

Analisis Kapasitas Tampungan Sungai pada Sungai Kalasey, Minahasa, Sulawesi Utara (HEC-RAS 6.6)

INTAN NURFAZRIATI¹, YATI MULIATI SADLI², ANDHIKA WICAKSONO SASONGKO³

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
 2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
 3. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
- Email: intannurfazriati@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Sungai Kalasey yang terletak di Kecamatan Mandolang, Kabupaten Minahasa, dalam beberapa tahun terakhir wilayah sekitar sungai ini sering terdampak banjir. Penelitian ini bertujuan menganalisis debit dengan aplikasi HEC-HMS 4.12 dan melakukan evaluasi kapasitas penampang serta simulasi penanggulangan banjir dengan HEC-RAS 6.6. Perhitungan debit banjir rencana dilakukan menggunakan metode Soil Conservation Service (SCS) berdasarkan curah hujan desain kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun. Hasil debit maksimum yang diperoleh berturut-turut adalah 45,1 m³/s; 61,3 m³/s; 70,2 m³/s; 79,8 m³/s; dan 86,1 m³/s. Simulasi kondisi eksisting dengan HEC-RAS menunjukkan dari total panjang sungai ±4,3 km, sepanjang ±3,76 km mengalami limpasan dengan tinggi maksimum 2,769 meter. Setelah normalisasi penampang, limpasan berkurang menjadi ±1,9 km dengan tinggi 2,15 meter. Penanganan lanjutan dilakukan melalui perencanaan tanggul sepanjang ±1,9 km dengan tambahan freeboard 0,6 meter. Hasil simulasi membuktikan normalisasi dan tanggul efektif mengurangi limpasan.

Kata kunci: Banjir, Debit, Sungai, Kalasey

1. PENDAHULUAN

Sungai Kalasey yang terletak di Kecamatan Mandolang dan Pineleng, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara, merupakan salah satu sungai yang melintasi kawasan dengan kepadatan aktivitas cukup tinggi, termasuk permukiman padat, fasilitas publik, serta jalur transportasi utama.

Dalam beberapa tahun terakhir, wilayah sekitar sungai ini sering mengalami banjir, terutama pada musim hujan dengan intensitas tinggi. Data historis menunjukkan bahwa hingga tahun 2022, kejadian banjir masih terus berulang dengan genangan mencapai 100 cm, di antaranya pada ruas Jalan Trans Sulawesi Sta. 0+230, SD Inpres Kalasey Sta. 2+551, serta kawasan TPU Kalasey Sta. 3+109–Sta. 3+005. Genangan ini menyebabkan terganggunya lalu lintas, aktivitas masyarakat, serta menimbulkan potensi kerugian ekonomi. Hal tersebut mengindikasikan adanya penurunan kapasitas sungai dalam mengalirkan debit banjir secara optimal. Beberapa faktor yang diduga menjadi penyebabnya antara lain pendangkalan dasar sungai akibat penyempitan alur, kurangnya pemeliharaan dan normalisasi secara berkala.

Oleh karena itu perlu diketahui kemampuan aktual sungai dalam menampung debit banjir sebelum adanya perbaikan fisik sungai, sehingga hasilnya dapat menjadi dasar dalam perencanaan dan penentuan desain penanganan banjir yang tepat.

2. METODOLOGI

2.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh debit banjir rencana sebagai input pemodelan hidrolika. Data curah hujan terlebih dahulu diuji konsistensinya menggunakan metode *Double Mass Curve*. Selanjutnya dilakukan analisis distribusi frekuensi curah hujan dengan empat metode, yaitu Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Type III, kemudian ditentukan distribusi terbaik melalui uji distribusi frekuensi yaitu Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov dengan perangkat lunak Hydrognomon. Curah hujan rencana yang diperoleh digunakan untuk menyusun hietograf hujan rancangan dengan metode PSA-007. Nilai Koefisien Pengaliran (CN) ditentukan berdasarkan analisis tutupan lahan dari data citra satelit Sentinel-2. Tahap akhir adalah analisis debit banjir rencana menggunakan perangkat lunak HEC-HMS dengan metode *SCS Curve Number* untuk memperoleh hidrograf aliran pada berbagai kala ulang.

2.2 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika pada Sungai Kalasey dilakukan menggunakan aplikasi HEC-RAS dengan pendekatan aliran tidak tunak (*unsteady flow*). Pendekatan ini dipilih karena mampu merepresentasikan kondisi aliran sungai secara dinamis, terutama dalam merespons debit puncak akibat hujan intensitas tinggi. Tujuan utama analisis ini adalah mengidentifikasi titik rawan genangan yang berpotensi terjadi saat banjir serta dilakukan pemodelan penanggulangan banjir dengan normalisasi dan tanggul. Data input simulasi meliputi: geometri sungai berupa penampang melintang (*cross-section*) dan batas *floodplain*; data batas hulu (*upstream boundary*) berupa hidrograf debit masuk hasil pemodelan HEC-HMS pada JC4 (STA 4+278); data aliran samping (*lateral inflow*) berupa hidrograf dari HEC-HMS pada SB9 (STA 4+046), SB10 (STA 2+696), dan SB11 (STA 2+638); dan data batas hilir (*downstream boundary*) menggunakan pasang surut yang merepresentasikan muka air laut.

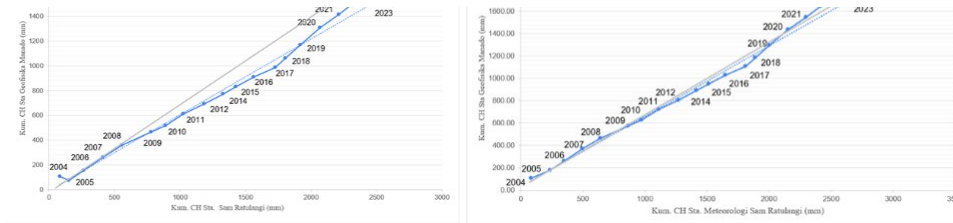
3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Stasiun Curah Hujan

Stasiun curah hujan yang digunakan adalah Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi dan Stasiun Geofisika Manado dengan data harian 21 tahun terakhir. Pada tahun 2013, data di Stasiun Geofisika Manado tercatat 0 akibat kesalahan pencatatan, sedangkan di Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi terjadi kesalahan data selama sembilan bulan. Karena hanya tersedia dua stasiun dan keduanya terganggu, estimasi data hilang tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu, data curah hujan tahun 2013 dianggap tidak valid dan dikeluarkan dari analisis hidrologi.

3.2 Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data curah hujan dilakukan dengan metode *Double Mass Curve* pada Stasiun Geofisika Manado, menggunakan Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi sebagai referensi. Data yang digunakan mencakup periode 2004–2012 dan 2014–2024 dengan total 20 data. Hasil grafik sebelum dikoreksi menunjukkan patahan pada tahun 2008 (Gambar 1.), sehingga data Stasiun Geofisika Manado sebelum atau sesudah tahun 2008 harus dikoreksi dengan faktor koreksi diperoleh 1,02.



Gambar 1. Sebelum dan Setelah dilakukan koreksi terhadap data curah hujan dengan metode *double mass curve*

3.3 Analisis Distribusi Frekuensi

Analisis distribusi frekuensi dilakukan untuk menentukan jenis distribusi probabilitas yang paling sesuai dengan data curah hujan (Triatmodjo, 2008). Hasil perhitungan parameter statistik diantaranya standar deviasi, Koefisien Skewness, Koefisien Kurtosis dan Koefisien Variasi dengan hasil distribusi Normal ($C_s=0,244$; $C_k=3,837$) dan Log Pearson Tipe III ($C_s=-0,475$; $C_k=3,517$) sama-sama memenuhi syarat parameter statistik. Namun, hasil uji kecocokan menggunakan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov menunjukkan nilai *attained α* Distribusi Normal lebih tinggi (60,65% dan 98,79%) dibandingkan Log Pearson Type III (31,73% dan 85,10%). Dengan demikian, Distribusi Normal dipilih sebagai distribusi paling representatif untuk perhitungan curah hujan rencana.

3.3 Curah Hujan Rencana

Hujan Rencana adalah hujan dengan periode ulang tertentu yang diperkirakan akan terjadi di suatu daerah pengaliran (Kamiana, 2011). Curah hujan rencana dihitung dengan metode Normal untuk kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun dengan hasil berturut-turut sebesar 89,53 mm; 107,977 mm; 117,639 mm; dan 127,045 mm.

3.5 Perhitungan Hyetograph Rencana

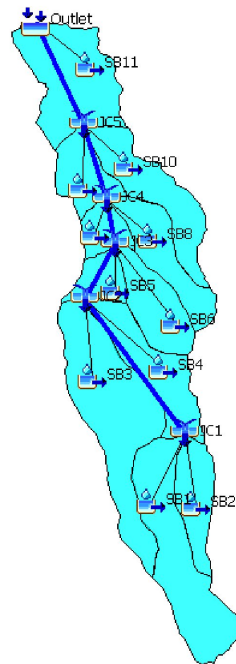
Perhitungan hyetograph rencana dilakukan dengan metode PSA 007, curah hujan rencana pada Tabel 3. dihitung interval per-jam dengan durasi 6 jam. Hasil *hyetograph* digunakan sebagai input curah hujan pada simulasi hidrologi HEC-HMS dan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hujan Rencana (mm) distribusi PSA-007

Jam	Kala Ulang, T (tahun)			
	2	5	10	25
0	0	0	0	0
1	3,581	4,319	4,706	5,082
2	5,969	8,638	10,195	12,705
3	62,671	73,424	78,818	82,579
4	10,147	12,957	14,509	16,516
5	3,581	4,319	4,706	5,082
6	3,581	4,319	4,706	5,082
Total	89,530	107,977	117,639	127,045

3.6 Pemodelan HEC-HMS

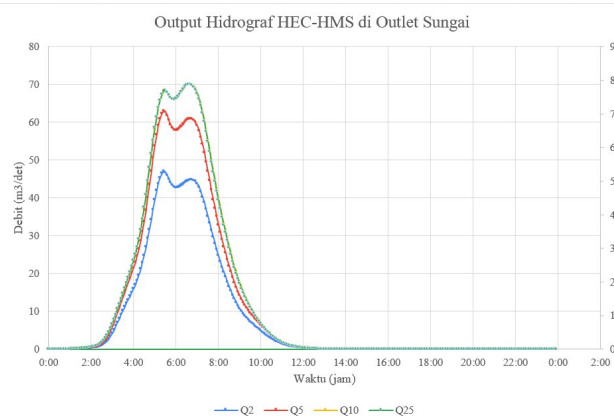
Pada pemodelan HEC-HMS, DAS dibagi menjadi beberapa sub-DAS yang terhubung melalui saluran utama (Gambar 2.). Metode loss menggunakan SCS *Curve Number* dengan parameter I_a , CN, dan *impervious*, sedangkan metode transformasi menggunakan SCS *Unit Hydrograph* dengan parameter *lag time*. Input parameter ditunjukkan pada Tabel 5.



Gambar 2. Model jaringan DAS Kalasey

Tabel 5. Input Parameter HEC-HMS

Sub-Basin	Loss Method				Transform Method		
	Impervious (%)	CN	S_{ret}	$Ia = 0.2S_{ret}$	Slope (S)	Panjang Sungai (ft)	Lag time (min)
SB_1	5	76.710	77.118	15.424	8.218	14751.5	63.279
SB_2	5	77.000	75.870	15.174	4.937	8287.52	51.035
SB_3	5	76.950	76.085	15.217	8.374	19703.7	78.464
SB_4	5	79.891	63.933	12.787	5.873	10896.7	53.351
SB_5	6.345	77.081	75.522	15.104	12.487	3794.83	17.136
SB_6	5.594	77.166	75.160	15.032	12.579	6486.79	26.152
SB_7	10.000	78.394	70.005	14.001	6.400	3173.54	19.946
SB_8	12.099	78.954	67.707	13.541	8.425	12069.7	49.760
SB_9	12.242	78.985	67.581	13.516	2.800	5041.08	42.885
SB_10	12.703	79.906	63.873	12.775	4.880	14004.8	71.501
SB_11	14.395	79.603	65.083	13.017	2.269	9112.94	75.070



Gambar 3. Output Hidrograf HEC-HMS di outlet Sungai Kalasey

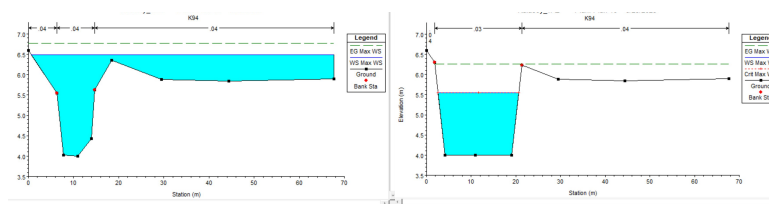
3.7 Pasang Surut

Data pasang surut bulan Juni dianalisis dengan metode Admiralty dan Least Square. Hasil menunjukkan RMSE metode Least Square (0,00027) jauh lebih kecil dibanding Admiralty (0,14), sehingga metode Least Square dipilih karena lebih akurat. Selanjutnya, nilai HHWL sebesar 1,314 m digunakan sebagai *downstream boundary condition* pada HEC-RAS untuk merepresentasikan muka air pasang maksimum di hilir Sungai Kalasey, sehingga hasil pemodelan mencerminkan kondisi paling kritis terhadap potensi banjir.

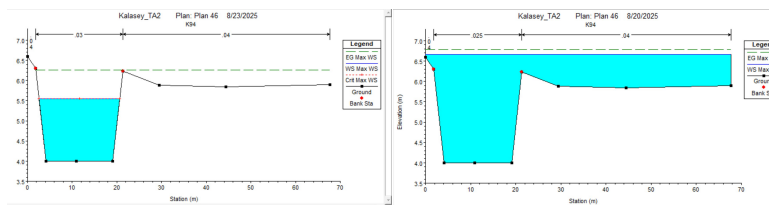
3.8 Pemodelan HEC-RAS

Kalibrasi dilakukan menggunakan debit kala ulang 2 tahun (Q2) karena curah hujan historis di tiga lokasi banjir mendekati curah hujan rencana Q2 dengan selisih maksimum 13,63 mm, sehingga dianggap mewakili kondisi sebenarnya.

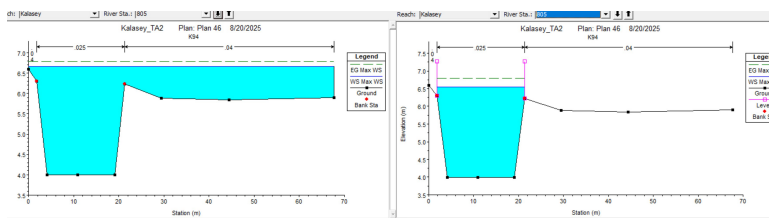
Setiap segmen dianalisis untuk mengidentifikasi penampang yang mengalami limpasan pada debit kala ulang 25 tahun (Q25) sesuai dengan Lampiran I Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014. Penampang dengan elevasi muka air melebihi *bank station* menjadi dasar normalisasi. Proses normalisasi difokuskan pada lokasi kritis agar kapasitas aliran sungai meningkat efektif dan efisien.



Gambar 4. Kondisi *Cross-Section* Sta. 0 + 805 Sebelum dan Setelah Normalisasi



Gambar 5. Kondisi *Cross-Section* Sta. 0 + 805 Sebelum dan Setelah Pemasangan Tanggul Setelah Normalisasi



Gambar 6. Kondisi *Cross-Section* Sta. 0 + 805 Sebelum dan Setelah Pemasangan Tanggul Lanjutan

Berdasarkan hasil simulasi, pada kondisi awal Sta. 0+805 (Gambar 4.) tidak memerlukan penambahan tanggul karena tidak terjadi limpasan. Namun, setelah dilakukan penambahan tanggul pada segmen lain, aliran mengalami perubahan sehingga menimbulkan limpasan pada Sta. 0+805 (Gambar 5.). Kasus serupa juga terjadi pada beberapa segmen lain, sehingga Sta. 0+805 dapat dijadikan contoh perlunya penambahan tanggul lanjutan (Gambar 6.) untuk mengantisipasi limpasan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi menggunakan aplikasi HEC-RAS 6.6 terhadap aliran Sungai Kalasey sepanjang $\pm 4,3$ km, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut: debit banjir rencana dianalisis menggunakan model hidrologi HEC-HMS berdasarkan data curah hujan dan karakteristik fisik DAS Kalasey dengan hasil simulasi kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun masing-masing $47 \text{ m}^3/\text{s}$, $63 \text{ m}^3/\text{s}$, $70,1 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $78,9 \text{ m}^3/\text{s}$, di mana debit kala ulang 25 tahun digunakan sebagai dasar perencanaan; hasil simulasi kondisi eksisting menggunakan HEC-RAS pada debit kala ulang 25 tahun menunjukkan dari total panjang sungai $\pm 4,3$ km, sepanjang $\pm 3,76$ km mengalami limpasan dan sisanya sekitar $0,54$ km tidak mengalami limpasan; normalisasi sungai dengan total panjang segmen normalisasi $\pm 1,9$ km; pemasangan tanggul dilakukan pada penampang yang masih mengalami limpasan pasca-normalisasi dengan tinggi tanggul ditentukan dari elevasi muka air ditambah *freeboard* $0,6$ meter, hasil pemodelan menunjukkan masih terdapat limpasan pada STA 0+699–0+880 sepanjang 143 m, STA 1+363–1+400 sepanjang 46 m, dan STA 1+611–1+642 sepanjang 31 m dengan total panjang limpasan 220 m sehingga diperlukan tanggul lanjutan; pemasangan tanggul lanjutan berhasil menanggulangi seluruh limpasan pada debit rencana Q25 sehingga kondisi aliran sungai setelah pemasangan tanggul menunjukkan tidak ada lagi segmen yang mengalami limpasan. Total panjang sungai yang ditanggul mencapai $\pm 1,9$ km dari keseluruhan $4,3$ km, terdiri atas tanggul di sisi kiri sepanjang $\pm 1,6$ km dan di sisi kanan sepanjang $\pm 1,3$ km.

DAFTAR RUJUKAN

- Kamiana, I Made. 2011. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2014). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 tentang penyelenggaraan sistem drainase perkotaan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia
- Triatmodjo, Bambang. 2008. Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi. Yogyakarta.
- Wibisono, D. (2005). Pengantar Ilmu Kelautan. Jakarta: PT. Grasindo.