

ANALISIS LUAS DAERAH TANGKAPAN AIR DAN DEBIT BANJIR RENCANA DI KM 63+100 SAMPAI 63+200 ANTARA STASIUN RANDUBLATUNG DAN STASIUN DOPLANG DAOP 4 SEMARANG PT KERETA API INDONESIA (PERSERO)

Dicky Arisikam¹⁾, Heru Kuswanto²⁾, Muhammad Arifudin³⁾, Felicitas Cidandra Christy⁴⁾

^{1) 2) 3)}Direktorat Prasarana, PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

⁴⁾Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada

Email : dicky.arisikam@kai.id¹⁾, heru.kuswanto@kai.id²⁾, muhammad.arifudin@kai.id³⁾, felicitasc9@gmail.com⁴⁾

Abstrak

Kereta api adalah salah satu moda transportasi darat yang berperan penting dalam pergerakan manusia, bukan hanya pergerakan manusia saja melainkan dalam mendistribusikan barang. Kereta api disebut sebagai moda transportasi teraman karena memiliki jalur *track* sendiri. Namun, ada beberapa kendala yang menghambat operasional kereta api, salah satunya adalah bencana alam.

Pada bulan Juni 2022 telah terjadi tanah longsor di jalur kereta api Km. 63+100 s.d 63+200 antara Stasiun Doplang dan Stasiun Randublatung, Daop 4 Semarang. Salah satu penyebab terjadinya longsor ialah gerusan (*scouring*) di tikungan sungai. Pada daerah tikungan luar sungai yang kecepatan alirannya relatif tinggi, terjadi erosi yang menggerus badan sungai.

Oleh karena itu, dengan bantuan *software* ArcGIS 10.5, didapatkan luas daerah tangkapan air (*Catchment Area*) sebesar 112,876 km² yang menjadi salah satu parameter untuk menghitung besarnya debit banjir. Dengan menggunakan metode Nakayasu, didapatkan debit banjir periode ulang 25 tahun di wilayah permasalahan sebesar 353,3 m³/s.

Kata kunci: kereta api, tanah longsor, *catchment area*, debit banjir

Abstract

Train is one of the modes of land transportation that plays an important role in the movement of

people, not only in the movement of people but in distributing goods. The train is called the safest mode of transportation because it has its own track. However, there are several obstacles that obstruct train operations, which is natural disasters.

In June 2022 there was a landslide on the Km. 63+100 up to Km. 63+200 between Doplang Station and Randublatung Station, Daop 4 Semarang. One of the causes of landslides is scouring at river bends. In the outer bend area of the river where the flow velocity is relatively high, erosion occurs which erodes the river body.

Therefore, with the help of ArcGIS 10.5 software, the catchment area is 112.876 km² (calculated), which is one of the parameters to calculate the amount of flood discharge. By using the Nakayasu method, the 25 years return period flood discharge at the problem area is 353.3 m³/s.

Keywords: train, landslide, catchment area, flood discharge.

I. PENDAHULUAN

Kereta api adalah salah satu moda transportasi darat yang berperan penting dalam pergerakan manusia, bukan hanya pergerakan manusia saja melainkan dalam mendistribusikan barang. Kereta api disebut sebagai moda transportasi teraman karena memiliki jalur *track* sendiri. Namun, ada beberapa kendala yang tak terhindarkan dan dapat menghambat operasional kereta api, yaitu bencana alam.

Tanah longsor merupakan perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan dan tanah yang bergerak ke bawah atau keluar lereng. Tanah dengan kemiringan apabila terpicu oleh air akan menyebabkan lereng menjadi tidak stabil sehingga terjadilah longsor.

Pada bulan Juni 2022 telah terjadi tanah longsor di jalur kereta api Km. 63+100 s.d 63+200 antara Stasiun Doplang dan Stasiun Randublatung, Daop 4 Semarang. Salah satu penyebab terjadinya longsor ialah gerusan (*scouring*) di tikungan sungai.

Pada daerah tikungan luar sungai yang kecepatan alirannya relatif tinggi, terjadi gerusan yang menyebabkan erosi di sekitar kaki sungai. Proses alamiah tersebut tidak dapat dihindari. Gerusan merupakan perpindahan tempat sedimen-sedimen granular oleh air yang mengalir dengan pergerakan searah aliran (Pallu, M.S. 2011). Apabila gerusan terjadi terus-menerus, terjadilah erosi yang mengakibatkan longsor.

Oleh karena itu, dengan bantuan *software* ArcGIS 10.5 didapatkan hasil analisis rasio luas daerah tangkapan air (*Catchment Area*) yang akan digunakan untuk menghitung besarnya debit banjir yang terlintas di titik longsor tersebut. Debit banjir yang akan diperhitungkan menggunakan berbagai metode dengan periode ulang yang beragam.

II. METODE PENELITIAN

Erosi sungai adalah proses berpindahnya suatu massa batuan atau tanah oleh desakan atau kekuatan air sungai secara terus menerus. Proses erosi terdiri dari tiga bagian berurutan: pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*) (Asdak, C., 2010). Adapun jenis erosi sungai terbagi menjadi 2 jenis yaitu erosi dasar dan tepi.

Secara umum, erosi yang terjadi pada sisi tepi sungai disebabkan oleh volume air sungai yang mengalir sangat cepat, debit air yang besar, serta dipengaruhi oleh benda-benda padat yang ikut mengalir pada aliran sungai. Maka dari itu, diperlukan analisis untuk mengetahui besarnya debit aliran sungai.

Untuk memperoleh besarnya debit aliran dapat menggunakan dari perhitungan analisis frekuensi. Analisa frekuensi merupakan sebuah metode untuk

memperkirakan sebuah data statistik dalam arti memperoleh probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk debit atau curah hujan rencana. Adapun metode yang digunakan pada analisis frekuensi adalah Distribusi Normal, *Log Normal*, *Pearson III*, *Log Pearson III*, dan *Gumbel*. Hasil dari analisa frekuensi tersebut akan digunakan sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untukantisipasi setiap kemungkinan yang terjadi.

Untuk menentukan kesesuaian distribusi frekuensi empiris dari sampel data terhadap fungsi distribusi frekuensi teoritis yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi empiris, diperlukan pengujian secara statistic. Dalam menentukan kesesuaian distribusi frekuensi pada perhitungan statistic hidrologi sering diterapkan dua acara pengujian yaitu Uji Kesesuaian *Smirnov-Kolmogorov* dan Uji *Chi Square*.

Berikut merupakan persamaan uji kecocokan distribusi *Chi Square*:

$$X_{i=1}^k = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

X^k : parameter *chi-square* terhitung

K : jumlah sub kelompok

O_i : nilai pengamatan pada sub kelompok

E_i : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok

Berikut merupakan persamaan uji kecocokan distribusi *Smirnov-Kolmogorov*:

$$D_n = \max |P(x) - Po(x)|$$

D_n : jarak vertical antara pengamatan dengan teoritisnya

$P(x)$: probabilitas dari sampel data

$Po(x)$: probabilitas dari teoritisnya

Perhitungan debit banjir periode ulang menggunakan metode HSS yang dapat dihitung dengan beberapa metode, yakni Nakayasu, SCS, ITB 1, dan ITB 2.

Perhitungan hidrograf satuan dari metode Nakayasu ialah sebagai berikut:

$$Qp = \frac{1}{3.6} \times A \times \frac{R_0}{(0.3 \times Tp \times T_{0.3})}$$

Dimana:

- Q_p : Debit puncak banjir (m^3 /det)
 A : Luas daerah pengaliran sampai outlet (km^2)
 R_o : Hujan satuan (=1.0 mm)
 T_p : Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
 $T_{0.3}$: Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan metode SCS ialah sebagai berikut:

$$q_p = \frac{CA}{T_p}$$

Dimana:

- q_p : puncak hidrograf satuan (m^3/s)
 C : konstanta sebesar 2.08
 A : area / luasan DAS (km^2)
 T_p : waktu naik, yaitu waktu yang diperlukan antara permulaan hujan hingga mencapai puncak hidrograf (jam)

Untuk perhitungan debit puncak hidrograf satuan ITB – 1 dan ITB – 2 menggunakan persamaan yang sama yakni:

$$Q_p = \frac{R A_{DAS}}{3.6 T_p A_{HSS}}$$

Dimana:

- Q_p : debit puncak hidrograf satuan (m^3/s)
 R : curah hujan satuan (mm)
 T_p : waktu mencapai puncak (jam)
 A_{DAS} : Luas DAS (km^2)
 A_{HSS} : luas kurva hidrograf satuan tak berdimensi

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

Proses analisis dan pengambilan data dilakukan dengan survei di tempat terjadinya kelongsoran pada Km. 63+100 s.d 63+200 yang tepat berada di tikungan sungai. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa tata letak lahan yang terekam pada peta tematik (digital). *Software* yang digunakan

adalah pengolah data *peta digital* yaitu ArcGIS 10.5, *Google Earth Pro*, dan *Microsoft Excel*.

III.1 Analisis Kondisi Lapangan dan Pengumpulan Data

Analisis kondisi lapangan dilakukan di titik terjadinya kelongsoran tepatnya di Km. 63+100 s.d 63+200 diantara Stasiun Randublutung dan Stasiun Doplang. Kondisi terjadinya kelongsoran dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Titik Longsoran

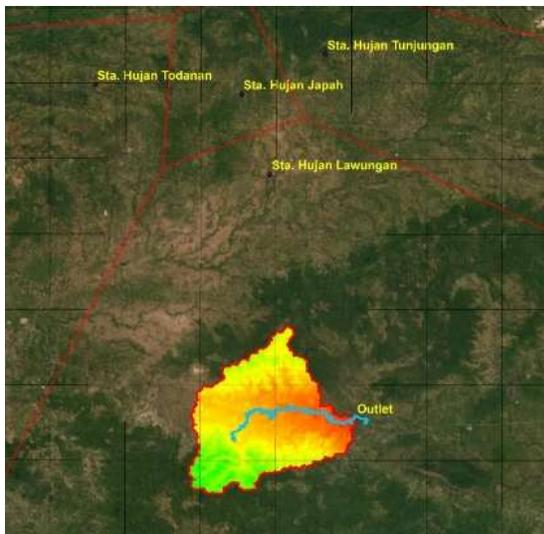
Tanah longsor tersebut disebabkan oleh keberadaan tikungan sungai. Berdasarkan analisis menggunakan *software Google Earth Pro*, jarak antara titik longsor dengan tikungan sungai diperkirakan sepanjang 50 meter. Tikungan sungai dapat secara konsisten menggerus badan sungai terluar sehingga menyebabkan erosi dan longsor. Akibatnya stabilitas lereng dan sekitarnya akan berkurang dan nilai *safety factor* akan semakin menurun. Kelongsoran tersebut mengancam keselamatan kereta api dan mengganggu operasional kereta.



Gambar 3.2 Kondisi Km. 63+100 s.d 63+200 Daop 4 Semarang

III.2 Analisis Curah Hujan Wilayah

Analisis curah hujan wilayah dihitung dengan menggunakan Metode Polygon Thiessen. Dari hasil pengumpulan data, diperoleh 7 (tujuh) stasiun hujan yang ada di sekitar wilayah tinjauan, yaitu Stasiun Hujan Todanan, Lawungan, Japah, Tunjungan, Sulang, Sumber, dan Pucakwangi yang memiliki data hujan yang lengkap. Dengan menggunakan ArcGIS 10.5, digunakan Metode Thiessen untuk mendapatkan stasiun hujan pengaruh. Dari hasil analisis yang dilakukan, Lawungan merupakan satu-satunya stasiun hujan yang memengaruhi perhitungan curah hujan di DAS tinjauan. Data curah hujan yang diperoleh merupakan data hujan harian maksimum tahunan dengan waktu pengamatan 14 tahun (2001-2014).



Gambar 3.3 Peta Poligon Thiessen

Tabel 3.1 Data Curah Hujan Sta. Lawungan

Tahun	Curah Hujan Sta. Lawungan
2001	97
2002	82
2003	62
2004	50
2005	74
2006	80
2007	87
2008	98
2009	88
2010	99
2011	91
2012	123
2013	98
2014	133

III.3 Analisis Data Hujan (Uji Penyaringan Data Hujan)

Suatu seri data hujan dari stasiun hujan perlu diperiksa terlebih dahulu kelayakannya melalui beberapa pengujian, seperti Uji Konsistensi, Uji *Outlier*, dan Uji *Trend-Spearman*. Berikut merupakan hasil perhitungan pada masing-masing uji yang disajikan pada Tabel 3.2, 3.3, dan 3.4.

Tabel 3.2 Uji Konsistensi Data Hujan

Tahun	Hujan (mm)	Sk*	Sk**	Sk**
2001	97	7	0.32	0.32
2002	82	-8	-0.38	0.38
2003	62	-28	-1.31	1.31
2004	50	-40	-1.87	1.87
2005	74	-16	-0.75	0.75
2006	80	-10	-0.47	0.47
2007	87	-3	-0.15	0.15
2008	98	8	0.37	0.37
2009	88	-2	-0.10	0.10
2010	99	9	0.41	0.41
2011	91	1	0.04	0.04
2012	123	33	1.53	1.53
2013	98	8	0.37	0.37
2014	133	43	1.99	1.99
Jumlah	1262	Sk** min		-1.87
Rata-Rata	90	Sk** maks		1.99
n	14	R		3.86
S	21.51	Q		1.99
Kontrol 95 %				
$Q/n^{0.5}$	0.533	<	1.172	OK
$R/n^{0.5}$	1.031	<	1.34	OK

Tabel 3.3 Uji *Outlier* Data Hujan

Tahun	X_i	$\ln X_i$	KET.
2001	97	4.57	OK
2002	82	4.41	OK
2003	62	4.13	OK
2004	50	3.91	NO
2005	74	4.30	OK
2006	80	4.38	OK
2007	87	4.47	OK
2008	98	4.58	OK
2009	88	4.48	OK
2010	99	4.60	OK
2011	91	4.51	OK
2012	123	4.81	OK
2013	98	4.58	OK
2014	133	4.89	OK
Rerata		4.47	
Skew		-0.61	
SD		0.25	
K_N		2.213	
X_H		152.64	
X_L		50.34	

Tabel 3.4 Uji Ketiadaan *Trend* Data Hujan

No	Curah Hujan Max	Rank	Peringkat		dt	dt ²
			CH	Rt		
1	97	1	133	14	13	169
2	82	2	123	12	10	100
3	62	3	99	10	7	49
4	50	4	98	8	4	16
5	74	5	98	8	3	9
6	80	6	97	1	-5	25
7	87	7	91	11	4	16
8	98	8	88	9	1	1
9	88	9	87	7	-2	4
10	99	10	82	2	-8	64
11	91	11	80	6	-5	25
12	123	12	74	5	-7	49
13	98	13	62	3	-10	100
14	133	14	50	4	-10	100
Jumlah						727
n						14
Kp						-0.598
t						-2.58
Hipotesa						
Hipotesa diterima jika nilai $t < t_c \rightarrow$			tidak ada trend (Rt dan Tt independen, tidak saling tergantung)			
Hipotesa ditolak jika nilai $t > t_c \rightarrow$			Ada trend			
Analisa						
$\pm \alpha/2$	2.50%					
uji dua sisi	$t_{0,025}$	2,179				
dk	12		-2.58	<	2,179	
Diterima, data tidak ada trend						

Dari ketiga pengujian diatas, ditinjau bahwa pada Uji *Outlier* terdapat satu seri data yang tidak memenuhi syarat, yaitu pada tahun 2004. Diketahui bahwa batas ambang bawah pada pengujian *Outlier* sebesar 50,34,

sedangkan data hujan asli sebesar 50. Akan tetapi, perbedaan nilai data hujan asli dan batas ambang bawah tidak terlalu jauh sehingga data hujan maksimum tahunan pada tahun 2004 diubah menjadi sama dengan nilai batas ambang bawah.

III.4 Analisis Curah Hujan Rencana (Periode Ulang)

Analisis curah hujan rencana periode ulang dapat diperhitungkan menggunakan beberapa metode, yaitu Metode *Normal*, *Log Normal*, *Pearson III*, *Log Pearson III*, dan *Gumbel*. Dengan menggunakan bantuan Excel dan *software Hydrognomon*, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 3.5 Metode Normal

PERIODE ULANG	p	w	Kt	Xt (mm)
1000	0.001	3.72	3.0905	156.49
200	0.005	3.26	2.5762	145.45
100	0.010	3.03	2.3268	140.10
50	0.020	2.80	2.0542	134.25
25	0.040	2.54	1.7511	127.74
10	0.100	2.15	1.2817	117.67
5	0.200	1.79	0.8415	108.22
2	0.500	1.18	0.0000	90.17

Tabel 3.6 Metode *Log Normal*

PERIODE ULANG	p	w	z	Log Xt	Xt (mm)
1000	0.001	3.72	3.0905	2.28	189.60
200	0.005	3.26	2.5762	2.22	166.77
100	0.010	3.03	2.3268	2.20	156.71
50	0.020	2.80	2.0542	2.17	146.41
25	0.040	2.54	1.7511	2.13	135.74
10	0.100	2.15	1.2817	2.08	120.75
5	0.200	1.79	0.8415	2.03	108.19
2	0.500	1.18	0.0000	1.94	87.70

Tabel 3.7 Metode *Pearson III*

PERIODE ULANG	p	w	z	Kt	Xt (mm)
1000	0.001	3.72	3.0905	3.41	163.41
200	0.005	3.26	2.5762	2.79	149.96
100	0.010	3.03	2.3268	2.490	143.60
50	0.020	2.80	2.0542	2.172	136.78
25	0.040	2.54	1.7511	1.825	129.34
10	0.100	2.15	1.2817	1.303	118.13
5	0.200	1.79	0.8415	0.829	107.95
2	0.500	1.18	0.0000	-0.037	89.37

Tabel 3.8 Metode Log Pearson III

PERIODE ULANG	P	w	z	Kt	Log Xt	Xt (mm)
1000	0.001	3.72	3.0905	2.29	2.19	155.35
200	0.005	3.26	2.5762	2.03	2.16	145.59
100	0.010	3.03	2.3268	1.892	2.15	140.60
50	0.020	2.80	2.0542	1.728	2.13	134.98
25	0.040	2.54	1.7511	1.533	2.11	128.56
10	0.100	2.15	1.2817	1.201	2.07	118.34
5	0.200	1.79	0.8415	0.856	2.04	108.57
2	0.500	1.18	0.0000	0.098	1.95	89.86

Tabel 3.9 Metode Gumbel

PERIODE ULANG	Kt	Xt (mm)
1000	4.938	196.13
200	3.681	169.16
100	3.138	157.51
50	2.594	145.82
25	2.045	134.05
10	1.305	118.18
5	0.720	105.61
2	-0.164	86.64

Setelah didapatkan hujan periode ulang dengan berbagai jenis distribusi, dilakukan uji kelayakan distribusi data menggunakan 2 metode, yakni Uji *Chi Square* dan Uji *Smirnov-Kolmogorov*. Berikut merupakan hasil uji kelayakan distribusi data.

Tabel 3.10 Hasil Uji Kelayakan Distribusi Data

Periode ulang (Tahun)	Hujan Rencana (mm)				
	Gumbel	Normal	Log Normal	Pearson III	Log Pearson III
Uji Smirnov - Kolmogorov					
Δ Maksimum	0.092	0.035	0.035	0.046	0.041
Derajat Signifikansi (α %)	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Δ Kritis	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354
Status	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA

Periode ulang (Tahun)	Hujan Rencana (mm)				
	Gumbel	Normal	Log Normal	Pearson III	Log Pearson III
Uji Chi Square (χ²)					
Chi-square (χ²) Hitung	4.857	1.429	2.571	1.429	2.571
Chi-square (χ²) Kritis	5.991	5.991	5.991	5.991	5.991
Derajat Kebebasan	3	3	3	3	3
Derajat Signifikansi (α %)	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Status	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA

Uji Kesesuaian Distribusi				
No	Distribusi	Syarat (Subarkah, 1980)	Curah Hujan Wilayah	Status
1	Gumbel	Cs ≤ 1.1396	Cs = 0.321	LAYAK
		Ck ≤ 5.4002	Ck = 3.255	LAYAK
2	Log Pearson III	Cs ≠ 0	Cs = 0.119	LAYAK
		Cs = 0	Cs = 0.048	LAYAK
3	Normal	Ck = 5.383	Ck = 2.965	TIDAK LAYAK
		Cs = 3	Cs = 0.332	TIDAK LAYAK
4	Log Normal	Cs/Cv = 3	Cs/Cv = -1.027	TIDAK LAYAK
		Pearson III	Tidak spesifik	

Dari hasil uji kelayakan distribusi data, didapatkan bahwa dengan Uji *Chi Square* dan Uji *Smirnov-Kolmogorov* seluruh distribusi diterima. Maka dari itu, perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi dengan membandingkan nilai koefisien *Skewness*. Dari

kelima distribusi, digunakan distribusi *Log Pearson III* untuk perhitungan debit banjir.

III.5 Analisis Perhitungan Debit Rencana

Sebelum menghitung debit banjir rencana, dilakukan distribusi curah hujan periode ulang menggunakan Model PSA-007. Curah hujan periode ulang yang terpilih (*Log Pearson III*) dikalikan dengan koefisien ARF (*Area Reduction Factor*) sebelum didistribusikan. Nilai koefisien ARF ditentukan berdasarkan besarnya luas DAS. Berikut merupakan tabel ARF berdasarkan luas DAS.

Tabel 3.11 Luas DAS dengan ARF

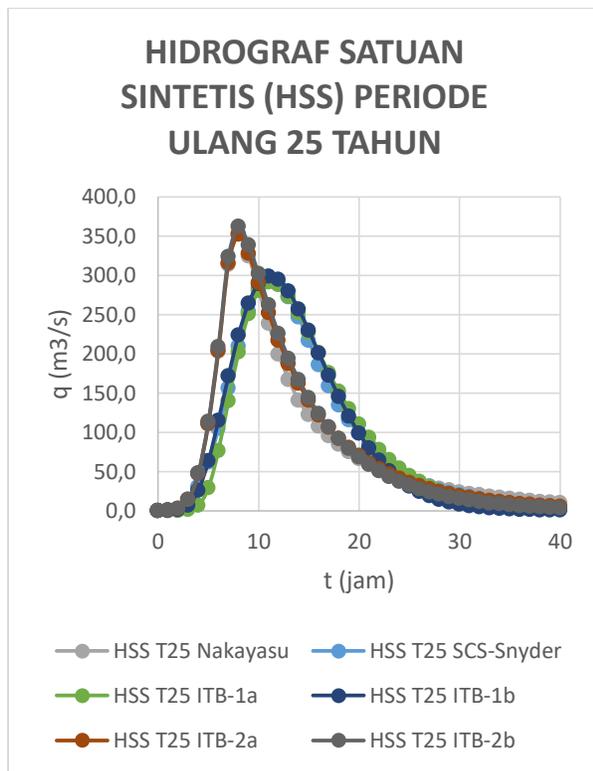
Luas DAS (km ²)	ARF
1-10	0.99
10-30	0.97
30-30000	1.152-0.1233 Log A

Diketahui bahwa luas DAS yang didapat sebesar 112,88 km², maka perhitungan ARF menggunakan rumus yang tertera pada Tabel 3.10 di rentang 30-30000 km². Setelah diketahui nilai ARF, didapatkan hasil distribusi curah hujan periode ulang yang didistribusikan menjadi 6 jam-an.

Tabel 3.12 Hasil Model PSA 007

Jam	PSA 007							
	T = 2 Tahun	T = 5 Tahun	T = 10 Tahun	T = 25 Tahun	T = 50 Tahun	T = 100 Tahun	T = 200 Tahun	T = 1000 Tahun
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	4.04	4.88	5.32	5.78	6.07	6.32	6.54	6.98
2.0	8.08	9.76	10.64	11.56	12.13	12.64	13.09	13.96
3.0	48.47	58.56	63.83	69.34	72.80	75.83	78.52	83.79
4.0	12.92	15.62	17.02	18.49	19.41	20.22	20.94	22.34
5.0	4.85	5.86	6.38	6.93	7.28	7.58	7.85	8.38
6.0	2.42	2.93	3.19	3.47	3.64	3.79	3.93	4.19
Total	80.78	97.59	106.38	115.56	121.33	126.38	130.87	139.64

Setelah didapatkan curah hujan periode ulang yang didistribusikan dalam bentuk jam-jaman, debit banjir periode ulang dapat diperhitungkan. Hasil distribusi curah hujan akan dijadikan *input* dalam perhitungan debit banjir rencana. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) SCS, Nakayasu, ITB 1a, ITB 1b, ITB 2a, dan ITB 2b. Berikut merupakan hasil perhitungan debit banjir periode ulang rencana dalam bentuk hidrograf.



Gambar 3.4 Grafik Hidrograf Satuan Sintesis 25 Tahun

Tabel 3.13 Debit Banjir Periode Ulang Maksimum

Jenis	T=1000	T=100	T=50	T=25
Nakayasu	426.9	386.3	370.9	353.3
SCS-Snyder	357.9	323.9	310.9	296.1
ITB-1a	352.1	318.6	305.9	291.3
ITB-1b	361.2	326.9	313.8	298.9
ITB-2a	425.7	385.2	369.8	352.2
ITB-2b	437.8	396.3	380.4	362.3

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa wilayah tinjauan dipengaruhi oleh curah hujan dari Stasiun Lawungan dengan *Catchment Area* seluas 112,88 km². Dari hasil analisis hidrologi, curah hujan rencana yang digunakan menggunakan Metode *Log Pearson III*. Besarnya debit banjir rencana untuk setiap periode ulang ditentukan dengan berbagai metode. Debit banjir rencana untuk periode ulang 25 tahun didapatkan sebesar 353,3 m³/s dengan Metode Nakayasu dan memiliki nilai maksimum diantara metode lainnya.

REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional (BSN). SNI 2415. 2016 *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*.
- Chow, Ven Te. (1998). *Open Channel Hydraulic*. Singapore: McGraw Hill.
- Bahan Kuliah Teknik dan Pengelolaan Sumber Daya Air. Institut Teknologi Bandung. 2019. Hidrologi I dan Hidrologi II.
- Triatmodjo, B. (2009) *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Natakusumah, D. K., Hatmoko, W., & Harlan, D. (2011). *Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis*. *Jurnal Teknik Sipil*, 251-291.