.	Hutan	83021.00
7.	Rumput/Tanah Kosong	133.10
8.	Tegalan/Ladang	3000.00
9.	Rawa	1367.73
<b>Jumlah</b>		<b>150200.851</b>

Sumber : Peta Rupa Bumi, Bakosurtanal

## STUDI TERDAHULU

Berdasarkan studi *Widas Flood Control and Drainage Project* yang dilaksanakan oleh JICA pada tahun 1984/1985, pengendalian banjir di Kabupaten Nganjuk yang paling optimum telah dipilih dari beberapa alternatif. Rencana yang terpilih meliputi beberapa komponen yaitu :

- a. Pembuatan sudetan (*diversion channel*) untuk mengalirkan debit banjir dari Kali Kunci dan Kali Ulo secara langsung ke Kali Widas. Kegiatan ini telah selesai dikerjakan dan pada saat ini sudah beroperasi.
- b. Perbaikan sungai yang meliputi Kali Widas, Kali Kedungsoko, Kali Ulo hulu dan perbaikan saluran kecil di Kali Kunci bagian hilir.
- c. Pemanfaatan tiga (3) daerah genangan (*retarding basin*) alami yang terkontrol.

Beberapa kegiatan yang harus dilakukan terkait dengan rencana pengendalian banjir tersebut adalah :

- Menstabilkan alur sungai yang mengalami meander terutama Kali Widas dan Kali Ulo
- Perbaikan (normalisasi) penampang melintang sungai.

- Perbaiki penampang tanggul sesuai dengan standar kriteria yang ada.
- Profil memanjang sungai didasarkan pada kemiringan yang ada dan tinggi muka air rancangan didasarkan pada hasil perhitungan menggunakan aliran seragam.
- Retarding basin yang terkontrol
- Modifikasi bendung pengelak Kunci
- Penyesuaian/modifikasi bangunan yang terpengaruh misalnya pengambilan irigasi, jembatan dan sebagainya.

Rencana pengendalian banjir yang optimum dan dilakukan secara terpadu dan menyeluruh tersebut diformulasikan dengan debit 25 tahunan serta didahului rencana tahap pertama untuk kegiatan prioritas dengan debit banjir rancangan 10 tahunan.

## LANDASAN TEORI

Masalah banjir pada umumnya berdampak sangat luas terhadap berbagai aspek kehidupan masyarakat. Upaya untuk mengatasinya harus merupakan bagian yang tak terpisahkan dari kegiatan pembangunan yang menyeluruh dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat sehubungan dengan paradigma baru dalam melaksanakan pembangunan yang dikaitkan dengan penyelenggaraan otonomi daerah, terjadinya krisis ekonomi serta berbagai permasalahan yang dihadapi. Oleh sebab itu diperlukan peninjauan dan penyempurnaan terhadap kebijakan dan strategi penanganan masalah banjir yang telah ada, baik yang menyangkut aspek-aspek teknis maupun non-teknis.

### Analisis Distribusi Frekuensi

Hujan rancangan merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi curah hujan. Analisis frekuensi sesungguhnya merupakan prakiraan dalam arti *probabilitas* untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rancangan yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untukantisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Analisis frekuensi ini dilakukan dengan menggunakan teori *probability distribution*, adalah Distribusi Gumbel (Soemarto, 1987).

### Distribusi Gumbel

Dalam penggambaran pada kertas probabilitas, menyarankan penggunaan rumus berikut ini

$$X = \mu + \sigma K \quad (1)$$

$\mu$  = Harga rata-rata populasi

$\sigma$  = Standart deviasi (simpangan baku)

K = Faktor probabilitas

Apabila jumlah populasi yang terbatas (sampel), maka persamaan diatas dapat didekati dengan persamaan

$$X = \bar{X} + sK \quad (2)$$

Faktor probabilitas  $K_T$  untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan

$$K_T = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (3)$$

$Y_n$  = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data n (tabel 3.3)

$S_n$  = *Reduced Standart Deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel/data n

$Y_{tr}$  = *Reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini

$$Y_{Tr} = -\ln \left[ -\ln \frac{Tr-1}{Tr} \right] \quad (4)$$

### Hidrograf Satuan Sintetik

Hidrograf satuan sintetik (HSS) merupakan formula yang dikembangkan untuk memprediksi unit hidrograf dari suatu DAS berdasarkan korelasi antara karakteristik fisik DAS (terkait sifat pengaliran atau *direct runoff*) dengan karakteristik unit hidrograf DAS tersebut (debit puncak dan waktu puncak).

Hal ini dilakukan karena tidak semua DAS mempunyai stasiun pengamatan tinggi muka air otomatis, umumnya hanya memiliki data pengukuran curah hujan harian, sehingga tidak dapat ditentukan hidrograf aliran sungainya.

Sebagai pendekatan hidrograf satuan yang sebenarnya, metoda empiris hidrograf satuan sintetik merupakan alternatifnya. Dengan hidrograf satuan sintetik dapat diketahui debit banjir rencana dari data hujan melalui transformasi *hyetograph* menjadi hidrograf aliran sungai.

Beberapa metode untuk perhitungan hidrograf satuan sintesis yang telah dikembangkan, antara lain : *Nakayasu Unit Hydrograf* , *Nakayasu Unit Hydrograf - Melchior*, *Snyder Unit Hydrogrph* dan *Snyder Unit Hydrogrph - Alexeyev*.

## METODE PENELITIAN

Pola pikir dalam tahapan pelaksanaan kajian pengendalian banjir Kali Widas meliputi :

- Analisis hidrologi untuk memperoleh curah hujan dan debit banjir rencana periode ulang  $Q_{25}$  tahun.
- Kajian alternatif pengendalian banjir Kali Widas dari aspek struktural melalui upaya, antara lain : normalisasi/galian alur sungai, pembangunan/ peningkatan tanggul, pembangunan *retarding basin* dan kombinasi diantaranya.
- Kajian alternatif pengendalian banjir Kali Widas dari aspek non struktural melalui upaya pengendalian tata guna lahan (penghijauan).

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

### Analisa Hidrologi (Curah Hujan)

Dari Tabel 2 dapat dilihat ternyata untuk  $R_{24}$  dalam tahun yang sama untuk setiap stasiun hujan berbeda, ini menunjukkan bahwa sifat hujan pada Kali Widas Kabupaten Nganjuk bersifat lokal (tidak seragam dilihat dari tanggal pengamatan) bisa dikatakan juga hujan tidak merata.

**Tabel 2. Rekapitulasi  $R_{24}$  Untuk 9 (Sembilan) Stasiun Hujan Kali Widas Kabupaten Nganjuk**

Tahun Pengamatan	Tanggal Pengamatan dan Curah Hujan Maksimum tiap Stasiun								
	Stasiun Hujan Sumberkepuh	Stasiun Hujan Kertosono	Stasiun Hujan Matokan	Stasiun Hujan Kedungmaron	Stasiun Hujan Nganjuk	Stasiun Hujan Summersoko	Stasiun Hujan Kacangan	Stasiun Hujan Glatik	Stasiun Hujan Prambon
2001	12 April	30 Januari	26 Februari	16 Juni	7 Februari	3 Maret	16 Desember	16 Juni	16 Juni
	120	97	96	108	122	140	80	90	134
2002	5 Mei	10 November	21 Desember	13 Maret	31 Desember	16 November	28 Oktober	16 November	5 Januari
	86	43	72	82	85	79	65	67	94
2003	26 Oktober	20 Mei	22 Mei	18 Januari	21 Maret	29 Maret	21 Maret	10 Desember	18 April
	168	78	98	86	93	95	100	91	121
2004	12 Juni	24 Oktober	26 Maret	22 Januari	18 Oktober	16 Februari	4 April	22 Januari	29 Desember
	130	110	80	97	89	72	94	95	80
2005	26 Desember	21 Januari	12 Maret	21 Januari	28 Maret	30 Maret	28 Maret	16 April	28 Maret
	97	75	85	84	152	95	65	86	95
2006	4 Desember	3 Januari	4 Desember	2 Mei	1 Februari	12 Mei	1 Februari	2 Mei	30 Desember
	120	94	75	93	112	140	97	83	139
2007	26 Februari	26 Februari	18 Januari	4 Februari	4 Februari	12 Mei	24 Februari	24 Februari	26 Desember
	89	60	85	97	68	86	87	73	125
2008	29 Desember	13 Februari	5 Desember	5 Desember	15 April	14 Maret	6 Maret	5 April	6 Maret
	228	91	96	90	98	108	120	97	98
2009	27 Desember	31 Maret	27 Desember	3 Januari	31 Maret	29 Desember	9 Februari	29 Desember	3 Maret
	109	93	90	113	117	110	107	122	114
2010	21 Februari	13 April	12 April	19 Januari	4 Desember	31 Maret	3 Desember	26 Desember	13 April
	135	109	97	87	92	64	138	90	130

### Distribusi Gumbel

Dalam pemilihan untuk pengendalian banjir secara struktural harus memperhitungkan faktor biaya (ekonomi) dan resiko. Semakin besar kala ulang debit banjir rencana yang digunakan maka biaya yang dikeluarkan lebih besar namun resiko yang ditanggung lebih kecil begitu juga sebaliknya jika kala ulang debit banjir rencana kecil maka resiko yang akan ditanggung lebih besar. Sebagai contoh untuk  $Q_{50}$  tahun maka volume air yang harus dikendalikan lebih besar jika dibuat desain

tanggul maka desain tanggul tersebut akan lebih tinggi daripada tanggul yang diperlukan untuk debit banjir rencana dengan menggunakan  $Q_{25}$  tahun (Tabel 3). Untuk daerah studi ini yang didominasi adalah daerah pemukiman dan pertanian maka dipilih kala ulang 25 tahun yang lebih kecil risikonya dibandingkan untuk mendesain pembangunan bendungan atau daerah strategis lainnya yang membutuhkan faktor keamanan yang lebih tinggi atau faktor resiko yang lebih kecil. Rekapitulasi dari Stasiun Hujan Untuk  $R_{25}$  dapat dilihat sebagai berikut Tabel 4. Dari Tabel 4 maka untuk nilai  $R_{25}$  yang dipakai 160 mm.

**Tabel 3. Hasil Plotting Gumbel Untuk 9 (Sembilan) Stasiun Curah Hujan di Kabupaten Nganjuk**

Hasil Plot Kurva Probabilitas Gumbel Untuk Stasiun Hujan Sumberkepuh				Hasil Plot Kurva Probabilitas Gumbel Untuk Stasiun Hujan Kertosono				Hasil Plot Kurva Probabilitas Gumbel Untuk Stasiun Hujan Matolan					
No.	T (tahun)	Persamaan Regresi (mm)	Pembacaan Grafik (mm)	Persentase Kesalahan (%)	No.	T (tahun)	Persamaan Regresi (mm)	Pembacaan Grafik (mm)	Persentase Kesalahan (%)	No.	T (tahun)	Persamaan Regresi (mm)	Pembacaan Grafik (mm)
1	2	122.42	122	0.34	1	2	82.12	82	0.15	1	2	86.11	86
2	5	173.35	171	1.37	2	5	107.48	106	1.40	2	5	97.48	97
3	10	207.07	207	0.03	3	10	124.28	124	0.22	3	10	105.00	104
4	20	239.42	239	0.17	4	20	140.38	140	0.27	4	20	112.22	112
5	25	249.68	249	0.27	5	25	145.49	144	1.04	5	25	113.51	114
6	50	281.29	281	0.10	6	50	161.23	160	0.77	6	50	121.57	121
Jumlah Persentase Kesalahan (%)				2.38	Jumlah Persentase Kesalahan (%)				3.85	Jumlah Persentase Kesalahan (%)			
Rata-rata Kesalahan				0.4	Rata-rata Kesalahan				0.6	Rata-rata Kesalahan			

Hasil Plot Kurva Probabilitas Gumbel Untuk Stasiun Hujan Kedungmaron				Hasil Plot Kurva Probabilitas Gumbel Untuk Stasiun Hujan Nganjuk				Hasil Plot Kurva Probabilitas Gumbel Untuk Stasiun Hujan Prambon					
No.	T (tahun)	Persamaan Regresi (mm)	Pembacaan Grafik (mm)	Persentase Kesalahan (%)	No.	T (tahun)	Persamaan Regresi (mm)	Pembacaan Grafik (mm)	Persentase Kesalahan (%)	No.	T (tahun)	Persamaan Regresi (mm)	Pembacaan Grafik (mm)
1	2	92.31	91	1.44	1	2	99.60	98	1.63	1	2	95.37	94
2	5	104.56	104	0.54	2	5	127.81	127	0.64	2	5	126.49	126
3	10	112.67	112	0.60	3	10	146.49	146	0.34	3	10	147.09	146
4	20	120.45	120	0.38	4	20	164.41	164	0.25	4	20	166.86	166
5	25	122.52	122	0.75	5	25	170.10	170	0.06	5	25	173.12	172
6	50	130.52	130	0.40	6	50	187.61	187	0.33	6	50	192.44	192
Jumlah Persentase Kesalahan (%)				4.11	Jumlah Persentase Kesalahan (%)				3.24	Jumlah Persentase Kesalahan (%)			
Rata-rata Kesalahan				0.7	Rata-rata Kesalahan				0.5	Rata-rata Kesalahan			

Hasil Plot Kurva Probabilitas Gumbel Untuk Stasiun Hujan Kacangan				Hasil Plot Kurva Probabilitas Gumbel Untuk Stasiun Hujan Glatik				Hasil Plot Kurva Probabilitas Gumbel Untuk Stasiun Hujan Pambon					
No.	T (tahun)	Persamaan Regresi (mm)	Pembacaan Grafik (mm)	Persentase Kesalahan (%)	No.	T (tahun)	Persamaan Regresi (mm)	Pembacaan Grafik (mm)	Persentase Kesalahan (%)	No.	T (tahun)	Persamaan Regresi (mm)	Pembacaan Grafik (mm)
1	2	92.19	92	0.21	1	2	87.39	87	0.45	1	2	110.28	110
2	5	119.57	118	1.33	2	5	105.09	105	0.08	2	5	134.20	134
3	10	137.70	136	1.25	3	10	116.80	115	1.57	3	10	150.04	150
4	20	155.09	154	0.71	4	20	128.04	127	0.82	4	20	165.23	164
5	25	160.60	160	0.38	5	25	131.61	131	0.46	5	25	170.05	170
6	50	177.60	176	0.91	6	50	142.59	142	0.42	6	50	184.89	184
Jumlah Persentase Kesalahan (%)				4.78	Jumlah Persentase Kesalahan (%)				3.88	Jumlah Persentase Kesalahan (%)			
Rata-rata Kesalahan				0.8	Rata-rata Kesalahan				0.6	Rata-rata Kesalahan			

**Tabel 4. Rekapitulasi 9 (Sembilan) Stasiun Hujan di Kali Widias**

No	Nama Stasiun Hujan	$R_{25}$ (mm)	$\left(\frac{R_{25} - R_{25}}{R_{25}}\right)$
1	Stasiun Sumberkepuh	249.68	36.00
2	Stasiun Kertosono	145.49	9.82
3	Stasiun Matolan	114.51	39.54
4	Stasiun Kedungmaron	122.92	29.99
5	Stasiun Nganjuk	170.10	6.06
6	Stasiun Sumbersoko	173.13	7.71
7	Stasiun Kacangan	160.60	0.51
8	Stasiun Glatik	131.61	21.41
9	Stasiun Prambon	170.05	6.03
Jumlah $R_{25}$		1438.09	
Rata-rata $R_{25}$ setiap 9 Stasiun		160	
Selisih Kumulatif Stasiun Hujan			157.08
Rata-rata Koreksi Stasiun Hujan			17.45

Sumber : hasil perhitungan

**Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu - Nakayasu**

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3.6 (0.3 T_p + T_{0.3})} \tag{5}$$

Diketahui :

- Koefisien Run Off ( C ) = 0.7 (untuk daerah perumahan)
- Luas DAS ( A ) = 1502.008 km<sup>2</sup>
- Curah Hujan yang Dipakai (  $R_0 = R_{25}$  ) = 160 mm

Nilai  $\alpha = 2$  dipilih karena jenis Daerah Aliran Sungai yang diamati adalah daerah pengaliran biasa, maka

$$T_{0.3} = \alpha \times t_g = 2 \times 5.63 = 11.26$$

$$T_p = t_g + 0.8 \times t_r = 5.63 + 0.8 \times 2.82 = 7.88 \text{ jam}$$

Maka dapat dihitung nilai  $Q_p$  sebagai berikut :

$$Q_p = \frac{0.7 \times 1502.008 \times 160}{3.6 (0.3 \times 7.88 + 11.26)} = \frac{168224.89}{49.06} = 3428.79 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Untuk menggambar hidrograf satuan sintetik Nakayasu - Nakayasu, maka nilai dan persamaan yang gunakan adalah

$$Q_p = 3428.79 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$T_p = 7.88 \text{ jam}$$

$$\text{Persamaan Naik : } Q_t = Q_p \left( \frac{t}{t_p} \right)^{2.4} \quad (6)$$

Persamaan Turun :

$$Q_t = Q_p \times 0.3 \frac{t - T_p}{T_{0.3}} \quad (7)$$

$$Q_t = Q_p \times 0.3 \frac{t - T_p + 0.5 \times T_{0.3}}{1.5 \times T_{0.3}} \quad (8)$$

$$Q_t = Q_p \times 0.3 \frac{t - T_p + 1.5 \times T_{0.3}}{2 \times T_{0.3}} \quad (9)$$

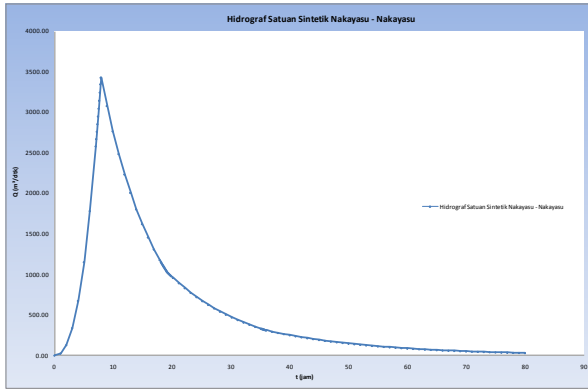
Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5 kemudian dibuat grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Nakayasu pada Gambar 2. Berdasarkan Studi JICA pada tahun 1984/1985 menyebutkan debit air maksimal yang bisa masuk ke Kali Brantas hanya sebesar 270 m<sup>3</sup>/dtk. Nilai inilah yang kemudian digunakan untuk menghitung volume tampungan yang dibutuhkan. Metode penentuan yang digunakan adalah metode Nakayasu - Nakayasu, dimana tampungan yang dibutuhkan harus bisa menampung debit air perhitungan diatas 270 m<sup>3</sup>/dtk. Volume tampungan adalah luas daerah pada grafik Nakayasu – Nakayasu dengan garis batas (daerah yang diarsir warna ungu) dimana debit yang diizinkan hanya 270 m<sup>3</sup>/dtk. Hasil perhitungan volume dapat dilihat pada Tabel 6 dan grafiknya dapat dilihat pada Gambar 3.

**Tabel 5. Hasil Perhitungan Hidrograf Sauan Sintetik Nakayasu - Nakayasu**

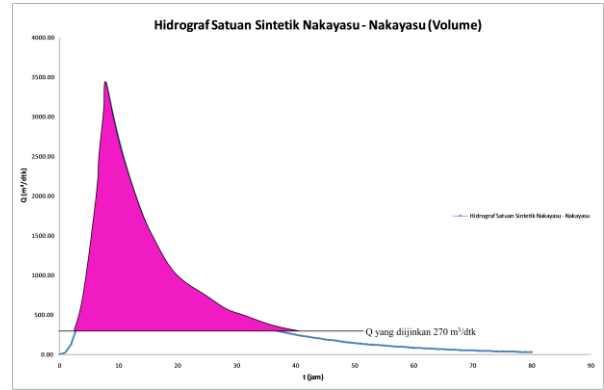
t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)
0	0.00	11	2485.45	19.3	1020.60	33	378.92	44	201.53	64	69.18
1	24.18	12	2233.48	19.4	1013.35	34	352.84	45	191.04	65	65.58
2	127.63	13	2007.05	19.5	1006.16	35	328.57	46	181.09	66	62.16
3	337.73	14	1803.58	19.6	999.01	35.1	329.74	47	171.66	67	58.93
4	673.63	15	1620.73	19.7	991.91	35.2	327.40	48	162.73	68	55.86
5	1150.82	16	1456.42	19.8	984.87	35.3	325.07	49	154.26	69	52.95
6	1782.55	17	1308.77	19.9	977.87	35.4	322.77	50	146.23	70	50.19
7	2580.55	18	1176.09	20	971.18	35.5	320.47	51	138.61	71	47.58
7.1	2669.92	18.1	1149.98	21	891.33	35.6	318.20	52	131.40	72	45.10
7.2	2761.06	18.2	1137.75	22	830.00	35.7	315.94	53	124.56	73	42.76
7.3	2853.99	18.3	1125.66	23	772.90	35.8	313.69	54	118.07	74	40.53
7.4	2948.72	18.4	1113.69	24	719.72	35.9	311.46	55	111.93	75	38.42
7.5	3045.26	18.5	1101.85	25	670.20	36	309.25	56	106.10	76	36.42
7.6	3143.62	18.6	1090.13	26	624.09	37	293.00	57	100.58	77	34.52
7.7	3243.81	18.7	1078.54	27	581.15	38	277.74	58	95.34	78	32.73
7.8	3345.84	18.8	1067.07	28	541.17	39	263.28	59	90.38	79	31.02
7.9	3428.79	18.9	1055.73	29	503.93	40	249.58	60	85.67	80	29.41
8	3425.12	19	1044.50	30	469.26	41	236.59	61	81.21		
9	3077.89	19.1	1033.40	31	436.98	42	224.27	62	76.98		
10	2765.85	19.2	1027.90	32	406.91	43	212.59	63	72.98		

Sumber : Hasil Perhitungan





Gambar 2



Gambar 3

Gambar 2. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Nakayasu  
 Gambar 3. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Nakayasu Untuk Volume Tampungan

Tabel 6. Hasil Perhitungan Volume Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu - Nakayasu

t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	ΔQ (m <sup>3</sup> /dtk)	t (dtk)	ΔV (m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	ΔQ (m <sup>3</sup> /dtk)	t (dtk)	ΔV (m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )
3	337.73	67.73					19.2	1027.90	757.90	760.65	180	136917.07	92952377.23
4	673.63	403.63	235.68	3600	848447.34	848447.34	19.3	1020.60	750.60	754.25	360	271530.99	93223908.22
5	1150.82	880.82	642.22	3600	2312092.51	3160449.84	19.4	1013.35	743.35	746.98	360	268911.91	93492820.13
6	1782.55	1512.55	1196.68	3600	4308050.15	7468500.00	19.5	1006.16	736.16	739.75	360	266311.42	93759131.55
7	2580.55	2310.55	1911.55	3600	6881579.77	14350079.77	19.6	999.01	729.01	732.58	360	263729.41	94022860.96
7.1	2609.92	2399.92	2355.24	360	847884.76	15197964.53	19.7	991.91	721.91	725.46	360	261165.74	94284026.71
7.2	2761.06	2491.06	2445.49	360	880875.61	16078340.14	19.8	984.87	714.87	718.39	360	258620.28	94542646.99
7.3	2853.99	2583.99	2537.52	360	913508.92	16991849.06	19.9	977.87	707.87	711.37	360	256092.90	94798739.89
7.4	2948.72	2678.72	2631.36	360	947288.25	17939137.30	20	957.18	687.18	697.53	1080	753328.69	95552068.57
7.5	3045.26	2775.26	2726.99	360	981717.15	18920854.46	21	891.33	621.33	654.25	3600	2355313.59	97907382.16
7.6	3143.62	2873.62	2824.44	360	1016799.16	19937653.61	22	830.00	560.00	590.66	3600	2126388.30	100033770.46
7.7	3243.81	2973.81	2923.72	360	1052537.75	20990191.36	23	772.90	502.90	531.45	3600	1913213.50	101946983.96
7.8	3345.84	3075.84	3024.82	360	1088936.40	22079127.77	24	719.72	449.72	476.31	3600	1714705.51	103661689.47
7.9	3428.79	3158.79	3117.31	288	897785.90	22976913.67	25	670.20	400.20	424.96	3600	1529855.24	105191544.71
8	3425.12	3155.12	3156.96	36	113650.42	23090564.09	26	624.09	354.09	377.15	3600	1357723.01	106549267.72
9	3077.89	2807.89	2981.51	3600	10733421.42	33823985.51	27	581.15	311.15	332.62	3600	1197433.79	107746701.50
10	2765.85	2495.85	2651.87	3600	9546732.57	43370718.08	28	541.17	271.17	291.16	3600	1048172.76	108794874.26
11	2485.45	2215.45	2355.65	3600	8480349.54	51851067.62	29	503.93	233.93	252.55	3600	909181.16	109704055.42
12	2233.48	1963.48	2089.47	3600	7522075.82	59373143.44	30	469.26	199.26	216.60	3600	779752.44	110483807.87
13	2007.05	1737.05	1850.26	3600	6600951.32	66034094.76	31	436.98	166.98	183.12	3600	659228.66	111143056.53
14	1803.58	1533.58	1635.31	3600	5887127.13	71921221.89	32	406.91	136.91	151.94	3600	546997.13	111690033.66
15	1620.73	1350.73	1442.15	3600	5191752.79	77112974.68	33	378.92	108.92	122.91	3600	442487.34	112132521.00
16	1456.42	1186.42	1268.58	3600	4566875.10	81679849.78	34	352.84	82.84	95.88	3600	345168.02	112477689.02
17	1308.77	1038.77	1112.60	3600	4005347.14	85685196.93	35	328.57	58.57	70.71	3600	254544.44	112732233.45
18	1176.09	906.09	972.43	3600	3500746.57	89185943.50	35.1	329.74	59.74	59.16	180	10647.93	112742881.38
18.1	1149.98	879.98	895.04	756	675134.56	89861078.06	35.2	327.40	57.40	58.57	360	21085.45	112763966.83
18.2	1137.75	867.75	873.87	360	314592.58	90176570.64	35.3	325.07	55.07	56.24	360	20245.27	112784212.10
18.3	1125.66	855.66	861.71	360	310214.19	90485884.83	35.4	322.77	52.77	53.92	360	19411.06	112803623.16
18.4	1113.69	843.69	849.67	360	305882.36	90791767.19	35.5	320.47	50.47	51.62	360	18582.77	112822295.93
18.5	1101.85	831.85	837.77	360	301596.58	91093363.78	35.6	318.20	48.20	49.33	360	17760.37	112839966.30
18.6	1090.13	820.13	825.99	360	297356.37	91390720.15	35.7	315.94	45.94	47.07	360	16943.81	112856910.11
18.7	1078.54	808.54	814.34	360	293161.25	91683881.40	35.8	313.69	43.69	44.81	360	16133.05	112873043.16
18.8	1067.07	797.07	802.81	360	289010.73	91972892.13	35.9	311.46	41.46	42.58	360	15328.05	112888371.21
18.9	1055.73	785.73	791.40	360	284904.34	92257796.47	36	309.25	39.25	40.36	360	14528.77	112902899.98
19	1044.50	774.50	780.12	360	280841.61	92538638.08	37	293.00	23.00	31.12	3600	112045.00	113014944.98
19.1	1033.40	763.40	768.95	360	276822.08	92815460.16	38	277.74	7.74	15.37	3600	55329.32	113070274.30
<b>Jumlah Volume</b>												<b>113.071.274.30</b>	<b>~ 113.000.000</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu - Melchior**

- Diketahui :
- Luas DAS (A) = 1502.008 km<sup>2</sup>
- Panjang Sungai (L) = 90.2 km
- Kemiringan Sungai (I) = 0.005
- Perkiraan Waktu Konsentrasi Awal (T<sub>0</sub>) = 38 jam
- Curah Hujan yang Dipakai = 160 mm
- β<sub>q</sub> = 0.8

Hasil perhitungan dengan menggunakan Metoda Melchior sebagai berikut :

$$\beta_{q_{no}} = \beta_q \times \frac{160}{200} = 0.8 \times \frac{160}{200} = 0.640$$

$$\alpha = 0.7$$

$$Q_p = \alpha \times \beta_{q_{no}} \times A = 0.70 \times 0.640 \times 1502.008 = 672.89 \text{ m}^3/\text{dtk}$$



$$T_p = \frac{0.186 \times L}{Q_0^{0.2} \times I^{0.4}} = \frac{0.186 \times 90.2}{672.89^{0.2} \times 0.005^{0.4}} = 37.98 \text{ jam} \approx 38 \text{ jam}$$

Untuk menggambar hidrograf satuan sintetik Nakayasu - Melchior, maka nilai dan persamaan yang digunakan adalah ilai yang dibutuhkan adalah

$$Q_p = 672.89 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$T_p = 38 \text{ jam}$$

$$\text{Persamaan Naik : } Q_t = Q_p \left( \frac{t}{t_p} \right)^{2.4} \quad (10)$$

Persamaan Turun :

$$Q_t = Q_p \times 0.3 \frac{t - T_p}{T_{0.3}} \quad (11)$$

$$Q_t = Q_p \times 0.3 \frac{t - T_p + 0.5 \times T_{0.3}}{1.5 \times T_{0.3}} \quad (12)$$

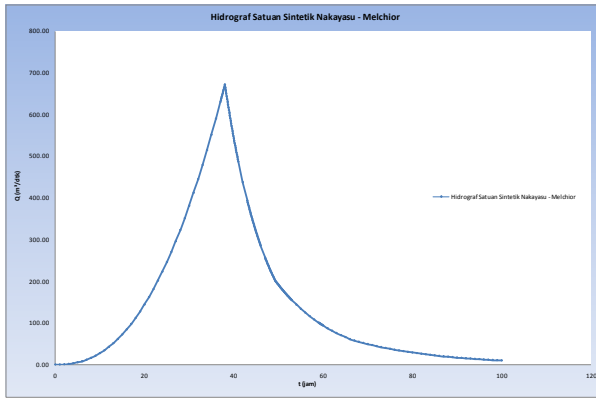
$$Q_t = Q_p \times 0.3 \frac{t - T_p + 1.5 \times T_{0.3}}{2 \times T_{0.3}} \quad (13)$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7 kemudian dibuat grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu - Melchior pada Gambar 4. Berdasarkan Studi JICA pada tahun 1984/1985 menyebutkan debit air maksimal yang bisa masuk ke Kali Brantas hanya sebesar 270 m<sup>3</sup>/dtk. Nilai inilah yang kemudian digunakan untuk menghitung volume tampungan yang dibutuhkan. Metode penentuan yang digunakan adalah metode Nakayasu - Melchior, dimana tampungan yang dibutuhkan harus bisa menampung debit air perhitungan diatas 270 m<sup>3</sup>/dtk. Volume tampungan adalah luas daerah pada grafik Nakayasu - Melchior dengan garis batas (daerah yang diarsir warna ungu) dimana debit yang diijinkan hanya 270 m<sup>3</sup>/dtk. Hasil perhitungan volume dapat dilihat pada Tabel 8 dan grafiknya dapat dilihat pada Gambar 5.

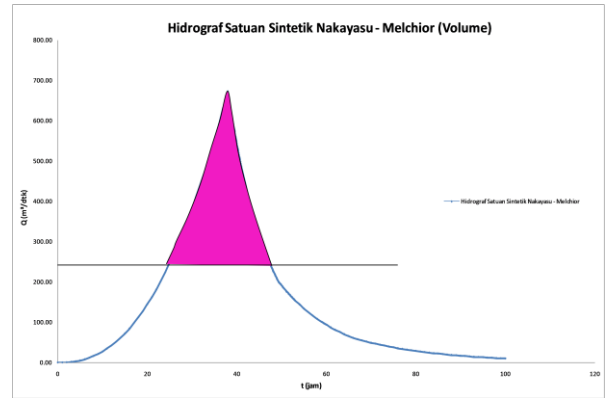
**Tabel 7. Hasil Perhitungan Hidrograf Sauan Sintetik Nakayasu – Melchoir**

t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)
0	0.00	37.1	635.27	40.9	493.00	47.4	246.09	51.2	175.67	64	70.54
1	0.11	37.2	639.39	41	487.76	47.5	243.48	51.3	174.42	65	65.69
2	0.57	37.3	643.52	42	438.31	47.6	240.89	51.4	173.18	66	61.17
3	1.52	37.4	647.67	43	393.88	47.7	238.33	51.5	171.95	67	57.84
4	3.03	37.5	651.84	43.1	389.69	47.8	235.79	51.6	170.73	68	54.83
5	5.18	37.6	656.02	43.2	385.55	47.9	233.28	51.7	169.52	69	51.97
6	8.02	37.7	660.21	43.3	381.45	48	230.80	51.8	168.31	70	49.27
7	11.61	37.8	664.42	43.4	377.39	48.1	228.35	51.9	167.12	71	46.70
8	15.99	37.9	668.65	43.5	373.38	48.2	225.92	52	165.93	72	44.27
9	21.22	38	672.89	43.6	369.41	48.3	223.52	52.1	164.75	73	41.97
10	27.32	38.1	665.74	43.7	365.48	48.4	221.14	52.2	163.58	74	39.78
11	34.34	38.2	658.66	43.8	361.60	48.5	218.79	52.3	162.42	75	37.71
12	42.32	38.3	651.65	43.9	357.75	48.6	216.47	52.4	161.27	76	35.75
13	51.28	38.4	644.73	44.0	353.95	48.7	214.16	52.5	160.12	77	33.89
14	61.26	38.5	637.87	44.1	350.18	48.8	211.89	52.6	158.99	78	32.12
15	72.29	38.6	631.09	44.2	346.46	48.9	209.63	52.7	157.86	79	30.45
16	84.40	38.7	624.38	44.3	342.78	49	207.41	52.8	156.73	80	28.87
17	97.62	38.8	617.74	44.4	339.13	49.1	205.20	52.9	155.62	81	27.36
18	111.97	38.9	611.17	44.5	335.53	49.2	203.02	53	154.52	82	25.94
19	127.49	39	604.67	44.6	331.96	49.3	200.86	54	143.88	83	24.59
20	144.19	39.1	598.24	44.7	328.43	49.4	199.72	55	133.99	84	23.31
21	162.10	39.2	591.88	44.8	324.94	49.5	198.30	56	124.77	85	22.09
22	181.25	39.3	585.59	44.9	321.48	49.6	196.89	57	116.18	86	20.94
23	201.66	39.4	579.36	45	318.06	49.7	195.49	58	108.19	87	19.85
24	223.34	39.5	573.20	45.1	314.68	49.8	194.11	59	100.75	88	18.82
25	246.33	39.6	567.11	45.2	311.34	49.9	192.73	59.1	100.03	89	17.84
26	270.64	39.7	561.08	45.3	308.03	50	191.36	59.2	99.32	90	16.91
27	296.30	39.8	555.11	45.4	304.75	50.1	190.00	59.3	98.61	91	16.03
28	323.33	39.9	549.21	45.5	301.51	50.2	188.65	59.4	97.91	92	15.20
29	351.74	40	543.37	45.6	298.30	50.3	187.31	59.5	97.22	93	14.41
30	381.55	40.1	537.59	45.7	295.13	50.4	185.98	59.6	96.53	94	13.66
31	412.79	40.2	531.88	45.8	292.00	50.5	184.66	59.7	95.84	95	12.95
32	445.48	40.3	526.22	45.9	288.89	50.6	183.35	59.8	95.16	96	12.27
33	479.62	40.4	520.63	46	285.82	50.7	182.04	59.9	94.49	97	11.63
34	515.24	40.5	515.09	47.0	256.84	50.8	180.75	60	93.81	98	11.03
35	552.37	40.6	509.62	47.1	254.11	50.9	179.47	61	87.36	99	10.45
36	591.00	40.7	504.20	47.2	251.41	51	178.19	62	81.35	100	9.91
37	631.17	40.8	498.84	47.3	248.74	51.1	176.93	63	75.75		

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4



Gambar 5

Gambar 4. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Melchior  
 Gambar 5. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Melchior Untuk Volume Tampungan

Tabel 8. Hasil Perhitungan Volume Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu - Melchior

t (Jam)	Q (m³/dtk)	Q (m³/dtk)	AQ (m³/dtk)	t (dtk)	AV (m³)	V (m³)	t (Jam)	Q (m³/dtk)	Q (m³/dtk)	AQ (m³/dtk)	t (dtk)	AV (m³)	V (m³)
26	270.64	0.64					40.1	537.59	267.59	270.48	360	97373.78	10479386.00
27	296.30	26.30	13.47	3600	48506.33	48506.33	40.2	531.88	261.88	264.74	360	95304.97	10574690.97
28	323.33	53.33	39.82	3600	143335.52	191841.85	40.3	526.22	256.22	259.05	360	93258.16	10667949.13
29	351.74	81.74	67.53	3600	243117.05	434958.90	40.4	520.63	250.63	253.43	360	91233.11	10759182.25
30	381.55	111.55	96.65	3600	347922.19	782881.09	40.5	515.09	245.09	247.86	360	89229.60	10848411.84
31	412.79	142.79	127.17	3600	457820.74	1240701.83	40.6	509.62	239.62	242.35	360	87247.38	10935659.23
32	445.48	175.48	159.13	3600	572881.10	1813582.93	40.7	504.20	234.20	236.91	360	85286.24	11020945.47
33	479.62	209.62	192.55	3600	693170.33	2506753.26	40.8	498.84	228.84	231.52	360	83345.96	11104291.43
34	515.24	245.24	227.43	3600	818754.22	3325507.48	40.9	493.00	223.00	225.92	396	81464.53	11193755.96
35	552.37	282.37	263.80	3600	949697.35	4275204.83	41	487.76	217.76	220.38	360	79338.24	11273094.20
36	591.00	321.00	301.68	3600	1086063.17	5361268.00	42	438.31	168.31	193.04	3600	694938.61	11968032.81
37	631.17	361.17	341.09	3600	1227914.03	6589182.04	43	393.88	123.88	146.10	3600	525945.34	12493978.15
37.1	635.27	365.27	363.22	360	130760.17	6719942.21	43.1	389.69	119.69	121.78	360	43842.23	1257820.37
37.2	639.39	369.39	367.33	360	132239.63	6852181.84	43.2	385.55	115.55	117.62	360	42342.59	12580162.97
37.3	643.52	373.52	371.46	360	133724.67	6985906.50	43.3	381.45	111.45	113.50	360	40858.91	12621021.88
37.4	647.67	377.67	375.60	360	135215.30	7121121.80	43.4	377.39	107.39	109.42	360	39390.99	12660412.87
37.5	651.84	381.84	379.75	360	136711.52	7257833.32	43.5	373.38	103.38	105.39	360	37938.69	12698351.56
37.6	656.02	386.02	383.93	360	138213.35	7396046.68	43.6	369.41	99.41	101.39	360	36501.83	12734853.38
37.7	660.21	390.21	388.11	360	139720.80	7535767.47	43.7	365.48	95.48	97.45	360	35080.24	12769933.62
37.8	664.42	394.42	392.32	360	141233.85	7677001.32	43.8	361.60	91.60	93.54	360	33673.77	12803607.39
37.9	668.65	398.65	396.53	360	142752.53	7819753.86	43.9	357.75	87.75	89.67	360	32282.25	12835889.65
38	672.89	402.89	400.77	360	144276.84	7964030.70	44	353.95	83.95	85.85	360	30905.53	12866795.18
38.1	665.74	395.74	399.31	360	143752.59	8107783.28	44.1	350.18	80.18	82.07	360	29543.45	12896338.63
38.2	658.66	388.66	392.20	360	141190.66	8248973.94	44.2	346.46	76.46	78.32	360	28195.85	12924534.47
38.3	651.65	381.65	385.16	360	138655.97	8387629.91	44.3	342.78	72.78	74.62	360	26862.57	12951397.05
38.4	644.73	374.73	378.19	360	136148.23	8523778.13	44.4	339.13	69.13	70.95	360	25543.48	12976940.53
38.5	637.87	367.87	371.30	360	133667.15	8657445.28	44.5	335.53	65.53	67.33	360	24238.41	13001178.95
38.6	631.09	361.09	364.48	360	131212.45	8788657.74	44.6	331.96	61.96	63.74	360	22947.21	13024126.14
38.7	624.38	354.38	357.73	360	128783.85	8917441.59	44.7	328.43	58.43	60.19	360	21669.75	13045795.89
38.8	617.74	347.74	351.06	360	126381.08	9043822.67	44.8	324.94	54.94	56.68	360	20405.86	13066201.75
38.9	611.17	341.17	344.46	360	124003.85	9167826.52	44.9	321.48	51.48	53.21	360	19155.42	13085357.17
39	604.67	334.67	337.92	360	121651.90	9289478.42	45	318.06	48.06	49.77	360	17918.27	13103275.44
39.1	598.24	328.24	331.46	360	119324.95	9408803.37	45.1	314.68	44.68	46.37	360	16694.27	13119969.71
39.2	591.88	321.88	325.06	360	117022.75	9525826.12	45.2	311.34	41.34	43.01	360	15483.29	13135452.99
39.3	585.59	315.59	318.74	360	114745.03	9640571.15	45.3	308.03	38.03	39.68	360	14285.18	13149738.18
39.4	579.36	309.36	312.48	360	112491.52	9753062.67	45.4	304.75	34.75	36.39	360	13099.82	13162837.99
39.5	573.20	303.20	306.28	360	110261.97	9863324.64	45.5	301.51	31.51	33.13	360	11927.05	13174765.04
39.6	567.11	297.11	300.16	360	108056.13	9971380.77	45.6	298.30	28.30	29.91	360	10766.76	13185531.80
39.7	561.08	291.08	294.09	360	105873.74	10077254.51	45.7	295.13	25.13	26.72	360	9618.80	13195150.60
39.8	555.11	285.11	288.10	360	103714.56	10180969.07	45.8	292.00	22.00	23.56	360	8483.05	13203633.65
39.9	549.21	279.21	282.16	360	101578.33	10282547.40	45.9	288.89	18.89	20.44	360	7359.37	13210993.02
40	543.37	273.37	276.29	360	99464.82	10382012.22	46	285.82	15.82	17.35	360	6247.64	13217240.66
<b>Jumlah Volume</b>													<b>13,217,240.66 ≈ 13,200,000</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**Hidrograf Satuan Sintetik Snyder - Snyder**

$$Q_p = 2.78 \times \frac{C_p \times A}{t_p} = 2.78 \times \frac{1.35 \times 1502.008 \times 16}{36.30} = 2484.47 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$t_p = C_t \times (L \times L_c)^{0.3} = 3 \times (90.2 \times 45.1)^{0.3} = 36.30$$

Untuk menggambar hidrograf satuan sintetik Snyder - Snyder, maka nilai dan persamaan yang digunakan adalah nilai yang dibutuhkan adalah

$$Q_p = 2484.47 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$T_p = 36.30 \text{ jam}$$

$$\text{Persamaan Naik : } Q_t = Q_p \times \left(\frac{t}{t_p}\right) \tag{14}$$

Persamaan Turun :

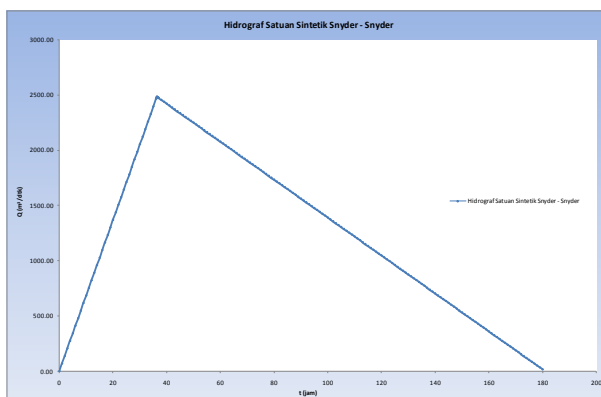
$$Q_t = Q_p \times \left(1 - \frac{t-t_p}{t_b-t_p}\right) \tag{15}$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 9 kemudian dibuat grafik Hidrograf Satuan Sintetis Snyder – Snyder pada Gambar 6. Berdasarkan Studi JICA pada tahun 1984/1985 menyebutkan debit air maksimal yang bisa masuk ke Kali Brantas hanya sebesar 270 m<sup>3</sup>/dtk. Nilai inilah yang kemudian digunakan untuk menghitung volume tampungan yang dibutuhkan. Metode penentuan yang digunakan adalah metode Snyder – Snyder, dimana tampungan yang dibutuhkan harus bisa menampung debit air perhitungan diatas 270 m<sup>3</sup>/dtk. Volume tampungan adalah luas daerah pada grafik Snyder – Snyder dengan garis batas (daerah yang diarsir warna ungu) dimana debit yang diijinkan hanya 270 m<sup>3</sup>/dtk. Hasil perhitungan volume dapat dilihat pada Tabel 10 dan grafiknya dapat dilihat pada Gambar 7.

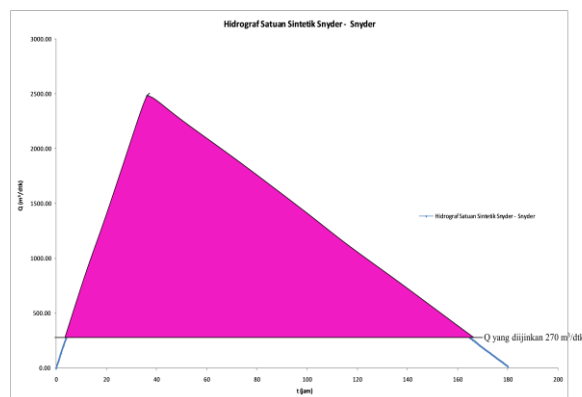
**Tabel 9. Hasil Perhitungan Hidrograf Sauan Sintetik Snyder – Snyder**

t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)
0	0.00	32	2190.02	55	2163.23	87	1613.43	119	1063.64	151	513.84
1	68.44	33	2258.46	56	2146.05	88	1596.25	120	1046.46	152	496.66
2	136.88	34	2326.90	57	2128.87	89	1579.07	121	1029.28	153	479.48
3	205.31	35	2395.34	58	2111.69	90	1561.89	122	1012.10	154	462.30
4	273.75	36	2463.77	59	2094.51	91	1544.71	123	994.91	155	445.12
5	342.19	36.1	2470.62	60	2077.32	92	1527.53	124	977.73	156	427.94
6	410.63	36.2	2477.46	61	2060.14	93	1510.35	125	960.55	157	410.76
7	479.07	36.3	2484.31	62	2042.96	94	1493.17	126	943.37	158	393.57
8	547.51	36.4	2482.80	63	2025.78	95	1475.99	127	926.19	159	376.39
9	615.94	36.5	2481.08	64	2008.60	96	1458.80	128	909.01	160	359.21
10	684.38	36.6	2479.36	65	1991.42	97	1441.62	129	891.83	161	342.03
11	752.82	36.7	2477.64	66	1974.24	98	1424.44	130	874.65	162	324.85
12	821.26	36.8	2475.93	67	1957.06	99	1407.26	131	857.47	163	307.67
13	889.70	36.9	2474.21	68	1939.88	100	1390.08	132	840.28	164	290.49
14	958.13	37	2472.49	69	1922.69	101	1372.90	133	823.10	165	273.31
15	1026.57	38	2455.31	70	1905.51	102	1355.72	134	805.92	166	256.13
16	1095.01	39	2438.13	71	1888.33	103	1338.54	135	788.74	167	238.94
17	1163.45	40	2420.95	72	1871.15	104	1321.36	136	771.56	168	221.76
18	1231.89	41	2403.77	73	1853.97	105	1304.17	137	754.38	169	204.58
19	1300.33	42	2386.58	74	1836.79	106	1286.99	138	737.20	170	187.40
20	1368.76	43	2369.40	75	1819.61	107	1269.81	139	720.02	171	170.22
21	1437.20	44	2352.22	76	1802.43	108	1252.63	140	702.84	172	153.04
22	1505.64	45	2335.04	77	1785.25	109	1235.45	141	685.65	173	135.86
23	1574.08	46	2317.86	78	1768.06	110	1218.27	142	668.47	174	118.68
24	1642.52	47	2300.68	79	1750.88	111	1201.09	143	651.29	175	101.50
25	1710.95	48	2283.50	80	1733.70	112	1183.91	144	634.11	176	84.31
26	1779.39	49	2266.32	81	1716.52	113	1166.73	145	616.93	177	67.13
27	1847.83	50	2249.14	82	1699.34	114	1149.54	146	599.75	178	49.95
28	1916.27	51	2231.95	83	1682.16	115	1132.36	147	582.57	179	32.77
29	1984.71	52	2214.77	84	1664.98	116	1115.18	148	565.39	180	15.59
30	2053.15	53	2197.59	85	1647.80	117	1098.00	149	548.21		
31	2121.58	54	2180.41	86	1630.62	118	1080.82	150	531.02		

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 6



Gambar 7



### Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Alexeyev

Diketahui :

Luas DAS (A) = 1502.008 km<sup>2</sup>  
 Panjang Sungai (L) = 90.2 km  
 Panjang sungai terdekat titik berat (L<sub>c</sub>) = 0.005  
 t<sub>c</sub> = 160 mm = 16 cm  
 Harga C<sub>t</sub> berkisar 0.75 – 3.0, diambil C<sub>t</sub> = 3  
 Harga C<sub>p</sub> berkisar 0.90 – 1.40, diambil C<sub>p</sub> = 1.35  
 T<sub>p</sub> = C<sub>t</sub> × (L × L<sub>c</sub>)<sup>0.3</sup> = 3 × (90.2 × 45.1)<sup>0.3</sup> = 36.30 jam  
 W = 1000 × h × A = 1000 × 160 × 1502.008 = 240321280

$$\lambda = \frac{Q_p \times T_p}{W} = \frac{2484.47 \times 36.30}{240321280} = 0.0004$$

$$a = 1.32 \times \lambda^2 + 0.15 \times \lambda + 0.045 = 1.32 \times 1.35^2 + 0.15 \times 1.35 + 0.045 = 2.65$$

$$Q_p = 2.78 \times \frac{C_p \times A}{t_p} = 2.78 \times \frac{1.35 \times 1502.008 \times 16}{36.30} = 2484.47 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Untuk menggambar hidrograf satuan sintetik Snyder - Alexeyev, maka nilai dan persamaan yang digunakan adalah nilai yang dibutuhkan adalah

$$Q_p = 2484.47 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$T_p = 36.30 \text{ jam}$$

✎ **Persamaan Hidrograf :**

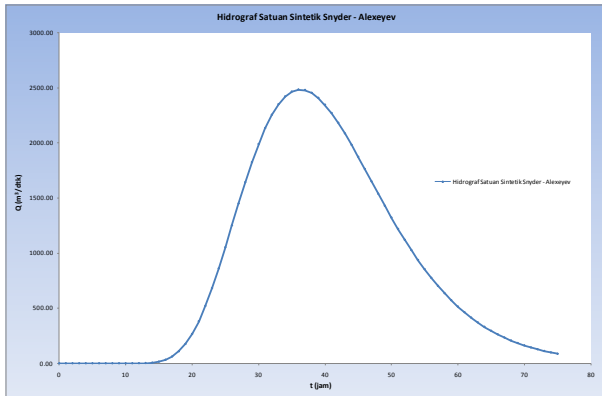
$$Q_t = Q_p \times 10^{-2.65} \times \frac{\left(1 - \frac{t}{t_p}\right)^2}{\frac{t}{t_p}} \quad (16)$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 11 kemudian dibuat grafik Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Alexeyev pada Gambar 8. Berdasarkan Studi JICA pada tahun 1984/1985 menyebutkan debit air maksimal yang bisa masuk ke Kali Brantas hanya sebesar 270 m<sup>3</sup>/dtk. Nilai inilah yang kemudian digunakan untuk menghitung volume tampungan yang dibutuhkan. Metode penentuan yang digunakan adalah metode Snyder – Alexeyev, dimana tampungan yang dibutuhkan harus bisa menampung debit air perhitungan diatas 270 m<sup>3</sup>/dtk. Volume tampungan adalah luas daerah pada grafik Snyder – Alexeyev dengan garis batas (daerah yang diarsir warna ungu) dimana debit yang diijinkan hanya 270 m<sup>3</sup>/dtk. Hasil perhitungan volume dapat dilihat pada Tabel 12 dan grafiknya dapat dilihat pada Gambar 9.

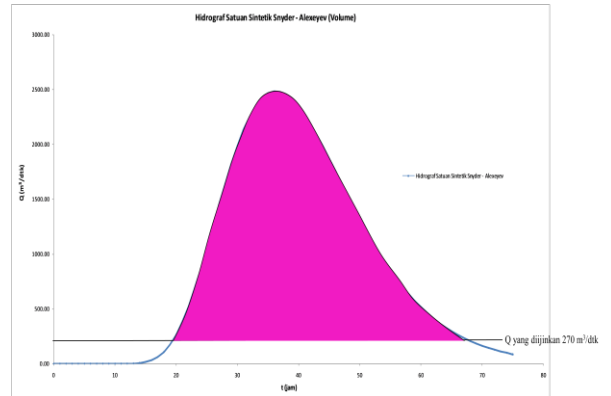
**Tabel 11. Hasil Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Alexeyev**

t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)
0	0.00	38	2.45E+03
1	2.63E-08	39	2.41E+03
2	2.81E-08	40	2.35E+03
3	2.56E-08	41	2.27E+03
4	2.25E-08	42	2.18E+03
5	1.23E-11	43	2.08E+03
6	1.67E-08	44	1.98E+03
7	2.76E-06	45	1.87E+03
8	1.22E-04	46	1.76E+03
9	2.23E-03	47	1.65E+03
10	2.21E-02	48	1.54E+03
11	1.40E-01	49	1.43E+03
12	6.35E-01	50	1.32E+03
13	2.22E+00	51	1.22E+03
14	6.33E+00	52	1.12E+03
15	1.54E+01	53	1.03E+03
16	3.27E+01	54	9.37E+02
17	6.24E+01	55	8.54E+02
18	1.09E+02	56	7.75E+02
19	1.76E+02	57	7.02E+02
20	2.66E+02	58	6.35E+02
21	3.81E+02	59	5.73E+02
22	5.21E+02	60	5.15E+02
23	6.82E+02	61	4.63E+02
24	8.61E+02	62	4.15E+02
25	1.05E+03	63	3.71E+02
26	1.25E+03	64	3.31E+02
27	1.45E+03	65	2.95E+02
28	1.64E+03	66	2.63E+02
29	1.82E+03	67	2.34E+02
30	1.99E+03	68	2.07E+02
31	2.13E+03	69	1.84E+02
32	2.25E+03	70	1.63E+02
33	2.35E+03	71	1.44E+02
34	2.42E+03	72	1.27E+02
35	2.46E+03	73	1.12E+02
36	2.48E+03	74	9.85E+01
37	2.48E+03	75	8.66E+01

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 8



Gambar 9

Gambar 8. Hidrograf Satuan Sintetik Snyder - Alexeyev

Gambar 9. Hidrograf Satuan Sintetik Snyder - Alexeyev Untuk Volume Tampungan

Tabel 12. Hasil Perhitungan Volume Hidrograf Satuan Sintetik Snyder - Alexeyev

t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	Q (m <sup>3</sup> /dtk)	ΔQ (m <sup>3</sup> /dtk)	t (dtk)	ΔV (m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )
21	3.81E+02	111.29				
22	5.21E+02	250.58	180.93	3600	651361.70	651361.70
23	6.82E+02	411.73	331.15	3600	1192146.28	1843507.98
24	8.61E+02	590.78	501.25	3600	1804502.16	3648010.14
25	1.05E+03	782.51	686.65	3600	2471922.22	6119932.36
26	1.25E+03	980.93	881.72	3600	3174198.37	9294130.73
27	1.45E+03	1179.69	1080.31	3600	3889108.19	13183238.92
28	1.64E+03	1372.58	1276.13	3600	4594083.54	17777322.46
29	1.82E+03	1553.91	1463.25	3600	5267690.80	23045013.26
30	1.99E+03	1718.76	1636.34	3600	5890814.58	28935827.84
31	2.13E+03	1863.18	1790.97	3600	6447495.62	35383323.46
32	2.25E+03	1984.28	1923.73	3600	6925421.16	42308744.62
33	2.35E+03	2080.22	2032.25	3600	7316100.25	49624844.86
34	2.42E+03	2150.21	2115.22	3600	7614776.84	57239621.70
35	2.46E+03	2194.32	2172.26	3600	7820142.95	65059764.65
36	2.48E+03	2213.41	2203.87	3600	7933914.37	72993679.02
37	2.48E+03	2208.99	2211.20	3600	7960326.17	80954005.19
38	2.45E+03	2183.01	2196.00	3600	7905596.61	88859601.80
39	2.41E+03	2137.77	2160.39	3600	7777397.42	96636999.22
40	2.35E+03	2075.76	2106.77	3600	7584358.71	104221357.94
41	2.27E+03	1999.58	2037.67	3600	7335626.97	111556984.91
42	2.18E+03	1911.80	1955.69	3600	7040486.74	118597471.65
43	2.08E+03	1814.90	1863.35	3600	6708050.20	125305521.84
44	1.98E+03	1711.22	1763.06	3600	6347013.80	131652535.65
45	1.87E+03	1602.93	1657.08	3600	5965478.00	137618013.65
46	1.76E+03	1491.97	1547.45	3600	5570823.43	143188837.08
47	1.65E+03	1380.05	1436.01	3600	5169636.21	148358473.29
48	1.54E+03	1268.66	1324.35	3600	4767674.14	153126147.43
49	1.43E+03	1159.05	1213.85	3600	4369866.07	157496013.50
50	1.32E+03	1052.25	1105.65	3600	3980336.76	161476350.27
51	1.22E+03	949.11	1000.68	3600	3602450.85	165078801.12
52	1.12E+03	850.26	899.69	3600	3238869.89	168317671.01
53	1.03E+03	756.19	803.23	3600	2891617.74	171209288.75
54	9.37E+02	667.23	711.71	3600	2562150.04	173771438.79
55	8.54E+02	583.57	625.40	3600	2251424.96	176022863.75
56	7.75E+02	505.31	544.44	3600	1959972.30	177982836.05
57	7.02E+02	432.45	468.88	3600	1687959.64	179670795.68
58	6.35E+02	364.92	398.68	3600	1435253.86	181106049.54
59	5.73E+02	302.57	333.74	3600	1201477.56	182307527.10
60	5.15E+02	245.24	273.91	3600	986059.75	183293586.85
61	4.63E+02	192.70	218.97	3600	788280.74	184081867.59
62	4.15E+02	144.70	168.70	3600	607311.38	184689178.97
63	3.71E+02	100.99	122.85	3600	442246.72	185131425.69
64	3.31E+02	61.30	81.15	3600	292134.58	185423560.27
65	2.95E+02	25.36	43.33	3600	155999.39	185579559.66
<b>Jumlah Volume</b>						<b>185,579,559.66 ~ 185.000.000</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 13. Rekapitulasi Hidrograf Satuan Sintetik

No.	Parameter	Jenis Hidrograf Satuan Sintetik			
		Nakayasu - Nakayasu	Nakayasu - Melchior	Snyder - Snyder	Snyder - Alexeyev
1.	Input Fisik DAS A = Luas DAS L = Panjang sungai	A = Luas DAS L = Panjang sungai I = Kemiringan rata-rata sungai	A = Luas DAS L = Panjang sungai L <sub>c</sub> = Jarak antara titik berat daerah pengaliran dengan rekayasa	A = Luas DAS L = Panjang sungai L <sub>c</sub> = Jarak antara titik berat daerah pengaliran dengan rekayasa	
2.	Input Non Fisik DAS R = Curah hujan α = 2 Untuk daerah pengaliran biasa α = 1.5 Untuk bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat α = 3 Untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat	R = Curah hujan	C <sub>p</sub> = 0.90 - 1.40 C <sub>t</sub> = 0.75 - 3.00	C <sub>p</sub> = 0.90 - 1.40 C <sub>t</sub> = 0.75 - 3.00	
3.	Debit Puncak (Q <sub>p</sub> )	$Q_p = \frac{6 \times A \times R_0}{3.6 (0.3 T_p + T_{2.5})}$	$Q_p = \alpha \times \beta q_{1.0} \times A$	$Q_p = 2.78 \frac{C_p A}{t_p}$	$Q_p = 2.78 \frac{C_p A}{t_p}$
4.	Waktu Puncak (T <sub>p</sub> )	$T_p = t_p + 0.3 t_r$	$T_p = \frac{0.386 \times L}{Q_p^{0.25} \times I^{0.5}}$	$T_p = C_t (L L_c)^{0.3}$	$T_p = C_t (L L_c)^{0.3}$
5.	Time Base (T <sub>b</sub> )	-	-	$T_b = 7.2 + 3 t_p$	-
6.	Bentuk Kurva	<p>4 Perannan</p> <p>Bagian Lengkung Naik</p> $Q_c = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{0.1}$	<p>4 Perannan</p> <p>Bagian Lengkung Naik</p> $Q_c = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{0.1}$	<p>2 Perannan</p> <p>Bagian Lengkung Naik</p> $Q_c = Q_p \times \left(\frac{t}{T_p}\right)$	<p>1 Perannan</p> $Q_c = Q_p \times 10^{-0.05} \times \left(\frac{1 - \frac{t}{T_p}}{\frac{t}{T_p}}\right)^2$
		<p>Bagian Lengkung Turun</p> $Q_c > 0.3 Q_p$	<p>Bagian Lengkung Turun</p> $Q_c > 0.3 Q_p$	<p>Bagian Lengkung Turun</p> $T_b = 7.2 + 3 t_p$	
		$Q_c = Q_p \times 0.3 \frac{t - T_p}{T_{2.5}}$	$Q_c = Q_p \times 0.3 \frac{t - T_p}{T_{2.5}}$	$Q_c = Q_p \times \left(1 - \frac{t - T_p}{T_b - T_p}\right)$	
		<p>Bagian Lengkung Turun</p> $0.3 Q_p > Q_c > 0.09 Q_p$	<p>Bagian Lengkung Turun</p> $0.3 Q_p > Q_c > 0.09 Q_p$		
		$Q_c = Q_p \times 0.3 \frac{2 - \frac{T_p + 0.5 \times T_{2.5}}{2 \times T_{2.5}}}{2 \times T_{2.5}}$	$Q_c = Q_p \times 0.3 \frac{2 - \frac{T_p + 0.5 \times T_{2.5}}{2 \times T_{2.5}}}{2 \times T_{2.5}}$		
		<p>Bagian Lengkung Turun</p> $0.09 Q_p > Q_c$	<p>Bagian Lengkung Turun</p> $0.09 Q_p > Q_c$		
		$Q_c = Q_p \times 0.3 \frac{2 - \frac{T_p + 0.5 \times T_{2.5}}{2 \times T_{2.5}}}{2 \times T_{2.5}}$	$Q_c = Q_p \times 0.3 \frac{2 - \frac{T_p + 0.5 \times T_{2.5}}{2 \times T_{2.5}}}{2 \times T_{2.5}}$		

Tabel 14. Rekapitulasi Hidrograf Satuan Sintetik Untuk Volume Tampung

No	Jenis Hidrograf	Nilai Maksimum		ΔV (m <sup>3</sup> )
		Q <sub>p</sub>	T <sub>p</sub>	
1.	Nakayasu - Nakayasu	3428.79	7.88	113.000.000
2.	Nakayasu - Melchior	672.89	38	13.200.000
3.	Snyder - Snyder	2484.47	36.30	641.150.000
4.	Snyder - Alexeyev	2484.47	36.30	185.000.000

Dalam penelitian ini dilakukan analisis hidrologi dengan pendekatan Hidrograf Satuan Sintetik untuk menghitung perkiraan volume tampungan yang dibutuhkan oleh Kali Widias. Metoda pendekatan yang dilakukan terdiri dari empat metode yaitu Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Nakayasu dengan volume tampungan 113 juta m<sup>3</sup>, Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Melchior dengan volume tampungan 13.2 juta m<sup>3</sup>, Hidrograf Satuan Sintetik Snyder - Snyder dengan volume tampungan 641.15 juta m<sup>3</sup>, Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Alexeyev dengan volume tampungan 185 juta m<sup>3</sup>. Hasil studi JICA tahun 1985 dijadikan sebagai pembandingan volume tampungan minimal, maka metoda yang bisa digunakan untuk merevisi usulan tersebut adalah Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Nakayasu, Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Snyder dan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Alexeyev.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan dalam kajian ini maka dapat disimpulkan :



1. Analisa perhitungan debit banjir rancangan menggunakan pendekatan 4 (empat) macam hidrograf yaitu : Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Nakayasu, Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Melchior, Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Snyder, dan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Alexeyev.
2. Hasil perhitungan volume tampungan untuk Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Nakayasu diperoleh adalah 113 juta m<sup>3</sup>, Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Melchior diperoleh adalah 13.2 juta m<sup>3</sup>, Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Snyder diperoleh adalah 641.15 juta m<sup>3</sup>, dan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Alexeyev adalah 185 juta m<sup>3</sup>.
3. Volume tampungan yang diusulkan oleh JICA pada tahun 1985 adalah sebesar 24 juta m<sup>3</sup>. Namun volume tampungan yang ada saat ini dirasa sudah tidak cukup lagi, karena banjir masih terus terjadi hingga saat ini. Sehingga dirasa perlu untuk memperkirakan ulang volume tampungan yang sudah ada.
4. Hasil studi JICA tahun 1985 dapat dijadikan sebagai pembanding volume tampungan minimal, maka metoda yang bisa digunakan untuk merevisi usulan tersebut adalah Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu – Nakayasu, Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Snyder dan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Alexeyev.
5. Usulan *retarding basin* (3 lokasi) yang direncanakan dalam studi JICA perlu dipertimbangkan implementasinya karena lokasi tersebut telah berkembang menjadi daerah pertanian dengan nilai ekonomi yang cukup tinggi yaitu komoditi bawang merah dan buah melon.

### Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kelemahan yang dapat diperbaiki maupun dikembangkan dalam penelitian selanjutnya, antara lain sebagai berikut :

1. Hasil studi JICA (1985) masih digunakan hingga saat ini dan sistem yang direncanakan masih cukup efektif, sehingga hasil kegiatan tersebut akan menjadi acuan dalam pekerjaan-pekerjaan sistem penanggulangan banjir pada Kali Widas yang akan datang yang belum dapat terealisasi pada saat ini.
2. Untuk mengetahui kelayakan dari alternatif metode pengendalian banjir tersebut diperlukan pengkajian yang lebih detail terhadap kerugian banjir termasuk kerugian yang bersifat *intangibile* dan keuntungan lain yang ditimbulkan oleh adanya alternatif pengendalian banjir tersebut serta kajian terhadap pengaruh pembangunan pengendalian banjir terhadap aspek lain seperti aspek lingkungan dan aspek sosial.

### DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Wilayah Besar Sungai Brantas, 2010. *Pola Pengelolaan Balai Besar Wilayah Sungai Brantas*, Surabaya
- JICA. March 1982. *The Widas Irrigation Project For Dam and Appurtenant Structure*. Volume II. Site Design Modification. Japan
- JICA. March 1982. *The Widas Irrigation Project For Dam and Appurtenant Structure*. Volume III. Foundation Inspection Report. Japan
- JICA, 1985. *Widas Flood Control and Drainage Project*. Japan
- Kodoatie, R. J dan Sugiyanto. 2002. *Banjir (Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan)*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta
- Loebis, J. 2008. *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*. Yayasan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta
- Majdi, Abdul Ghoni, 2010, *Kajian Pengendalian Banjir Sungai Cipunagara di Kabupaten Subang Provinsi Jawa Barat*, Tesis : Program Magister Profesional Sumberdaya Air ITB, Bandung
- Natakusumah, D. K., Hatmoko, W., Harlan, D., 2011. *Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya*, Jurnal Teknik Sipil ITB, Bandung
- Pemerintah Republik Indonesia, 2007. *Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air*. Jakarta
- Soemarto, C. D. 1999. *Hidologi Teknik*. Usaha Nasional, Surabaya
- Suripin, Dr. Ir. M.Eng., 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta