

ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DI BAGIAN TIKUNGAN SUNGAI TALAWAAN BAJO KABUPATEN MINAHASA UTARA

Sharon Beatrix Kapoh

Fuad Halim, Liany A. Hendratta

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: sharon.kapoh@yahoo.com

ABSTRAK

Sungai Talawaan Bajo terletak di Kabupaten Minahasa Utara yang bermuara di Pantai Talawaan Bajo. Pada saat ini terjadi proses sedimentasi di sungai tersebut yang diakibatkan oleh banyaknya sedimen yang terbawa oleh aliran. Proses sedimentasi ini dapat mengakibatkan terjadinya perubahan ketinggian dasar sungai yang tentunya dapat mengurangi kapasitas tampungan sungai tersebut dan lama kelamaan akan mengakibatkan terjadinya banjir yang dapat merugikan masyarakat yang tinggal di sekitar sungai. Oleh karena itu untuk menanggulangi masalah tersebut, diperlukan analisis mengenai besarnya angkutan sedimen di daerah ini.

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran langsung di sungai untuk mendapatkan data morfologi sungai dan sampel sedimen pada dasar sungai. Sampel sedimen kemudian diperiksa di laboratorium untuk mendapatkan ukuran diameter butiran (D_{16} , D_{35} , D_{65} , D_{84} , D_{90}) dan berat jenis sedimen. Dalam analisis juga digunakan nilai hasil analisis debit banjir. Data- data yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan rumus empiris yaitu Van Rijn dan Einstein.

Dari hasil perhitungan angkutan sedimen dasar di bagian tikungan sungai menunjukkan bahwa nilai angkutan sedimen dasar di bagian tikungan luar lebih besar dibandingkan dengan nilai angkutan sedimen dasar di bagian tikungan dalam dan tengah sungai.

Kata kunci: Sedimen dasar, Sedimentasi, Tikungan Sungai, Sungai Talawaan Bajo.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai merupakan sebuah aliran air yang sumber utamanya berasal dari alam yang mengalir dari tempat yang memiliki ketinggian ke tempat yang lebih rendah. Alur sungai harus diupayakan agar tetap stabil karena sungai merupakan sumber air yang paling utama bagi kehidupan manusia.

Sungai Talawaan - Bajo, yang terletak di Kabupaten Minahasa Utara yang bermuara di Pantai Talawaan – Bajo. Pada saat ini terjadi proses sedimentasi di sungai tersebut yang diakibatkan oleh banyaknya sedimen yang terbawa oleh aliran dan dapat mempengaruhi ketinggian dasar sungai. Jika proses sedimentasi terjadi secara terus menerus maka akan mempengaruhi kestabilan alur sungai dimana akan terbentuk dataran yang baru yang disertai dengan perubahan/ perpindahan alur sungai. Pengendapan sedimen yang berlebihan dapat menyebabkan pendangkalan sungai, sehingga kapasitas tampung akan menurun dan dapat menyebabkan luapan air ke daerah pemukiman yang pastinya akan sangat merugikan bagi masyarakat sekitar.

Penelitian masalah sedimen di daerah Manado dan Minahasa telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya (Sidabutar, 2002, Fitriyah dkk, 2014., Salem dkk, 2016., Sumardi dkk, 2018., Meruntu dkk, 2019).

Dengan melihat masalah yang terjadi di sungai Talawaan Bajo, maka diperlukan penelitian berupa studi kasus tentang Analisis Angkutan Sedimen di Bagian Tikungan Sungai Talawaan Bajo Kabupaten Minahasa Utara.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka diperlukan penelitian berupa studi kasus tentang Analisis Angkutan Sedimen di Bagian Tikungan Sungai Talawaan Bajo Kabupaten Minahasa Utara.

Batasan Penelitian

Pada penelitian ini, masalah yang akan diteliti dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Perhitungan muatan sedimen dibatasi hanya pada sedimen dasar (*bed load*)
2. Debit yang digunakan yaitu debit banjir kala ulang (5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun)

3. Pembahasan berbasis pada data pengukuran yang ada, dibatasi pada lokasi terpilih, alur sungai yang ditinjau adalah sepanjang 50 m, tidak ada aliran pertemuan/percabangan sepanjang alur yang akan ditinjau
4. Perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode Van Rijn dan Einstein.
5. Perhitungan untuk mengetahui analisis besaran angkutan sedimen berdasarkan debit banjir kala ulang (5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun) dan distribusi penyebaran sedimen di bagian tikungan dalam, tengah dan luar sungai.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan besaran angkutan sedimen pada bagian tikungan Sungai Talawaan – Bajo, Kabupaten Minahasa Utara.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai tata cara, prosedur dan analisis berkaitan dengan penanganan masalah sedimentasi dan sebagai bahan pertimbangan bagi pihak yang berkepentingan dalam hal penanganan sedimen di Sungai Talawaan – Bajo.

LANDASAN TEORI

Daur Hidrologi

Daur hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut kembali.

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat pemakaian.

Analisis Curah Hujan

Curah hujan rata-rata dengan cara *Polygon Thiessen* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

dengan:

- \bar{R} = Curah hujan rata-rata.
 R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik-titik pengamatan.
 A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang mewakili tiap stasiun pengamatan.

Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Data yang dibutuhkan untuk menentukan debit banjir rencana antara lain data curah hujan, luas *catchment area* dan data penutup lahan. Debit banjir rencana biasa didapatkan dengan beberapa metode dan yang digunakan pada penelitian ini adalah hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir.

HSS-SCS

Hidrograf Tidak berdimensi SCS (*Soil Conserveation Services*) adalah hidrograf satuan sintesis dimana debit dinyatakan sebagai nisbah debit q terhadap debit puncak q_p dan waktu dalam nisbah waktu t terhadap waktu naik dari hidrograf satuan T_p .

Jika debit puncak dan waktu keterlambatan dari suatu durasi hujan efektif (*Lag Time*) diketahui, maka hidrograf satuan dapat diestimasi dari UH sintesis SCS.

$$\begin{aligned} \text{Lag Time } (t_p) &= 0,6 \times T_c \\ \text{Waktu Naik } (T_p) &= \frac{tr}{2} + t_p \\ \text{Time base } (t_b) &= 5 \times T_p \\ q_p &= \frac{CA}{T_p} \end{aligned}$$

Analisis Hidrolika

Aliran dikatakan langgeng (*steady*) jika kecepatan tidak berubah selama selang waktu tertentu.

Aliran alami umumnya bersifat tidak tetap, ini disebabkan karena bentuk geometris hidroliknya saluran, sungai – sungai di lapangan tidak teratur, adanya tanaman pada tebing saluran, adanya bangunan air, perubahan dasar saluran, dan lainnya. Komponen pada model ini digunakan untuk menghitung profil muka air pada kondisi aliran langgeng (*steady*). Komponen pada *steady flow* dapat memodelkan profil muka air pada kondisi aliran subkritis, superkritis dan sistem gabungan.

Sedimentasi

Sedimen adalah hasil erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian

bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Di dalam aliran air terdapat material material sedimen yang dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan akibat sedimentasi dimana aliran air tersebut akan bermuara yaitu di danau atau di laut. Sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh aliran air akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan alirannya melambat atau terhenti. Peristiwa pengendapan ini dikenal dengan peristiwa atau proses sedimentasi.

Muatan Sedimen Dasar (Bed Load)

Menurut Soewarno (1991), muatan sedimen dasar merupakan partikel-partikel kasar yang bergerak pada dasar sungai secara keseluruhan. Gerakannya bisa bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang-kadang meliputi lapisan dasar ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut bersama-sama bergerak ke arah hilir. Pada umumnya alur sungai di bagian hulu angkutan *bed load* merupakan bagian yang terbesar dari seluruh jumlah sedimen.

Pengukuran Angkutan Sedimen dengan Rumus Empiris

Berbagai persamaan untuk memperkirakan muatan angkutan sedimen telah banyak dikembangkan, walaupun demikian penerapannya untuk penyelidikan di lapangan masih perlu pengkajian lebih lanjut. Tetapi ada persamaan yang umumnya di gunakan untuk memperkirakan muatan angkutan sedimen.

Persamaan L. C. Van Rijn

Menurut Van Rijn angkutan sedimen dapat dianalisa cukup akurat dengan dua parameter yang tak berdimensi (*dimensionless parameters*) yang dikemukakan oleh Ackers white dan Yallin (Van Rijn, 1984), yaitu:

- Parameter partikel (*particle parameter*)

$$D_* = D_{50} \left[\frac{(s-1)}{v^2} \right]^{1/3} \tag{2}$$

dimana:

- D_* = parameter partikel
- D_{50} = ukuran partikel
- s = kerapatan jenis = $\frac{\rho_s}{\rho}$
- v^2 = koefisien kekentalan kinematic
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/det²)

- Stage parameter (T)

$$T = \frac{(V_*')^2 - (V_{*cr})^2}{(V_{*cr})^2} \tag{3}$$

dimana:

$$V_*' = \left(\frac{g^{0.5}}{C'} \right) \cdot \bar{V}$$

\bar{V} = kecepatan aliran rata-rata (m/det)

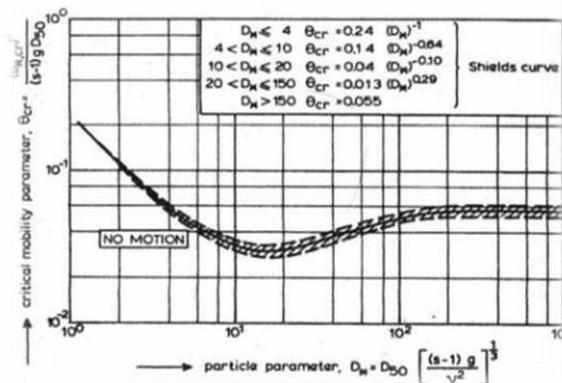
V_*' = kecepatan geser dasar berhubungan dengan butiran partikel (m/det)

V_{*CR} = kecepatan geser dasar kritis menurut Shield (m/det)

T = Stage parameter

C' = koefisien Chezy

Kecepatan geser dasar kritis (V_{*CR}) dapat dihitung dengan diagram yang diberikan oleh Shield.



Gambar 1. Kurva awal menurut Shield
Sumber: Van Rijn, (1984)

Untuk C' dihitung dengan persamaan :

$$C' = 18 \log \left(\frac{12 Rb}{3 D_{90}} \right) \tag{4}$$

dimana:

- Rb = jari-jari hidraulik (m)
- D₉₀ = ukuran partikel sedimen (m)

Angkutan sedimen dasar (*bed load*) per satuan lebar sungai dapat dihitung dengan persamaan:

$$q_b = \frac{0,053(T)^{2.1}[(s-1)g]^{0.5} \cdot (d_{50})^{3/2}}{(D^*)^{0.3}} \tag{5}$$

Debit angkutan sedimen dasar untuk seluruh lebar dasar saluran:

$$Q_b = q_b \cdot W \tag{6}$$

dimana:

- q_b = Angkutan sedimen dasar pada satu satuan lebar sungai (m²/det)
- W = lebar dasar saluran (m)

Persamaan Einstein

Persamaan muatan sedimen dengan pendekatan Einstein berdasarkan fungsi dari pada:

$$\Phi = f(\Psi) \tag{7}$$

Angkutan sedimen dasar (*bed load*)

- Intensitas aliran :

$$\Psi = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \times \frac{D_{35}}{R \left(\frac{n'}{n} \right)^{3/2} S} \tag{8}$$

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Talawaan Bajo dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2017. Pos hujan yang digunakan sebanyak 1 Pos Hujan MRG Talawaan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2017.

Tabel 2. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	MRG Talawaan
2008	161
2009	106
2010	110
2011	141,5
2012	118
2013	94
2014	94
2015	131
2016	151
2017	183

Sumber: BWSS-1.

Uji Data Outlier

Data outlier adalah data yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data. Uji outlier dilakukan untuk mengoreksi data sehingga baik untuk digunakan pada analisis selanjutnya.

Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Jenis sebaran hujan bergantung pada nilai parameter statistik yaitu rata-rata hitung atau

mean (\bar{X}), simpangan baku (S) koefisien kemencengan (Cs), koefisien variasi (Cv) dan koefisien kurtosis (Ck).

Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III.

Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik seperti pada tabel 3. Berikut.

Rata-rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = 2,100112$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = 0,099393$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = 0,195230517 \text{ (Kemencengan Positif)}$$

Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel nilai K_T untuk kemencengan positif yang ditentukan dengan menggunakan nilai $C_{S_{\log X}}$ dan kala ulang dalam tahun.

Nilai K untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

- 5 Tahun : 0,830286
- 10 Tahun : 1,300571
- 25 Tahun : 1,816426
- 50 Tahun : 2,15652
- 100 Tahun : 2,46856

Tabel 3. Parameter Statistik Log Pearson-III

Ranking	R=X	Log X (Y)	(Y - \bar{Y})	(Y - \bar{Y}) ²	(Y - \bar{Y}) ³
1	94	1,973128	-0,12698	0,01612492	-0,002047606
2	94	1,973128	-0,12698	0,01612492	-0,002047606
3	106	2,025306	-0,07481	0,005595927	-0,000418608
4	110	2,041393	-0,05872	0,003447933	-0,00020246
5	118	2,071882	-0,02823	0,000796921	-2,24969E-05
6	131	2,117271	0,01716	0,000294449	5,05259E-06
7	141,5	2,150756	0,050645	0,00256488	0,000129897
8	151	2,178977	0,078865	0,006219713	0,000490519
9	161	2,206826	0,106714	0,011387896	0,001215249
10	183	2,262451	0,162339	0,026354048	0,004278298
Σ		21,00112	-3,1E-15	0,088911607	0,001380238

Tabel 4. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (TR)	Log X _{TR}	X _{TR}
5 Tahun	2,182637	152,2779 mm
10 Tahun	2,22938	169,5821 mm
25 Tahun	2,280653	190,8327 mm
50 Tahun	2,314456	206,2794 mm
100 Tahun	2,345471	221,5497 mm

Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Distribusi hujan jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar yaitu pola hujan daerah Manado dan sekitarnya.

Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Tabel 5. Perhitungan nilai CN DAS Talawaan Bajo

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Hutan (penutupan baik)	9,8700	7,9321	55	4,3626
Hutan (tanaman jarang, penutupan jelek)	18,4310	14,8122	66	9,7760
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi)	85,6035	68,7957	71	48,8449
Pemukiman (25% kedap air)	1,1515	0,9254	70	0,6478
Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan, dsb (kondisi sedang : rumput menutup 50% -75% luasan)	8,6573	6,9575	69	4,8007
Total	124,4313	100	-	68,8996

Nilai CN rata-rata untuk DAS Talawaan Bajo adalah 68,8996.

Analisis Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS akan menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services*, dan untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*.

Pertama, akan dihitung asumsi *lag time* awal dari DAS Talawaan Bajo dengan data parameter DAS sebagai berikut:

$$L = 45,2 \text{ km.}$$

$$s = 0,00823 \text{ m/m.}$$

$$n = 0,076$$

Perhitungan dilakukan dengan persamaan berikut:

$$T_c = \frac{0,606(L.N)^{0,467}}{S^{0,234}} = 3,315565 \text{ jam}$$

$$T_l = 0,6 \cdot T_c = 1,989339 \text{ jam}$$

Kalibrasi Parameter HSS SCS

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter

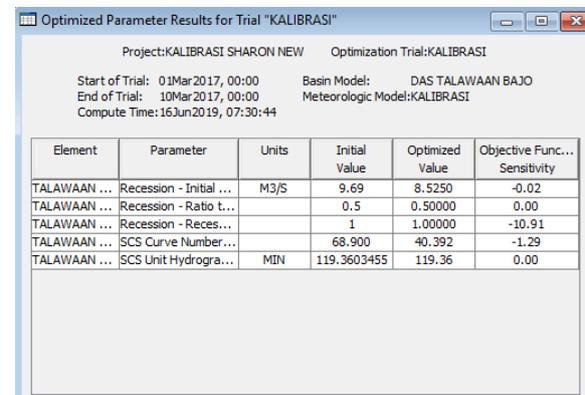
HSS SCS perlu dilakukan untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC-HMS dengan data debit terukur.

Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur dilapangan.

Data hujan dan data debit dimasukkan ke komponen Time-Series Data. Data hujan dan data debit yang digunakan adalah data tahun 2017, dengan waktu mulai pada 01 Maret 2017 dan waktu selesai 10 Maret 2017. Data debit yang digunakan adalah data debit perbandingan sungai Talawaan dengan menggunakan metode analisis regional.



Gambar 5. Rangkuman Hasil Kalibrasi



Gambar 6. Parameter Teroptimasi Hasil Kalibrasi DAS Talawaan Bajo

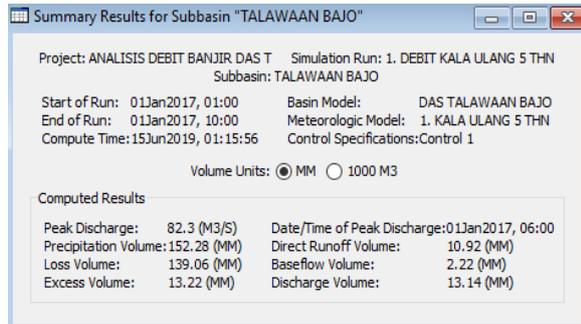


Gambar 7. Grafik Perbandingan Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

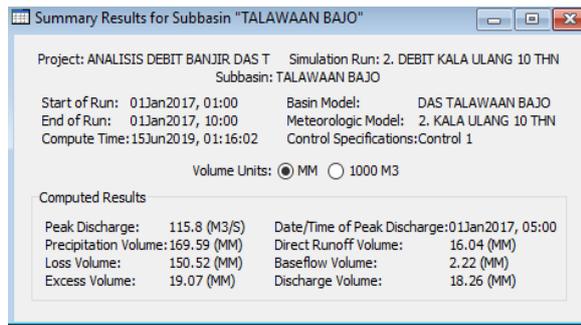
Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir.

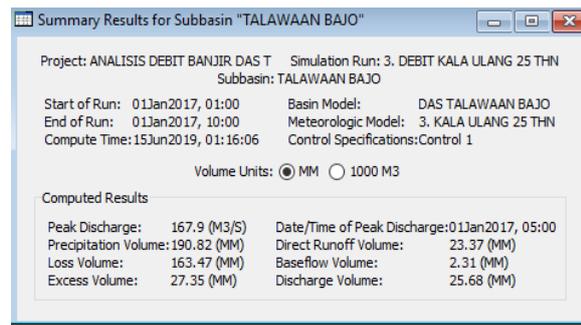
Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program komputer HEC-HMS sebagai berikut:



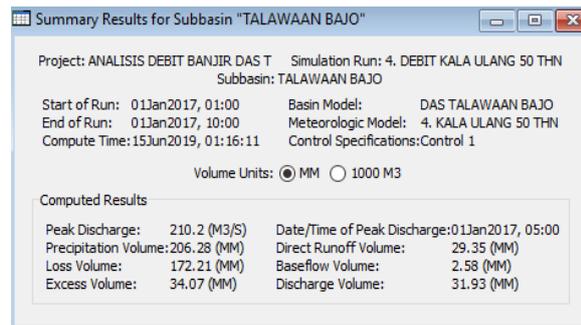
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



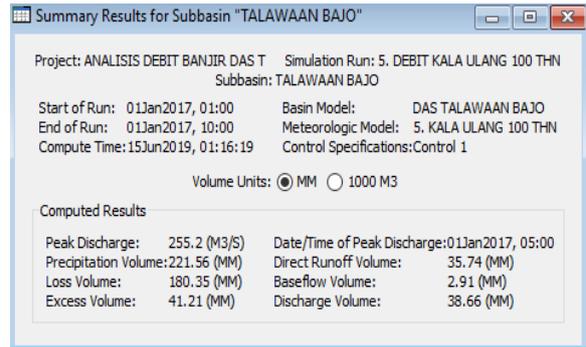
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



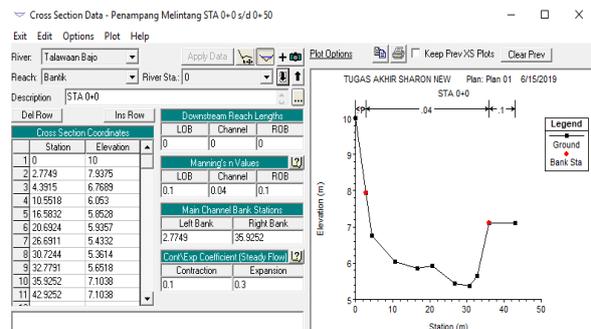
Gambar 11. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



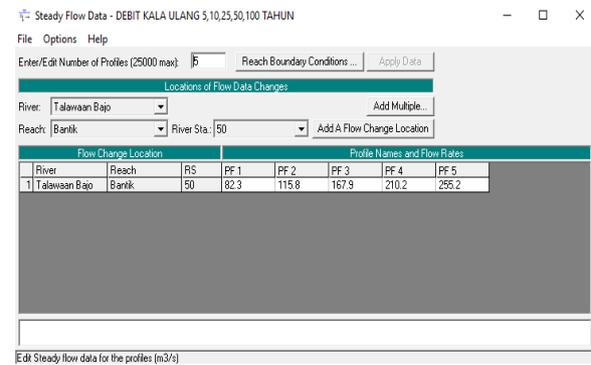
Gambar 12. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

Analisis Tinggi Muka Air

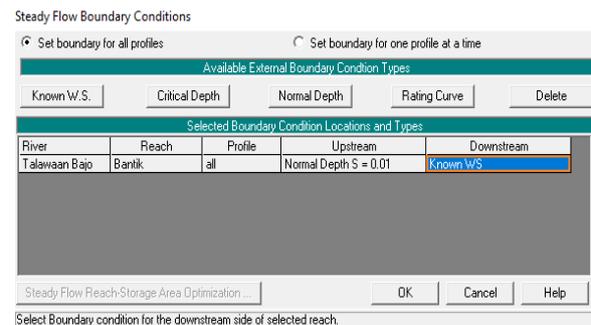
Analisis tinggi muka air menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *n Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).



Gambar 13. Memasukkan Data Penampang Sungai

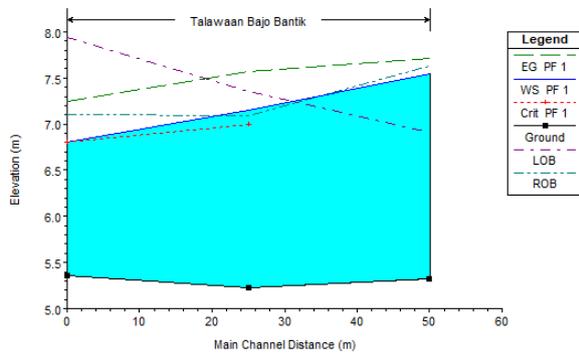


Gambar 14. Pengisian Data Debit



Gambar 15. Pengisian Reach Boundary Conditions

Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC-RAS



Gambar 16. Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Talawaan Bajo

Penentuan Ukuran Butir Partikel Sedimen

Untuk ukuran butir berupa pasir dan kerikil selalu dilaksanakan dengan analisa saringan/ayakan.

Presentase tertahan (% tertahan) dari masing-masing ukuran butiran (ukuran ayakan), dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ tertahan} = \frac{\text{berat sampel yang tertahan}}{\text{berat sampel total}} \times 100$$

Adapun data pada ruas sungai yang ditinjau berat sampel asli memiliki berat 250 gram. Setelah dioven dan disaring memiliki data sebagai berikut :

Tabel 6. Tabel Data Distribusi Ukuran Butiran

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4,750	0	0	0,00	100,00
8	2,360	0,2	0,2	0,08	99,92
10	2,000	0,12	0,32	0,13	99,87
12	1,680	0,3	0,62	0,25	99,75
16	1,180	1,21	1,83	0,73	99,27
18	0,840	3,13	4,96	1,98	98,02
30	0,600	41,47	46,43	18,57	81,43
40	0,424	67,83	114,26	45,70	54,30
50	0,300	24,92	139,18	55,67	44,33
80	0,180	102,87	242,05	96,82	3,18
100	0,150	0,02	242,07	96,83	3,17
200	0,075	3,05	245,12	98,05	1,95
pan	-	3,099	248,219	99,29	0,71

Ukuran butiran:

- Untuk $D_{16} = 0,210$ mm
- Untuk $D_{35} = 0,270$ mm
- Untuk $D_{50} = 0,380$ mm
- Untuk $D_{65} = 0,500$ mm
- Untuk $D_{84} = 0,640$ mm
- Untuk $D_{90} = 0,700$ mm

Penentuan Berat Jenis Partikel

Karakteristik sedimen pada ruas sungai Talawaan Bajo menurut spesifikasi jenis tanah berdasarkan (Wesley, 1988) adalah jenis tanah gravel. (Tabel 7)

Tabel 7. Hasil Analisis Pemeriksaan Berat Jenis

	A	B
Berat Pignometer (W1)	44,26	32,32
Berat Pignometer + Pasir (W2)	54,26	42,32
Berat Pasir (Wt = W2-W1)	10	10
Berat Pigno + Air + Pasir (W3)	147,65	136,1
Berat Pigno + Air (25') (W4)	141,46	128,65
W5 = W2-W1+W4	151,46	138,65
Isi Tanah W5-W3	3,81	2,55
Berat Jenis Wt/W5-W3	2,62	3,9
Rata-rata	3,27	

Analisis Angkutan Sedimen Berdasarkan Rumus Empiris

Hasil analisis angkutan sedimen dasar menggunakan metode Van Rijn dan Einstein dapat dilihat di tabel berikut:

Tabel 8. Angkutan Sedimen Dasar Sungai Talawaan Bajo dengan Menggunakan Debit Banjir Kala Ulang

Kala Ulang (Tahun)	Debit (Q) m ³ /det	Qb (kg/det)	
		Metode Van Rijn	Metode Einstein
5	82,3	7,5504	3,1081
10	115,8	12,8439	4,5068
25	167,9	22,6837	6,0608
50	210,2	31,8863	7,7703
100	255,2	42,7144	9,3243

Analisis Distribusi Besarnya Debit pada Daerah Tikungan Sungai

Hasil perhitungan distribusi besarnya debit pada bagian tikungan sungai untuk debit banjir kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 9. Hasil Perhitungan Debit Banjir Pada Bagian Tikungan Sungai

Kala Ulang (Tahun)	Debit (m ³ /det)	Debit Bagian Tikungan (m ³ /det)		
		Dalam	Tengah	Luar
5	82,3	17,283	31,274	33,743
10	115,8	24,318	44,004	47,478
25	167,9	35,259	63,802	68,839
50	210,2	44,142	79,876	86,182
100	255,2	53,592	96,976	104,632

Distribusi Besarnya Sedimen Dasar (*Bed Load*) pada Daerah Tikungan Sungai

Berdasarkan hasil perhitungan besarnya distribusi debit pada bagian tikungan sungai (tabel 4.29) kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun, maka besarnya sedimen dasar (*bed load*) dengan menggunakan metode Van Rijn dan Einstein hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Metode Van Rijn

Tabel 10. Hasil Perhitungan Angkutan Sedimen Dasar (*Bed Load*) Pada Bagian Tikungan Sungai Dengan Menggunakan Metode Van Rijn

Kala Ulang (Tahun)	Qb (kg/det)	Qb Bagian Tikungan (kg/det)		
		Dalam	Tengah	Luar
5	7,5504	1,5856	2,8692	3,0957
10	12,8439	2,6972	4,8807	5,2660
25	22,6837	4,7636	8,6198	9,3003
50	31,8863	6,6961	12,1168	13,0734
100	42,7144	8,9700	16,2315	17,5129

Metode Einstein

Tabel 11. Hasil Perhitungan Angkutan Sedimen Dasar (*Bed Load*) Pada Bagian Tikungan Sungai Dengan Menggunakan Metode Einstein

Kala Ulang (Tahun)	Qb (kg/det)	Qb Bagian Tikungan (kg/det)		
		Dalam	Tengah	Luar
5	3,1081	0,6527	1,1811	1,2743
10	4,5068	0,9464	1,7126	1,8478
25	6,0608	1,2728	2,3031	2,4849
50	7,7703	1,6318	2,9527	3,1858
100	9,3243	1,9581	3,5432	3,8230

PENUTUP

Kesimpulan

1. Hasil perhitungan angkutan sedimen dasar dengan metode Van Rijn berdasarkan debit kala ulang 5 tahun diperoleh $Q_b = 7,5504$ kg/det, kala ulang 10 tahun diperoleh $Q_b = 12,8439$ kg/det, kala ulang 25 tahun diperoleh $Q_b = 22,6837$ kg/det, kala ulang 50 tahun diperoleh $Q_b = 31,8863$ kg/det, kala ulang 100 tahun diperoleh $Q_b = 42,7144$ kg/det.
2. Hasil perhitungan angkutan sedimen dasar dengan metode Einstein berdasarkan debit kala ulang 5 tahun diperoleh $Q_b = 3,1081$

kg/det, kala ulang 10 tahun diperoleh $Q_b = 4,5068$ kg/det, kala ulang 25 tahun diperoleh $Q_b = 6,0608$ kg/det, kala ulang 50 tahun diperoleh $Q_b = 7,7703$ kg/det, kala ulang 100 tahun diperoleh $Q_b = 9,3243$ kg/det.

3. Hasil perhitungan angkutan sedimen dasar di bagian tikungan sungai dengan metode Van Rijn pada kala ulang 5 tahun diperoleh Q_b tikungan dalam = 1,5856 kg/det, Q_b tikungan tengah = 2,8692 kg/det, Q_b tikungan luar = 3,0957 kg/det, pada kala ulang 10 tahun diperoleh Q_b tikungan dalam = 2,6972 kg/det, Q_b tikungan tengah = 4,8807 kg/det, Q_b tikungan luar = 5,2660 kg/det, pada kala ulang 25 tahun diperoleh Q_b tikungan dalam = 4,7636 kg/det, Q_b tikungan tengah = 8,6198 kg/det, Q_b tikungan luar = 9,3003 kg/det, pada kala ulang 50 tahun diperoleh Q_b tikungan dalam = 6,6961 kg/det, Q_b tikungan tengah = 12,1168 kg/det, Q_b tikungan luar = 13,0734 kg/det, pada kala ulang 100 tahun diperoleh Q_b tikungan dalam = 8,9700 kg/det, Q_b tikungan tengah = 16,2315 kg/det, Q_b tikungan luar = 17,5129 kg/det.
4. Hasil perhitungan angkutan sedimen dasar di bagian tikungan sungai dengan metode Einstein pada kala ulang 5 tahun diperoleh Q_b tikungan dalam = 0,6527 kg/det, Q_b tikungan tengah = 1,1811 kg/det, Q_b tikungan luar = 1,2743 kg/det, pada kala ulang 10 tahun diperoleh Q_b tikungan dalam = 0,9464 kg/det, Q_b tikungan tengah = 1,7126 kg/det, Q_b tikungan luar = 1,8478 kg/det, pada kala ulang 25 tahun diperoleh Q_b tikungan dalam = 1,2728 kg/det, Q_b tikungan tengah = 2,3031 kg/det, Q_b tikungan luar = 2,4849 kg/det, pada kala ulang 50 tahun diperoleh Q_b tikungan dalam = 1,6318 kg/det, Q_b tikungan tengah = 2,9527 kg/det, Q_b tikungan luar = 3,1858 kg/det, pada kala ulang 100 tahun diperoleh Q_b tikungan dalam = 1,9581 kg/det, Q_b tikungan tengah = 3,5432 kg/det, Q_b tikungan luar = 3,8230 kg/det.
5. Dari perbandingan hasil analisis angkutan sedimen dasar di bagian tikungan menunjukkan bahwa metode Van Rijn menghasilkan nilai angkutan sedimen yang lebih besar dibandingkan dengan metode Einstein, hal ini disebabkan karena parameter-parameter yang digunakan pada metode Van Rijn lebih lengkap dan periodenya lebih baru dibandingkan dengan metode lain.
6. Dari hasil analisis angkutan sedimen dasar dibagian sungai yang menikung menunjukkan bahwa angkutan sedimen dibagian tikungan

luar menghasilkan angkutan sedimen yang lebih besar dibandingkan dengan tikungan bagian dalam dan tengah. Hal ini sebanding dengan besarnya debit aliran dibagian tikungan sungai pada kala ulang 5 tahun yaitu, Q_5 tikungan dalam = 17,283 m³/det, Q_5 tikungan tengah = 31,274 m³/det, Q_5 tikungan luar = 33,743 m³/det, pada kala ulang 10 tahun yaitu, Q_{10} tikungan dalam = 24,318 m³/det, Q_{10} tikungan tengah = 44,004 m³/det, Q_{10} tikungan luar = 47,478 m³/det, pada kala ulang 25 tahun yaitu, Q_{25} tikungan dalam = 35,259 m³/det, Q_{25} tikungan tengah = 63,802 m³/det, Q_{25} tikungan luar = 68,839 m³/det, pada kala ulang 50 tahun yaitu, Q_{50} tikungan dalam = 44,142 m³/det, Q_{50}

tikungan tengah = 79,876 m³/det, Q_{50} tikungan luar = 86,182 m³/det, pada kala ulang 100 tahun yaitu, Q_{100} tikungan dalam = 53,592 m³/det, Q_{100} tikungan tengah = 96,976 m³/det, Q_{100} tikungan luar = 104,632 m³/det.

Saran

1. Perlu adanya penelitian terhadap angkutan sedimen melayang (*suspended load*) agar diperoleh angkutan sedimen total dan dapat diketahui presentase sedimen dasar dan sedimen melayang.
2. Untuk penelitian selanjutnya perlu digunakan metode empiris lain, sehingga didapat hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Talawaan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Data Debit Harian Sungai Talawaan Bajo*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Global Mapper*. Data GIS Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. 2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____. 2010. *HEC-RAS 4.1.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- Fitriyah, Fifi N., Fuad Halim, Muh. Ihsan Jasin., 2014. *Penanganan Masalah Erosi Dan Sedimentasi di Kawasan Kelurahan Perkamil*. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.4 April 2014 (173-181) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Halim, Fuad., 1997. *Topografi Dasar Saluran Menikung 90° Akibat Aliran Pada Dasar Bergerak (Kajian Laboratorium)*. Tesis Magister, Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Meruntu, Philips A., Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma, 2019. *Analisis Kapasitas Penampang Sungai Tingkulu di Kecamatan Tikala Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.4 April 2019 (379-388) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Rijn, L. C. V., 1984. *Sediment Transport, part I: Bed Load Transport*, Journal of Hydraulic Engineering, Vol.110, No.10.
- Salem, Haniedo P., Jeffry S. F. Sumarauw, E. M. Wuisan. 2016. *Pola Distribusi Hujan Jam–Jaman di Kota Manado dan Sekitarnya*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.3 Maret 2016 (203-210) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sembiring, Amelia Ester. 2014. *Analisis Sedimentasi di Muara Sungai Panasen Manado.*, Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.3, Maret 2014 (148-154) ISSN:2337-6732. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sidabutar, Hanny M. M. 2002. *Transport Sedimen Material Bed Load Pada Alur Hilir Sungai (Studi Kasus: Transport Sedimen Material Bed Load pada Alur Hilir Sungai Tondano Yang Berlokasi di Kelurahan Kairagi)*. Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

- Soewarno, 1991. *Pengukuran dan Pengelolaan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Nova, Bandung.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumardi, Mirza A., Liany A. Hendratta, Fuad Halim. 2018. *Analisis Angkutan Sedimen Di Sungai Air Kolongan Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.12 Desember 2018 (1043-1054) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Triatmodjo, Bambang., 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Wesley, L. D., 1988. *Mekanika Tanah, Cet. IV*, Andi Offset, Yogyakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan