

ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN REHABILITASI SITU SIDOMUKTI

Edy Sriyono

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 57 Yogyakarta 55231
E-mail : edysriyono@gmail.com

ABSTRACT

Sedimentation and hoarding by people has made the Situ Sidomukti shallow. Beside that, illegal occupancy has made change of land function to housing and agriculture. The purpose of the analysis of the Situ Sidomukti flood discharge rehabilitation design is primarily to evaluate several hydrological parameters, such as designated rainfall (intensity, duration, and frequency/IDF rain), time of concentration, run-off coefficient, recharge area, and flood discharge design. While the purpose of the flood discharge design analysis was to estimate of the flood discharge design at various timing (2, 5, 10, 25, 50, 100, and 1000 years), including its hydrographic form.

Due to the unavailability of data flow and considerably small data of recharge area, the analysis was conducted by using a rational equation: $Q = C \cdot I \cdot A$, where Q is the discharge, C is the run-off coefficient, I is the rainfall intensity, whereas A is the recharge area. The flood discharge design parameters are the designated rainfall (intensity, duration, and frequency/IDF rain), time of concentration, run-off coefficient, and recharge area.

According to the parameter above, Situ Sidomukti flood discharge time of occurrence for 2, 5, 10, 25, 50, 100, and 1000 years are 20,72 m³/sec, 23,76 m³/sec, 25,35 m³/sec, 27,05 m³/sec, 28,14 m³/sec, 29,13 m³/sec, and 31,89 m³/sec respectively with triangle hydrographic form and the length of concentration time was 2,7 hours. These values should be evaluated against existing volume/channel.

Keywords : Discharge, run-off coefficient, rainfall intensity, recharge area, return period.

PENDAHULUAN

Situ merupakan daerah cekungan yang dapat menampung air dan bisa juga merupakan bagian dari sungai yang melebar, selain berfungsi sebagai sumber air, situ juga berfungsi sebagai pengendali banjir, kekeringan serta berfungsi sebagai resapan untuk meningkatkan ketersediaan air tanah. Situ juga memiliki manfaat lain yaitu untuk perikanan, pariwisata dan lain-lain, sehingga keberadaan situ tersebut bila dikelola dengan baik akan dapat memberikan nilai tambah bagi daerah sekitar.

Situ Sidomukti berada di Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane, Kelurahan Sukmajaya, Kecamatan Sukmajaya, Kota Depok, Propinsi Jawa Barat. Kondisi situ saat ini sangat memprihatinkan dimana banyak terjadi pendangkalan akibat sedimentasi, penimbunan oleh masyarakat yang tidak tahu bahkan tidak mengerti akan keberadaan dan fungsi dari situ

itu sendiri. Hal ini diperparah lagi dengan adanya penyerobotan atas lahan situ tersebut sehingga terjadi alih fungsi menjadi perumahan atau lahan pertanian, disamping tidak jelasnya pengelola dari situ tersebut. Bila keadaan ini dibiarkan berlarut-larut, keberadaan situ akan semakin terancam kelestarian dan berakibat pada berkurangnya daya tampung situ, sehingga air yang meresap ke dalam tanah lambat laun akan berkurang, suatu saat akan terjadi kritis air/kekeringan pada musim kemarau artinya persediaan air tanah akan semakin berkurang. Oleh karena itu Situ Sidomukti perlu direhabilitasi.

Maksud analisis debit banjir rancangan rehabilitasi Situ Sidomukti terutama untuk mengevaluasi beberapa parameter hidrologi, antara lain meliputi hujan rancangan (intensitas, durasi dan frekuensi/IDF hujan), waktu konsentrasi, koefisien aliran (*run-off*),

luas daerah tangkapan air (DAS), dan debit banjir rancangan.

Adapun tujuan analisis debit banjir rancangan adalah untuk mengevaluasi besarnya debit banjir rancangan pada berbagai kala ulang (2, 5, 10, 25, 50, 100, dan 1000 tahun), termasuk bentuk hidrografnya. Angka ini menjadi input untuk evaluasi saluran yang ada dan volume yang dapat tertampung pada situ.

METODE ANALISIS

Oleh karena tidak tersedia data aliran dan luas daerah tangkapan air (DAS) yang kecil, analisis debit banjir rancangan dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional. Parameter debit banjir rancangan adalah hujan rancangan (intensitas, durasi dan frekuensi hujan/IDF), waktu konsentrasi, koefisien aliran (*run-off*), dan luas daerah tangkapan air (DAS).

Analisis Hujan Rancangan

Penentuan hujan rancangan dilakukan dengan cara statistik yaitu dengan analisis frekuensi. Analisis frekuensi dimaksudkan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Kejadian ekstrim adalah hujan ekstrim yaitu hujan harian maksimum setiap tahun yang diukur dalam beberapa tahun.

Analisis frekuensi merupakan suatu prosedur untuk memperkirakan frekuensi dari suatu kejadian pada masa lalu atau masa yang akan datang. Analisis frekuensi digunakan untuk menentukan hujan rancangan dalam berbagai kala ulang berdasarkan distribusi yang paling sesuai antara distribusi hujan secara teoritik dengan distribusi hujan secara empirik. Hujan rancangan ini digunakan untuk menentukan intensitas hujan.

Kala ulang adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Kala ulang T tahun, misal T = 50 tahun, hujan yang diperkirakan adalah hujan 50 tahunan, mengandung pengertian bahwa hujan tersebut diharapkan disamai atau dilampaui rata-rata satu kali dalam 50 tahun. Hal ini tidak berarti bahwa hujan 50 tahunan hanya akan terjadi satu kali dalam periode 50 tahun yang berurutan, melainkan diperkirakan bahwa hujan tersebut

jika dilampaui k kali dalam periode panjang M tahun akan mempunyai nilai k/M yang kira-kira sama dengan 1/50.

Probabilitas bahwa suatu kejadian akan menyamai atau lebih besar dari suatu nilai tertentu (hujan dengan kala ulang T) atau dengan kata lain probabilitas bahwa suatu kejadian atau peristiwa akan terjadi dalam satu tahun ditentukan dengan 1/T.

Langkah-langkah analisis frekuensi adalah sebagai berikut (Harto, 1993) :

1. Menentukan hujan harian maksimum rerata untuk tiap-tiap tahun data.
2. Menghitung parameter statistik dari data yang telah diurutkan dari besar ke kecil, yaitu: *Mean, Standard Deviation, Coefficient of Variation, Coefficient of Skewness, Coefficient of kurtosis.*
3. Menentukan jenis distribusi yang sesuai berdasarkan parameter statistik yang ada. Sifat-sifat khas dari setiap macam distribusi frekuensi adalah sebagai berikut.
 - a. Distribusi Normal, dengan ciri khas adalah :
 - 1) Skewness (Cs) $\cong 0,00$
 - 2) Kurtosis (Ck) $= 3,00$
 - 3) Prob $X \leq (\bar{X} - S) = 15,87 \%$
 - 4) Prob $X \leq \bar{X} = 50,00 \%$
 - 5) Prob $X \leq (\bar{X} + S) = 84,14 \%$
 - b. Distribusi Log Normal, dengan ciri khas adalah :
 - 1) $Cs \cong 3 Cv$
 - 2) $Cs > 0$
 - c. Distribusi Gumbel, dengan ciri khas adalah :
 - 1) $Cs \cong 1,396$
 - 2) $Ck \cong 5,4002$
 - d. Distribusi Pearson III, dengan ciri khas adalah :
 - 1) Jika tidak menunjukkan sifat-sifat seperti pada ketiga distribusi di atas,
 - 2) Garis teoritik probabilitasnya berupa garis lengkung.
4. Berdasarkan jenis distribusi terpilih dihitung besaran hujan rancangan untuk kala ulang tertentu. Secara umum, persamaan garis teoritik probabilitas untuk analisis frekuensi dapat dinyatakan dengan rumus sederhana sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

X_T = hujan rancangan dengan kala ulang T tahun, dengan T adalah 2, 5, 10, 20, 50, 100, tahun
 \bar{X} = besaran rata-rata,

S = simpangan baku,
 K_T = faktor frekuensi untuk kala ulang T tahun (Tabel 1 dan Tabel 2)

Tabel 1. Faktor Frekuensi K_T untuk Distribusi Gumbel

Probabilitas terlampaui	0.5	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Kala Ulang	2	5	10	20	50	100
Faktor frekuensi n = 14	-0,142	0,985	1,732	2,448	3,374	4,069

Tabel 2. Faktor Frekuensi K_T untuk Distribusi Pearson III

Probabilitas terlampaui	0.5	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Kala Ulang	2	5	10	20	50	100
Faktor frekuensi $\gamma = 1,2$	-0,195	0,733	1,340	1,910	2,626	3,149

Intensitas, Durasi, dan Frekuensi (IDF) Hujan

Intensitas hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut terkonsentrasi (Loebis, 1992), dengan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan mm/jam. Durasi adalah lamanya suatu kejadian hujan. Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak sangat luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang.

Harto (1993) menyebutkan bahwa analisis IDF memerlukan analisis frekuensi dengan menggunakan seri data yang diperoleh dari rekaman data hujan. Jika tidak tersedia waktu untuk mengamati besarnya intensitas hujan atau disebabkan oleh karena alatnya tidak ada, dapat ditempuh cara-cara empiris dengan mempergunakan rumus-rumus eksperimental seperti rumus Tallbot, Mononobe, Sherman dan Ishigura (Sosrodarsono dan Takeda, 1981).

Menurut Loebis (1992) intensitas hujan (mm/jam) dapat diturunkan dari data hujan harian (mm) secara empirik menggunakan metode Mononobe sebagai berikut :

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

dengan :

- I = intensitas curah hujan (mm/jam);
- T = lamanya curah hujan (jam);
- R_{24} = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

Penentuan Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai tempat keluaran (titik kontrol). Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi maka setiap bagian daerah aliran secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah formula yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) dalam Triatmodjo (2009), yaitu:

$$t_c = 0,06628.L^{0,77} S^{-0,385} \dots\dots (3)$$

dengan :

- t_c = waktu konsentrasi (jam)
- L = panjang saluran dari hulu sampai titik kontrol (km)
- S = kemiringan rata-rata saluran (m/m)

Perhitungan Koefisien Aliran (Run Off)

Koefisien aliran (*run off*) dihitung berdasarkan berdasarkan tata guna lahan dan kemiringan lahan. Koefisien aliran (*run off*) ditentukan dengan mengacu pada Tabel 3.

Analisis Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan dihitung berdasarkan hubungan antara hujan dan aliran. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan debit banjir rancangan adalah Metode Rasional. Metode ini banyak digunakan untuk analisis debit banjir rancangan dengan daerah pengaliran yang relatif sempit. Rumus rasional ini berorientasi pada hitungan debit puncak.

Bentuk umum rumus rasional adalah :

$$Q_T = 0,278 C I_{t_c,T} A \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

- Q_T = debit puncak (m^3/det) untuk kala ulang T tahun
- C = koefisien aliran (*run off*), yang dipengaruhi kondisi tata guna lahan pada daerah tangkapan air (DAS)
- $I_{t_c,T}$ = intensitas hujan rata-rata (mm/jam) untuk waktu konsentrasi (t_c) dan kala ulang T tahun
- A = luas daerah tangkapan air/DAS (km^2)

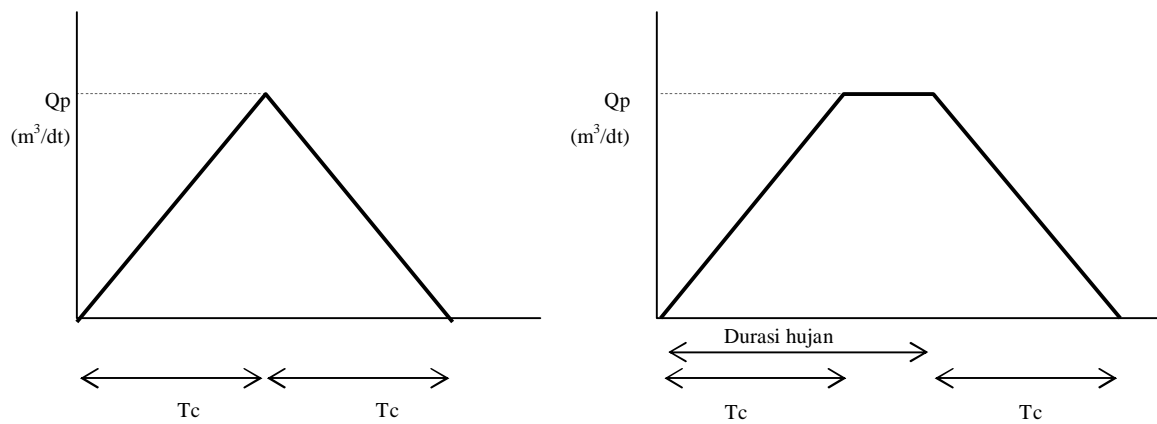
Tabel 3. Perkiraan Koefisien Run Off

Kawasan	Tata Guna Lahan	Pengaliran
Perkotaan	Kawasan Pemukiman :	
	- Kepadatan rendah	0,25 – 0,40
	- Kepadatan sedang	0,40 – 0,70
	- Kepadatan tinggi	0,70 – 0,80
	- Dengan sumur peresapan	0,20 – 0,30
	Kawasan Perdagangan	0,90 – 0,95
	Kawasan industri	0,80 – 0,90
Pedesaan	Taman, jalur hijau, kebun, dll	0,20 – 0,30
	Perbukitan, kemiringan < 20 %	0,40 – 0,60
	Kawasan jurang, kemiringan > 20%	0,50 – 0,60
	Lahan dengan terasering	0,25 – 0,35
	Persawahan	0,45 – 0,55

Sumber : Hindarko, 2000

Hidrograf debit banjir rancangan dengan metoda rasional dapat disajikan dengan pendekatan bentuk segitiga, dengan ordinat adalah debit banjir (m^3/dt), absis adalah durasi (jam). Debit puncak terletak pada durasi banjir sama dengan waktu konsentrasi. Waktu dasar sangat dipengaruhi

oleh durasi hujan, apabila durasi hujan lebih pendek daripada waktu konsentarsi, maka waktu dasar sama dengan dua kali waktu konsentrasi. Apabila durasi hujan lebih panjang dari waktu konsentrasi maka waktu dasar sama dengan durasi ditambah waktu konsentrasi.



a. Durasi hujan < waktu konsentrasi (T_c) b. Durasi hujan > waktu konsentrasi (T_c)

Gambar 1. Tipikal Hidrograf Metoda Rasional

Untuk analisis debit maksimal maka sedikitnya $T = T_c$, maka dapat digunakan bentuk segitiga untuk analisis kapasitas saluran, sedangkan untuk analisis volume harus ada analisis yang lebih dalam untuk menentukan nilai T .

DATA TERSEDIA

Untuk melakukan analisis debit banjir rancangan rehabilitasi Situ Sidomukti ini

memerlukan beberapa macam data meliputi data hujan, tata guna lahan, peta geologi, dan data topografi.

Data Hujan

Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum di stasiun Depok selama 15 tahun (1996-2010) yang diperoleh dari Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Ciliwung Cisadane, Dinas PSDA Provinsi Jawa Barat, disajikan pada Tabel 4.

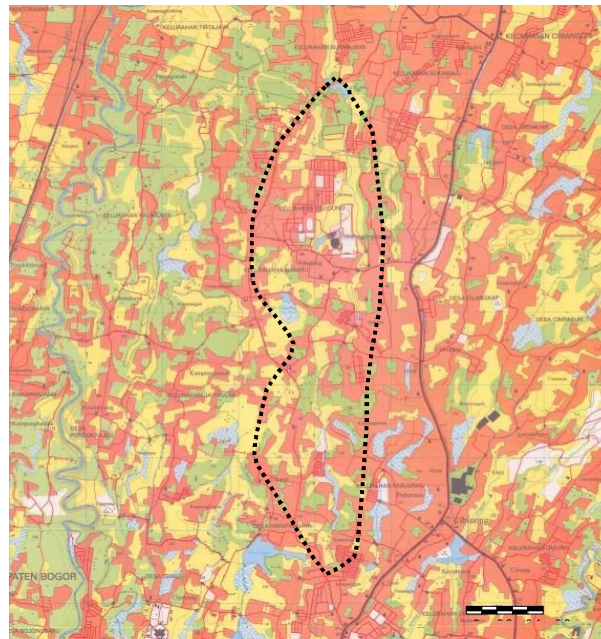
Tabel 4. Ketersediaan Data Curah Hujan Stasiun Depok 1996 – 2010

Tahun	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Data Hujan Maks Tahunan (mm)	99	76	126	82	82	118	117	112	105	89	92	72	79	105	95

Data Peta Topografi

Berdasarkan peta topografi yang diperoleh dari Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional) adalah Peta Rupa Bumi Indonesia dengan skala 1 : 25.000 dalam format cetakan/*hard copy*, dengan nomor lembar Lembar No. 1209 - 421 Cibinong, dapat dianalisis luas daerah

tangkapan air situ. Batas daerah tangkapan air ditentukan dengan membuat garis yang menghubungkan punggung yang membatasi daerah tangkapan air situ. Selanjutnya dengan mengukur luas areal di dalam batas daerah tangkapan air diperoleh luas daerah tangkapan air situ. Gambar Daerah Tangkapan Air Situ Sidomukti dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Daerah Tangkapan Air Situ Sidomukti

Berdasarkan pengukuran peta secara planimetris, luas daerah tangkapan air Situ Sidomukti adalah seluas 8,201 km².

Data Peta Geologi dan Tata Guna Lahan

Data geologi diperoleh dari Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan

Seribu, Jawa, sedangkan data tata guna lahan diolah dari Peta Rupa Bumi Indonesia. Tata guna lahan pada daerah tangkapan air Situ Sidomukti sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Luas Daerah Tangkapan Air Situ Menurut Tata Guna Lahan

No.	Jenis Penggunaan Lahan	Luas (km ²)	Prosen
1	Pemukiman	4.069	49.59 %
2	Kebun	1.250	15.24 %
3	Tegalan + lahan tidur	2.436	29.69 %
4	Sawah	0.374	4.56 %
5	Situ	0.075	0.91 %
Luas DAS (km ²)		8.2051	100.00 %

HASIL ANALISIS

Hasil Analisis Frekuensi Hujan Rancangan

Parameter Statistik hasil Analisis Frekuensi DAS Situ Sidomukti sebagai berikut :

Jumlah Data = 15
 Nilai Rerata (Mean) = 96.600

Standar Deviasi = 16.839
 Koefisien Skewness = 0.219
 Koefisien Kurtosis = -1.127
 Koefisien Variasi = 0.174
 Nilai Tengah = 95.000

Tabel 6. Tabel Hasil Uji Fitting Distribusi

Distribusi	Chi-Square Test		Smirnov-Kolmogorov Test
	Chi Kuadrat	Chi Kuadrat Kritik	Nilai Delta Max.
Normal	2,667	5,991	0,120
Log Normal	3,333	5,991	0.116
Gumbel	3,333	5,991	0.131
Log Pearson III	3,333	3,841	0.116
			DKritik = 0,34

Berdasarkan hasil uji fitting distribusi hujan harian maksimum, jenis distribusi terbaik untuk menghitung nilai hujan harian

rancangan DAS Situ Sidomukti adalah Distribusi Normal. Selanjutnya hasil analisis hujan rancangan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Hujan Rancangan

Kala Ulang (tahun)	Probabilitas Terlampaui	Hujan Rancangan (mm)
2	0.5	96.600
5	0.2	110.772
10	0.1	118.180
25	0.04	126.079
50	0.02	131.183
100	0.01	135.773
1000	0.001	148.636

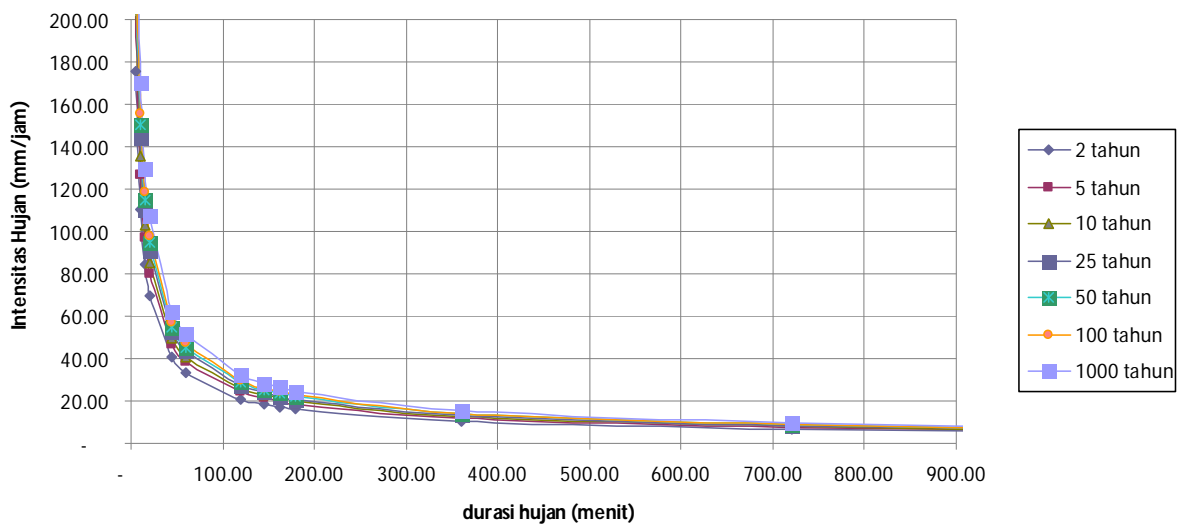
Hasil Analisis Frekuensi Hujan Rancangan

Hasil analisis frekuensi hujan rancangan disajikan dalam Tabel 8 dan grafik

Intensitas Hujan berdasarkan rumus *Mononobe* dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 8. Hasil Analisis Intensitas Hujan (IDF)

T (menit)	Kala Ulang (tahun)						
	2	5	10	25	50	100	1000
5	175.53	201.29	214.75	229.10	238.37	46.72	270.09
10	110.58	126.80	135.28	144.32	150.17	155.42	170.15
15	84.39	96.77	103.24	110.14	114.60	118.61	129.85
20	69.66	79.88	85.22	90.92	94.60	97.91	107.18
45	40.57	46.52	49.63	52.95	55.09	57.02	62.42
60	33.49	38.40	40.97	43.71	45.48	47.07	51.53
120	21.10	24.19	25.81	27.54	28.65	29.65	32.46
146	18.51	21.23	22.65	24.16	25.14	26.02	28.48
162	17.27	19.81	21.13	22.54	23.45	24.28	26.58
180	16.10	18.46	19.70	21.01	21.86	22.63	24.77
360	10.14	11.63	12.41	13.24	13.77	14.26	15.61
720	6.39	7.33	7.82	8.34	8.68	8.98	9.83
1080	4.88	5.59	5.97	6.36	6.62	6.85	7.50
1440	4.03	4.62	4.92	5.25	5.47	5.66	6.19



Penentuan Waktu Konsentrasi

$$t_c = 0,06628.L^{0.77} S^{-0.385}$$

Dengan parameter panjang saluran (L) sebesar 6,85 km dan kemiringan saluran sebesar (S) 0,00407 diperoleh waktu

konsentrasi (Tc) sebesar 2,7 Jam atau 146 menit.

Perhitungan Koefisien Run Off

Koefisien run off gabungan dihitung berdasarkan luas masing-masing jenis tata guna lahan sebagaimana terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Analisis Koefisien Run Off Gabungan

No.	Jenis Tata Guna Lahan	Luas (km ²)	Koef. Run Off	Koef. Run Off Gabungan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (3)x(4)
1	Pemukiman	4.069	0,70	2.85
2	Kebun	1.250	0,30	0.38
3	Tegalan + lahan tidur	2.436	0,25	0.61
4	Sawah	0.374	0,50	0.18
5	Situ	0.075	0,10	0.01
Luas DAS (km ²)		8.2051		4.03
Koefisien Run-Off Gabungan				0,49

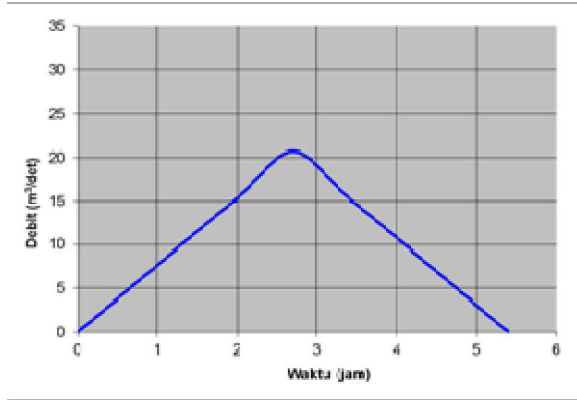
Tabel 10. Debit Banjir Rancangan

No	Kala Ulang	P	I (mm/jam)	Q (m ³ /s)
1	2	0.5	18.51	20.72
2	5	0.2	21.23	23.76
3	10	0.1	22.65	25.35
4	25	0.04	24.16	27.05
5	50	0.02	25.14	28.14
6	100	0.01	26.02	29.13
7	1000	0.001	28.48	31.89

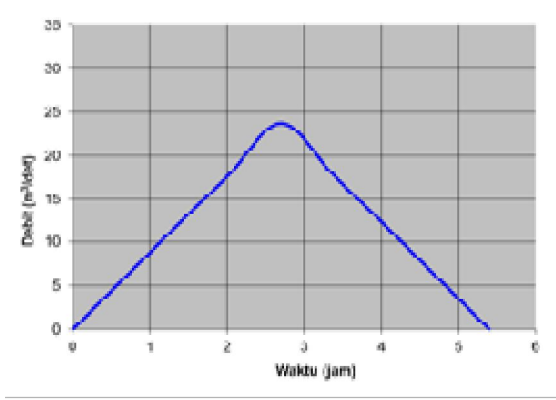
Hasil Analisis Banjir Rancangan

Berdasarkan hasil analisis intensitas hujan IDF, waktu konsentrasi, luas DAS dan

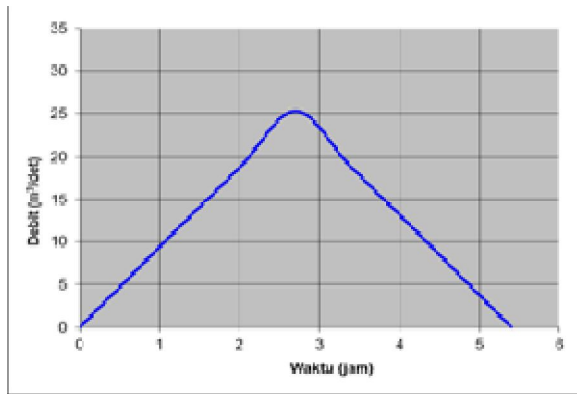
koefisien *run off* gabungan dapat dihitung debit banjir rancangan sebagaimana terlihat pada Tabel 10.



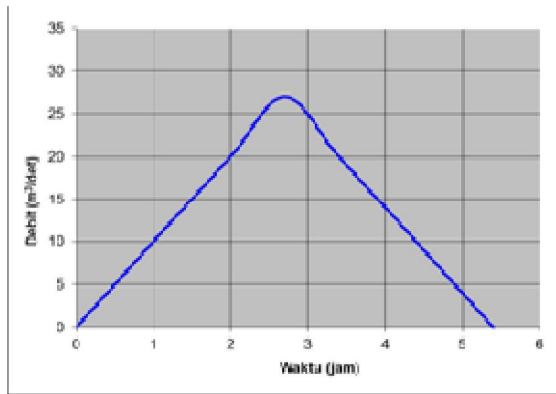
Gambar 4. Hidrograf Banjir Rancangan Kala Ulang 2 tahun



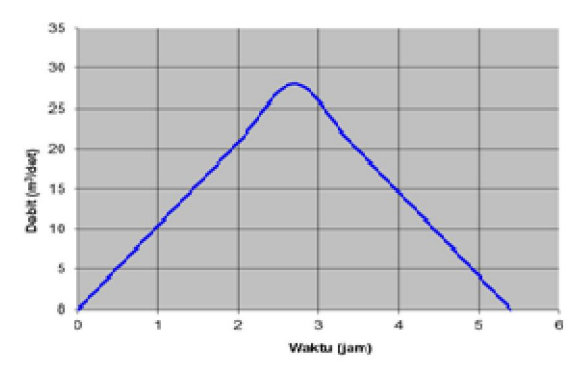
Gambar 5. Hidrograf Banjir Rancangan Kala Ulang 5 Tahun



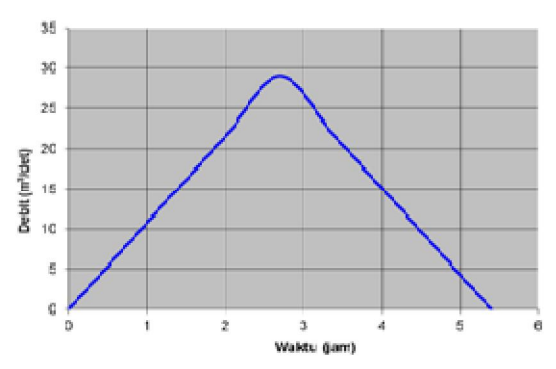
Gambar 6. Hidrograf Banjir Rancangan Kala Ulang 10 Tahun



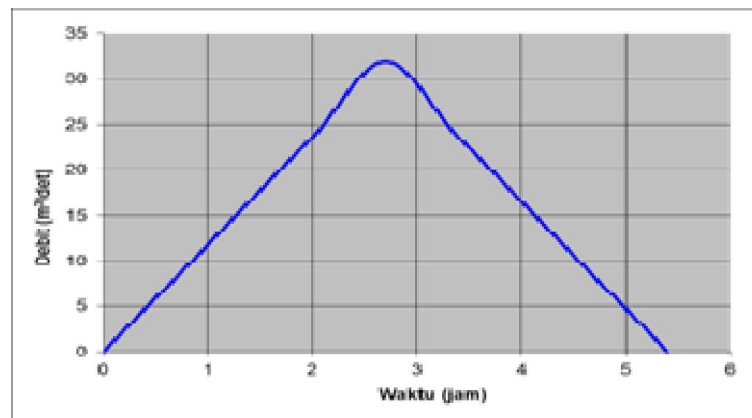
Gambar 7. Hidrograf Banjir Rancangan Kala Ulang 25 Tahun



Gambar 8. Hidrograf Banjir Rancangan Kala Ulang 50 Tahun



Gambar 9. Hidrograf Banjir Rancangan Kala Ulang 100 Tahun



Gambar 10. Hidrograf Banjir Rancangan PMF

KESIMPULAN

Oleh karena tidak tersedia data aliran dan luas daerah tangkapan air (DAS) yang kecil, analisis debit banjir rancangan dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional. Parameter debit banjir rancangan adalah hujan rancangan (intensitas, durasi dan frekuensi/IDF hujan, waktu konsentrasi, koefisien aliran (*run-off*), dan luas daerah tangkapan air (DAS).

Berdasarkan hasil analisis debit banjir rancangan rehabilitasi Situ Sidomukti untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 dan 1000 tahun berturut-turut adalah 20,72 m³/det; 23,76 m³/det; 25,35 m³/det; 27,05 m³/det; 28,14 m³/det; 29,13 m³/det; dan 31,89 m³/det dengan bentuk hidrograf segitiga dan waktu konsentrasi sebesar 2,7 jam.

Hasil analisis ini akan diperlukan dalam analisis saluran existing dan pengisian (volume) situ.

DAFTAR PUSTAKA

- Harto, S., 1993, **Analisis Hidrologi**, Iwan Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hindarko, 2000, **Drainase Perkotaan**, Penerbit ES-HA, Jakarta.
- Loebis, J., 1992, **Banjir Rencana Untuk Bangunan Air**, Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Loftin, M. K., 2004, **Standard Handbook For Civil Engineers (Water Resources Engineering)**, McGraw-Hill (www.digitalengineeringlibrary.com).
- Mawardi, E., 2007, **Desain Hidraulik Bangunan Irigasi**, Penerbit Alfabeta, Bandung.
- Mawardi, E. dan Memed, M., 2004, **Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknis**, Penerbit Alfabeta, Bandung.
- Triatmodjo, B., 2009, **Hidrologi Terapan**, Beta Offset, Yogyakarta.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K., 1981, **Bendungan Type Urugan**, Pradnya Paramita, Jakarta.