

MENENTUKAN DEBIT KALA ULANG 25 TAHUN UNTUK SIMULASI PROFIL MUKA AIR DI SUNGAI TANDE

Syarifah Sophia Vinka Zafani¹⁾, Bambang Sujatmoko²⁾, Manyuk Fauzi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos

Email : syarifah.sophia2668@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The Tande River is a river that flows in the Tande watershed that passes through Daik Lingga Village, with a sub-watershed area of 765 ha. Generally, rivers in Lingga Regency flow in hilly areas so they are covered with forest plants and during the rainy season there are frequent overflows of several rivers. For this reason, as a river that has the potential to overflow, an analysis is carried out regarding the capacity of the Tande River. In order to carry out the simulation, the planned flood discharge at the 25-year return period was calculated using the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph method, with a flowrate of 40.333 m³/s as the result. The results of the calculation of the planned flood discharge in the 25 year return period is used as input to the simulation of the water level profile in the Tande river in the same period, using HEC-RAS 4.1.0. From the simulation results of the water level profile on the Tande River, the results obtained that the planned flood discharge for the 25 year return period overflowed in 24 cross sections with flood heights ranging from 14-46 cm.

Keywords: tande river, return period flood discharge, surface height, HEC-RAS

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai Tande merupakan salah satu sungai yang mengalir di Kelurahan Daik, Kabupaten Lingga. Umumnya, sungai di Kabupaten Lingga mengalir di daerah berbukit sehingga banyak ditutupi tumbuhan hutan. Kedalaman perairan berkisar 1-3 meter, sedangkan pada daerah berbukit kedalaman sungai bisa naik hingga 3-7 meter (RPJMD Kabupaten Lingga, 2016). Saat musim penghujan, terdapat beberapa sungai di wilayah sekitar Kelurahan Daik yang meluap. Untuk itu, sebagai salah satu sungai yang berpotensi terjadi luapan, perlu dilakukan analisis terkait kapasitas Sungai Tande dalam berbagai kala ulang, salah satunya pada kala ulang 25 tahun. Simulasi dilakukan dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS sebagai aplikasi *open source* yang lazim digunakan dalam analisis hidrologi. Versi pertama dari HEC-RAS dirilis

pada Juli 1995 dengan pembaharuan yang terus dilakukan (Brunner et al., 2016). Pada penelitian ini dilakukan simulasi profil muka air dengan menggunakan HEC-RAS versi 4.1.0, dengan jenis aliran permanen (*steady flow*).

Tujuan Penelitian

Dari penjelasan sebelumnya, tujuan penelitian ini adalah menentukan besaran debit banjir rencana pada kala ulang 25 tahun yang digunakan untuk menganalisis profil muka air sehingga dapat dilakukan analisis profil muka air banjir di Sungai Tande dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS versi 4.1.0 guna mengidentifikasi lokasi dan tinggi banjir yang terjadi di sepanjang Sungai Tande pada kala ulang 25 tahun.

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Frekuensi Curah Hujan

Parameter yang diperlukan untuk menghitung debit banjir rencana adalah

data curah hujan harian maksimum tahunan (Syahputra, 2015). Sebelumnya perlu dilakukan analisis data hidrologi, dengan beberapa parameter, yakni standar deviasi (S), koefisien kemencengan (Cs), koefisien puncak (Ck), koefisien variasi (Cv), dan *central tendency* (Suadnya et al., 2017).

Jenis distribusi frekuensi yang dilakukan disesuaikan dengan mencocokkan parameter data berdasarkan syarat masing-masing distribusi. Perhitungan distribusi frekuensi dilakukan untuk menentukan curah hujan rencana yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana.

Pengujian Distribusi Frekuensi

Setelah diperoleh hitungan yang memenuhi syarat distribusi berdasarkan tabel di atas, untuk mengetahui apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang tersedia, selanjutnya dilakukan pengujian. Ada dua jenis pengujian yakni, uji *Chi-Kuadrat* dan *Smirnov-Kolmogorov* (Triatmodjo, 2008).

Tabel 1 Persyaratan Parameter Statistik Dalam Distribusi

Jenis Sebaran	Persyaratan
Normal	$Cs \approx 0$
	$Ck \approx 0$
Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$
	$Ck = Cv^8 + 6Cv + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
Gumbel	$Cs \sim 1,14$
	$Ck \sim 5,4$
Log Pearson III	Selain dari nilai di atas
	Selain dari nilai di atas

Sumber: Triatmodjo (2008)

Curah Hujan Rencana

Curah hujan efektif merupakan curah hujan harian yang dikurangi terhadap kehilangan curah hujan tersebut, seperti penyerapan tanaman,

penguapan, dan faktor lainnya. Curah hujan efektif dinyatakan sebagai berikut jika diasumsikan kehilangan sebagai rata-rata hujan yang jatuh ke aliran sungai,

$$Re = Rt \times C \quad (1)$$

dimana:

Re = Curah hujan efektif (mm)

Rt = Curah hujan rencana yang jatuh pada aliran sungai (mm)

C = Koefisien aliran

Untuk menghitung intensitas hujan, dilakukan dengan persamaan Mononobe.

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

dimana:

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

R24 = Curah hujan harian maksimum selama 24 jam (mm)

T = Durasi lamanya hujan (jam)

Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dihitung menggunakan analisis hidrologi (Suadnya et al., 2017). Debit banjir rencana merupakan dasar dalam perancangan bangunan hidrolis agar bangunan tersebut sesuai dengan perencanaan penampungan banjir pada periode yang direncanakan. Dilakukan perhitungan debit banjir rencana pada debit kala ulang 25 tahun.

Beberapa metode hidrograf satuan sintesis yang dapat dilakukan dalam perhitungan debit banjir rencana antara lain; Snyder, SCS (*Soil Conservation Service*), GAMA I, dan Nakayasu (Akbar & Mangangka, 2016). Berdasarkan pertimbangan seperti untuk memperoleh debit banjir yang mendekati kondisi asli di lapangan, maka pada penelitian ini dipilihlah metode HSS Nakayasu dengan persamaan berikut.

$$Qp = \frac{1}{3,6} \times A \times \frac{Ro}{0,3 \times Tp + T0,3} \quad (3)$$

$$Tp = Tg + 0,8 \times Tr \quad (4)$$

$$Tg = 0,21L^{0,7}, L < 15 \quad (5)$$

$$Tg = 0,4 + 0,058L, L > 15 \quad (6)$$

$$T0,3 = \alpha \times Tg \quad (7)$$

$$Tr = 0,5 \sim 1Tg \quad (8)$$

dimana:

Qp = Debit puncak banjir (m^3/det)

A = Luas DAS (km^2)

L = Panjang sungai (km)

Ro = Curah hujan efektif, bernilai 1 mm.

Tp = Waktu dari permulaan banjir hingga puncak hidrograf. (jam)

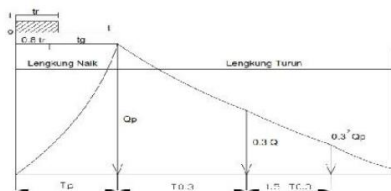
Tg = Waktu konsentrasi (jam), Rumus 5 digunakan saat panjang sungai lebih kecil dari 15 km, dan Rumus 6 digunakan saat panjang sungai lebih dari 15 km.

$T0,3$ = Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)

Tr = Waktu dari curah hujan (jam)

α = Nilai koefisien karakteristik DAS, range asumsi 1,5~3 tergantung keadaan aliran dan panjang sungai. Bernilai 3 untuk hidrograf yang naik dengan cepat, bernilai 2 untuk DAS biasa, dan bernilai 1,5 untuk hidrograf naik yang lambat.

Bentuk hidrograf satuan dibagi menjadi 2 bagian, yakni naik dan turun yang dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu
Sumber: Triatmodjo (2008)

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk keperluan penelitian. Metodologi juga merupakan analisis teoritis mengenai suatu cara atau metode.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada ruas Sungai Tande, ditinjau dari Kampung Robat hingga Kampung Seranggung sepanjang 4,5 km yang mengalir dari hulu ke hilir dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) seluas 765 ha. Lokasi perkampungan yang dialiri Sungai Tande dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Lokasi Perkampungan di sekitar Sungai Tande

Sumber: Google Earth (2021)

Data Penelitian

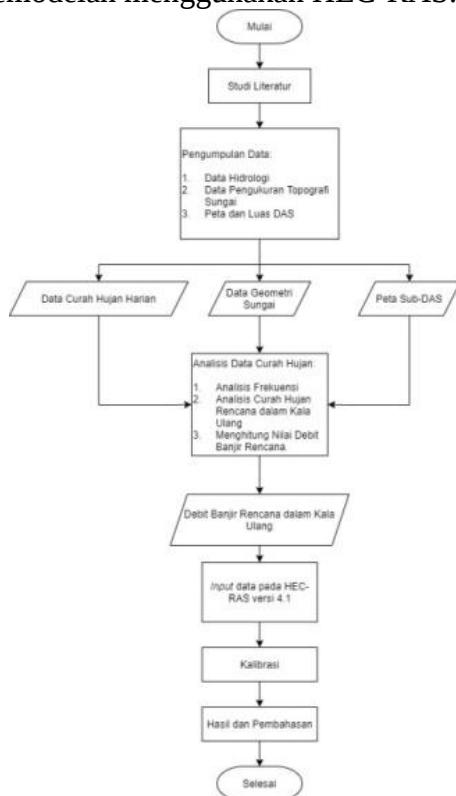
Data yang diperlukan dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 jenis, yakni data primer dan data sekunder. Pada penelitian ini digunakan data sekunder yang terdiri dari:

1. Data luas dan batasan DAS Tande diperoleh dari Badan Wilayah Sungai Sumatra IV.
2. Data klimatologi berupa curah hujan yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Dabo.

Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dengan bahan jurnal berdasarkan penelitian terkait yang pernah dilakukan sebelumnya. Alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3. Dilanjutkan

dengan pengumpulan data; data hidrologi yang terdiri dari curah hujan dan debit Sungai Tande diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika dari pencatatan di Stasiun Dabo yang mencatat data hidrologi di Kabupaten Lingga. Setelah data diperoleh, dilakukan analisis data curah hujan yang telah diperoleh sebelumnya. Penelitian dilanjutkan dengan melakukan analisis hidrologi dengan Hidrograf Satuan Sintesis dengan hasil akhir debit banjir yang digunakan untuk analisis hidrolika untuk memperoleh profil muka air sungai dengan pemodelan menggunakan HEC-RAS.



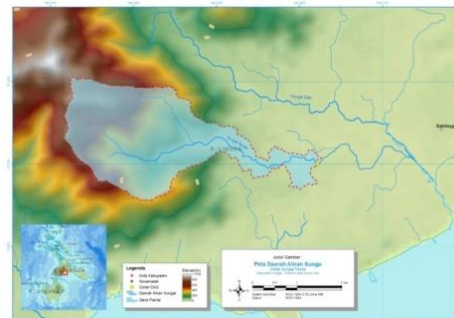
Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Daerah Aliran Sungai

Pada penelitian ini diperoleh luas sub-DAS Tande yang akan digunakan sebagai lokasi studi seluas 765 ha atau 7,65 km², yang memiliki titik koordinat hulu pada 455924,617, 9975722,108 dengan data yang diperoleh dari Badan Wilayah Sungai

Sumatera IV, yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Sub-DAS Tande

Sumber: BWSS IV (2021)

Penentuan Curah Hujan Rencana

Data curah hujan yang diambil adalah curah hujan dalam lingkup 11 tahun dari 2010 hingga 2020. Terdapat data curah hujan yang hilang pada tahun 2013, maka dalam penelitian ini dilakukan metode *Inversed Square Distance* untuk mencari data tersebut. Metode ini menggunakan dasar hitungan yang mempertimbangkan jumlah dan jarak stasiun yang dapat mewakili data yang hilang. Hasil perhitungan dan data curah hujan maksimum tahunan pada Stasiun Dabo selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Dabo (dalam mm)

Tahun	Hujan Harian Maksimum Tahunan R24 (mm)
2010	78,0
2011	131,0
2012	83,0
2013	121,0
2014	121,4
2015	69,8
2016	121,4
2017	93,1
2018	92,7
2019	99,6
2020	124,5
Rata-rata	103,2

Untuk menghitung hujan rencana dalam periode ulang tertentu, data curah hujan perlu dilakukan analisis frekuensi. Setelah dilakukan

perhitungan dispersi dengan ketentuan syarat serta hasil masing-masing jenis distribusi yang dapat dilihat pada Tabel 3, dan dilakukan pengujian kecocokan sehingga pada penelitian ini dilakukan perhitungan curah hujan rencana rencana pada kala ulang 25 tahun dengan metode Log Pearson III dengan hasil yang terlampir pada Tabel 4, yakni sebesar 143,128 mm.

Tabel 3 Rekapitulasi dan Syarat Perhitungan Dispersi

No	Jenis	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Normal	$C_s \sim 0$	-0,1898	Mendekati
		$C_k \sim 3$	2,362735	Tidak Memenuhi
$C_s = C_v^3 + 3C_v$				
2	Log	0,63154597	-0,39798	Tidak Memenuhi
	Normal	$C_k = C_v^3 + 6C_v + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$		
		3,03518919	2,362735	Tidak Memenuhi
3	Gumbel	$C_s \sim 1,14$	-0,1898	Tidak Memenuhi
		$C_k \sim 5,4$	2,362735	Tidak Memenuhi
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas		

Tabel 4. Curah Hujan Rencana

Tr	1/Tr (%)	Cs	K	Slog	Log X	Log XTr	Hujan (mm)
25	0,04	-0,397	1,606	0,093	2,004	2,155	143,128

Nilai intensitas hujan jam-jaman didapatkan dengan metode mononobe. Dengan distribusi lama hujan selama 3 jam, dilakukan hitungan dan diperoleh hasil pada kala ulang 25 tahun, dengan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Distribusi Curah Hujan Jam-jaman

Jam Ke-	Rasio	Kumulatif	Hujan Jam-jaman (mm)
			25 th
1	69%	69%	24,81
2	18%	87%	6,45
3	13%	100%	4,52
25 th			
Hujan Rencana			143,13
Koefisien Pengaliran			0,25

Hujan Efektif

35,78

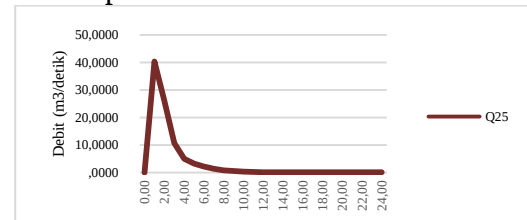
Penentuan Debit Banjir Rencana

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan untuk mencari debit banjir rencana menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu.

Debit banjir rencana dihitung dan ditentukan berdasarkan besarnya curah hujan rencana yang telah dihasilkan sebelumnya dengan jenis distribusi *Log Pearson III*, dan karakteristik DAS. Data yang tersedia dan diperlukan dalam perhitungan debit banjir rencana antara lain:

1. Luas Sub-DAS = 765 ha (7,65 km²)
2. Panjang Aliran Sungai = 4,5 km
3. Kemiringan Sungai = berdasarkan perhitungan menggunakan profil plot sungai, diperoleh kemiringan sebesar 0,0013538.

Hidrograf debit banjir pada kala ulang 25 tahun Sungai Tande dapat dilihat pada Gambar 5.

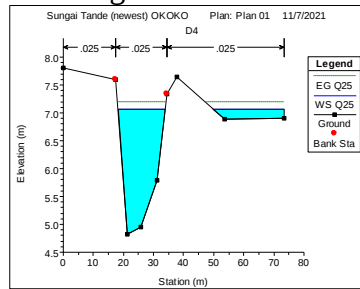


Gambar 5. Hidrograf Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 25 Tahun Sungai Tande

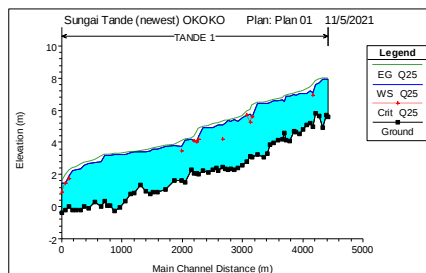
Simulasi Aplikasi HEC-RAS

Dari hasil *running program* diperoleh hasil *ouput* berupa bentuk penampang melintang sungai berdasarkan STA yang di-input. Hasil *running cross section* D4 pada kala ulang 25 tahun dapat dilihat pada Gambar 6, dan *long section* pada kala ulang 25 tahun dapat dilihat pada Gambar 7. Dari hasil *running program* HEC-RAS, pada debit kala ulang 25

tahun terdapat luapan pada 24 *cross section* di Sungai Tande.



Gambar 6 Hasil Output *Cross Section* D4 HEC-RAS terhadap Debit Banjir Rencana 25 Tahun



Gambar 7 Hasil Output *Long Section* HEC-RAS terhadap Debit Banjir Rencana 25 Tahun

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari perhitungan curah hujan rencana menggunakan metode Log Pearson III, diperoleh curah hujan rencana pada kala ulang 25 tahun sebesar 143,128 mm.
2. Dari analisis hidrologi yang dilakukan dengan metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu, diperoleh hasil nilai debit banjir rencana pada kala ulang 25 tahun sebesar 40,333 m³/det.
3. Luapan banjir terjadi pada debit kala ulang 25 tahun pada sebanyak 24 *cross section* dengan tinggi banjir berkisar 14-46 cm.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diperoleh, berikut beberapa saran yang dapat diberikan terhadap penelitian lainnya yang berkaitan dengan topik ini.

1. Perolehan data parameter yang diperlukan dalam penelitian seperti pada studi hidrologi perlu dicantumkan detail stasiun hujan yang dijadikan referensi seperti jumlah dan durasi data pengamatan yang diambil, sehingga diperoleh data terbaru yang menghasilkan analisis yang lebih efektif.
2. Perhitungan debit banjir rencana yang dilakukan mempertimbangkan data yang tersedia sehingga diperoleh hasil yang lebih efisien dan akurat sesuai dengan kebutuhan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M., & Mangangka, I. R. (2016). Analisa Profil Muka Air Banjir Sungai Molompar Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Sipil Statik*, 4(1). <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/11469>
- Brunner, G. W., Warner, J. C., Wolfe, B. C., & Piper, S. S. (2016). *HEC-RAS Applications Guide*. February.
- Earth, G. (2021). *Google Earth*. <https://earth.google.com/>. Diakses pada 15 Oktober 2021.
- RPJMD Kabupaten Lingga. (2016). *RPJMD KABUPATEN LINGGA*.
- Suadnya, D. P., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2017). *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario di Titik Kawasan Citraland*. 5(3), 143–150.
- Syahputra, I. (2015). Kajian Hidrologi Dan Analisa Kapasitas Tampang Sungai Krueng Langsa Berbasis HEC-HMS dan HEC-RAS. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 1(1), 15–28. <https://doi.org/10.30601/jtsu.v1i1.2>
- Triatmodjo, B. (2008). Hidrologi terapan. *Beta Offset, Yogyakarta*, 59, 50.