

ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DI SUNGAI DINAMUNEN KABUPATEN MINAHASA UTARA

Enjelia Tasya Pagayang

Fuad Halim, Liany A. Hendratta

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: enjeliapagayang@gmail.com

ABSTRAK

Pendangkalan akibat sedimentasi menjadi salah satu permasalahan yang terjadi di sungai Dinamunen. Sungai Dinamunen merupakan salah satu sungai yang bermuara di danau Tondano. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis angkutan sedimen di sungai Dinamunen kabupaten minahasa utara.

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_{50} , 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 Meyer-Peter.

Dari analisis debit sedimen dasar di sungai Dinamunen diperoleh hasil : untuk metode Van rijn dengan Q_b kala ulang 5 Tahun = 27,002 kg/det, kala ulang 10 Tahun = 53,638 kg/det, Kala Ulang 25 Tahun = 111,13 kg/det, kala ulang 50 Tahun = 177,56 kg/det, dan kala ulang 100 Tahun = 270,23 kg/det, sedangkan metode Meyer-Peter memperoleh Q_b untuk kala ulang 5 Tahun = 71,317 kg/det, 10 Tahun = 109,164 kg/det, kala ulang 25 Tahun = 171,715 kg/det, kala ulang 50 Tahun = 229,836 kg/det, dan kala ulang 100 Tahun = 298,444. Hasil analisis menunjukkan debit sedimen dasar mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya debit aliran sungai.

Kata kunci : Kata kunci: Debit Banjir, Sedimen, Sungai Dinamunen

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai Dinamunen sangat berperan pada kehidupan masyarakat yang tinggal di dekat aliran sungai Dinamunen, salah satu peran sungai Dinamunen untuk masyarakat sekitar yaitu sebagai sumber air. Permasalahan yang terjadi di sungai Dinamunen belakangan ini yaitu, sedimen yang terbawa oleh aliran dan terjadi pengendapan di bagian alur sungai yang mengakibatkan kapasitas daya tampung sungai tersebut menjadi berkurang. Hal tersebut dapat merugikan masyarakat yang bermukim di sekitar sungai tersebut.

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

Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas maka diperlukan penelitian berupa studi kasus tentang

Analisis Angkutan Sedimen Di Sungai Dinamunen Kabupaten Minahasa Utara.

Batasan Penelitian

1. Perhitungan muatan sedimen hanya dibatasi pada Sedimen Dasar (*bed load*).
2. 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.
3. Perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode Van Rijn dan Meyer Peter.
4. Perhitungan angkutan sedimen menggunakan debit banjir kala ulang 5 Tahun, 10 Tahun, 25 Tahun, 50 Tahun, dan 100 Tahun

Tujuan Penelitian

Mendapatkan besaran angkutan sedimen pada Sungai Dinamunen Kabupaten Minahasa Utara.

Manfaat Penelitian

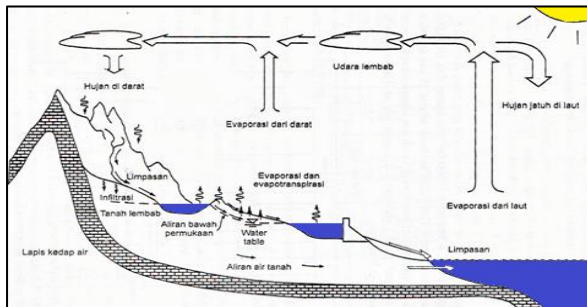
Hasil penelitian dapat menjadi sumber informasi mengenai tata cara, prosedur dan

analisis berkaitan dengan penanganan masalah sedimentasi dan sebagai bahan pertimbangan bagi pihak yang berkepentingan dalam hal penanganan sedimen di Sungai Dinamunen.

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.



Gambar 1. Siklus Hidrologi
Sumber: Triatmodjo, 2008

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.

Untuk menentukan batas DAS sangat diperlukan peta topografi. Peta topografi adalah peta yang memuat semua keterangan tentang suatu wilayah tertentu, baik jalan, kota, desa, sungai, jenis tumbuh-tumbuhan, tata guna lahan lengkap dengan garis-garis kontur.

Peta topografi dengan skala 1:50.000 dipandang mencukupi. Dari peta yang dimiliki, ditetapkan titik-titik tertinggi di sekeliling sungai utama (*main stream*) yang dimaksudkan, masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan lainnya sehingga membentuk garis utuh yang bertemu ujung pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS di titik kontrol tertentu.

Analisis Curah Hujan

Untuk mendapatkan perkiraan besar banjir yang terjadi di suatu penampang sungai tertentu, maka kedalaman hujan yang terjadi harus diketahui pula. Yang diperlukan adalah besaran

kedalaman hujan yang terjadi di seluruh DAS. Jadi tidak hanya besaran hujan yang terjadi di suatu stasiun pengukuran hujan, melainkan data kedalaman hujan dari beberapa stasiun hujan yang tersebar di seluruh DAS.

Curah hujan rata-rata dari hasil pengukuran hujan di beberapa stasiun pengukuran dapat dihitung dengan metode *Polygon Thiessen*. Metode ini dipandang cukup baik karena memberikan koreksi terhadap kedalaman hujan sebagai fungsi luas daerah yang dianggap mewakili.

Analisis Frekuensi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi seperti : curah hujan, temperatur, penguapan, debit sungai dan lain sebagainya yang akan selalu berubah menurut waktu. Komponen data hidrologi dapat disusun dalam bentuk daftar atau tabel.

Dalam sistem hidrologi, ada waktu-waktu terjadinya kejadian ekstrim seperti hujan badai, banjir, dan kekeringan. Besarnya kejadian ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya. Bencana yang sangat parah cenderung jarang terjadi dibandingkan dengan bencana yang tidak terlalu parah. Tujuan Analisis frekuensi adalah untuk mengetahui besarnya suatu kejadian dan frekuensi atau periode ulang kejadian tersebut dengan menggunakan distribusi probabilitas.

Pemilihan Tipe Distribusi

Tipe distribusi yang sesuai dapat diketahui berdasarkan parameter-parameter statistik data pengamatan. Hal ini dilakukan dengan melakukan tinjauan terhadap syarat batas parameter statistik tiap distribusi dengan parameter data pengamatan. Secara teoritis, langkah awal penentuan tipe distribusi dapat dilihat dari parameter-parameter statistik data pengamatan lapangan yaitu C_S , C_V , dan C_K .

Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

- 1) Distribusi Normal
 $C_S \approx 0 ; C_K \approx 3$
- 2) Distribusi Log-Normal
 $C_S \approx C_V^3 + 3 C_V$
 $C_K \approx C_V^8 + 6 C_V^6 + 15 C_V^4 + 16 C_V^2 + 3$
- 3) Distribusi Gumbel
 $C_S \approx 1,14 ; C_K \approx 5,40$
- 4) Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log-Normal III.

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, antara lain metode empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir.

HSS-SCS

Hidrograf Tidak berdimensi SCS (*Soil Conservation Services*) (SCS, 1972, dalam Chow 1988) 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.

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.

Sedimen

Sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terangkut oleh aliran dari bagian hulu akibat dari erosi. Sungai-sungai membawa sedimen dalam setiap alirannya. Sedimen dapat berada di berbagai lokasi dalam aliran, tergantung pada keseimbangan antara kecepatan ke atas pada partikel (gaya tarik dan gaya angkat) dan kecepatan pengendapan partikel.

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 digunakan untuk memperkirakan muatan angkutan sedimen.

Analisa Angkutan Sedimen dengan Metode 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*)

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

dimana:

- D_* = Parameter partikel
- D_{50} = Ukuran partikel
- s = Kerapatan jenis = $\frac{\rho_s}{\rho}$
- v^2 = Koefisien kekentalan kinematik
- g = Percepatan gravitasi (9,81 m/det²)

- Stage parameter (T)

$$T = \frac{(V'_*)^2 - (V'_{*cr})^2}{(V'_{*cr})^2}$$

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

Analisa Angkutan Sedimen dengan Metode Meyer – Peter

Persamaan muatan sedimen dasar dari Meyer – Peter dapat ditulis sebagai berikut:

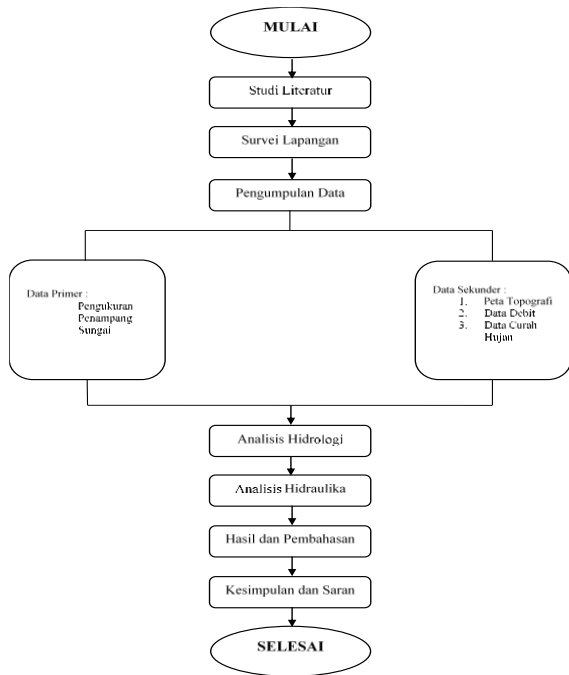
$$\left(\frac{n}{n'} \right)^{2/3} \cdot \gamma \cdot R \cdot S = 0.047 (\rho - \rho_s) D_{50} + 0.25 \left(\frac{\gamma}{g} \right) \cdot q_b'^{2/3}$$

dimana:

- n = Angkutan sedimen dasar pada satu satuan lebar sungai (m²/det)
- n' = lebar dasar saluran (m)
- γ = Berat jenis air.
- R = Jari-jari hidrolis untuk bagian aliran yang dihitung.
- S = Kemiringan dasar saluran.
- ρ = Kerapatan air.
- ρ_s = Kerapatan sedimen.
- g = Percepatan gravitasi.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian:

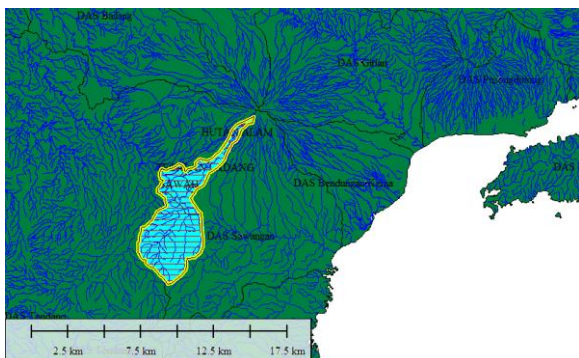


Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Dinamunen. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program komputer *Global Mapper* dengan menggunakan data SIG yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-I. Sehingga diperoleh luas DAS Dinamunen sebesar 26.631 km².



Gambar 3. Gambar DAS Dinamunen

Sumber: Global Mapper, Data GIS BWSS-I

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Dinamunen 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 3 Pos Hujan MRG Talawaan, MRG Tikala-Kaleosan, dan MRG Rumengkor. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2017.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	MRG Talawaan	MRG Tikala-Kaleosan	MRG Rumengkor
2008	161	70	82,1
2009	106	50,3	118,4
2010	110	175,5	104,5
2011	141,5	57	87,8
2012	118	90,2	111,5
2013	94	80,6	146,6
2014	94	177	183
2015	131	105	204
2016	151	478	76,2
2017	183	149	96

Sumber : BWSS-I

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.

Uji data outlier mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Jika $Cs_{log} \geq 0,4$ maka: uji outlier tinggi, koreksi data, uji outlier rendah, koreksi data.
2. Jika $Cs_{log} \leq -0,4$ maka: uji outlier rendah, koreksi data, uji outlier tinggi, koreksi data.
3. Jika $-0,4 < Cs_{log} < 0,4$ maka : uji outlier tinggi atau rendah, koreksi data. Pengujian data *outlier* dimulai dengan menghitung nilai-nilai parameter statistik, nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan (*Skewness*) dari data yang ada dan data pengamatan diubah dalam nilai log.

Untuk nilai Cs_{log} lebih dari 0,4:

$$Kn = (-0,62201) + (6,28446 n^{\frac{1}{4}}) - (2,49835n^{\frac{1}{2}}) + (0,491436 n^{\frac{3}{4}}) - (0,037911 n)$$

Untuk nilai Cs_{log} kurang dari -0,4:

$$Kn = (-3,62201) + (6,28446 n^{\frac{1}{4}}) - (2,49835n^{\frac{1}{2}}) + (0,491436 n^{\frac{3}{4}}) - (0,037911 n)$$

Kemudian dilakukan uji *outlier* pada data curah hujan 3 pos hujan. Hasil uji *outlier* mendapatkan bahwa data-data curah hujan tersebut tidak menyimpang.

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).

Tabel 2. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	1,8048	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	7,4900	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 . Cv = 0,8392	1,8048	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 4,2778	7,4900	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1.14	1,8048	Tidak Memenuhi
	Ck = 5.40	7,4900	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III. Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sebagai berikut:

Rata-rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = 2,084771$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = 0,185883$$

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	73,3325	1,865297	-0,21947	0,04816909	-0,010571
2	79,1512	1,898458	-0,18631	0,034712775	-0,006467
3	80,2075	1,904215	-0,18056	0,03260046	-0,005886
4	100,045	2,000197	-0,08457	0,007152806	-0,000604
5	107,665	2,032075	-0,0527	0,002776856	-0,000146
6	129,383	2,111879	0,027108	0,000734834	1,99197
7	143,967	2,158264	0,073493	0,0054011	0,000396
8	145,877	2,163987	0,079215	0,006275087	0,0004970
9	175,475	2,244217	0,159446	0,025423023	0,0040535
10	294,526	2,469124	0,384352	0,147726695	0,0567790
Σ	$\Sigma =$	20,84771	-2,88658	0,310972816	0,0380698

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = 0,823243607 \text{ (Kemencengan Positif)}$$

Tabel 4. Hujan Rencana Tiap Kala Ulang

Kala Ulang (TR)	Log X _{TR}	X _{TR}
5 Tahun	2,229285	169,545 mm
10 Tahun	2,333241	215,3976 mm
25 Tahun	2,456317	285,9674 mm
50 Tahun	2,542687	348,8887 mm
100 Tahun	2,625011	421,7072 mm

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 : 0,777443
- 10 Tahun : 1,336697
- 25 Tahun : 1,998811
- 50 Tahun : 2,46346
- 100 Tahun : 2,906340781

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

Nilai *CN* rata-rata untuk DAS Dinamunen adalah 72,056.

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 Dinamunen dengan data parameter DAS sebagai berikut:

Parameter DAS sebagai berikut:

- L = 8,28231 km.
- s = 0,10257 m/m.
- n = 0,076

Perhitungan dilakukan dengan persamaan berikut:

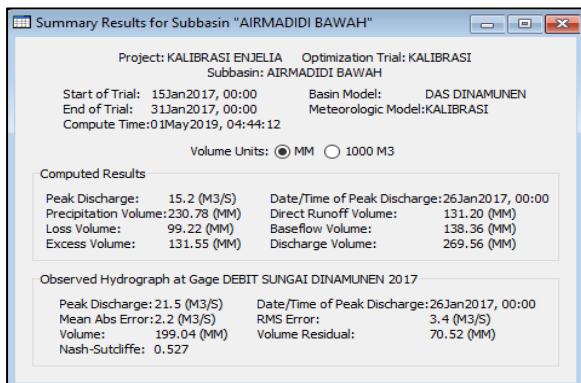
$$T_c = \frac{0,606(L.N)^{0,467}}{S^{0,234}} = 1,7716 \text{ jam}$$

$$T_l = 0,6 \cdot T_c = 1,0629 \text{ jam}$$

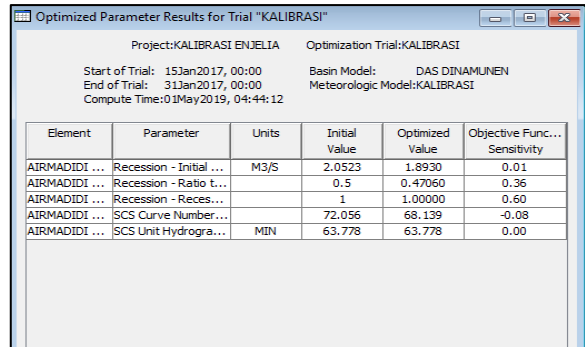
Kalibrasi Parameter HSS SCS

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.

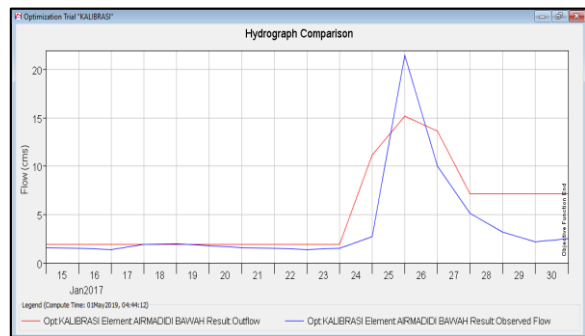
Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur dilapangan. Dikarenakan sungai Dinamunen tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit sungai Dinamunen dapat diketahui.



Gambar 4. Rangkuman Hasil Kalibrasi



Gambar 5. Parameter Teroptimasi Hasil Kalibrasi DAS Dinamunen



Gambar 6. Grafik Perbandingan Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Tabel 11. Kriteria Nilai Nash Sutcliffe Efficiency

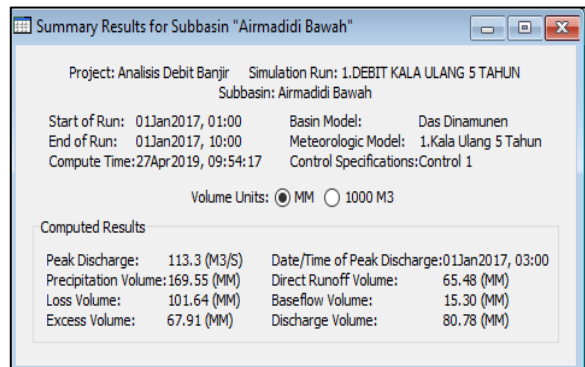
$NSE > 0,75$	Memenuhi
$0,36 < NSE < 0,75$	Tidak Memenuhi
$NSE < 0,36$	Tidak Memenuhi

Sumber: Motovilov et al (1999)

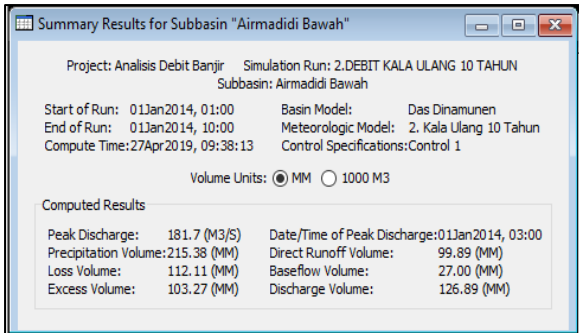
Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

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

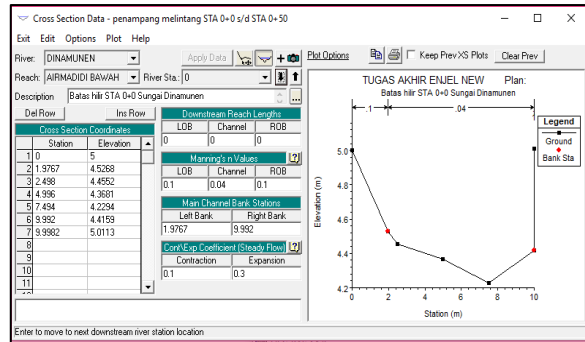
Dengan data hujan rencana jam-jaman yang telah dihitung maka diperoleh hasil simulasi program komputer HEC-HMS sebagai berikut:



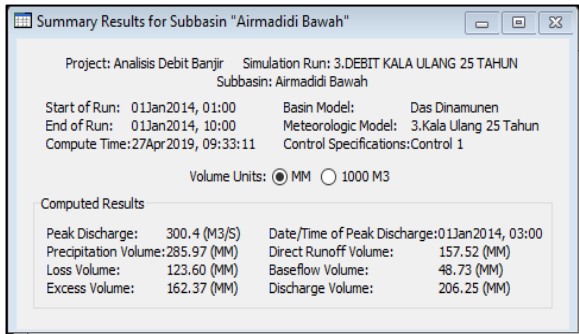
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



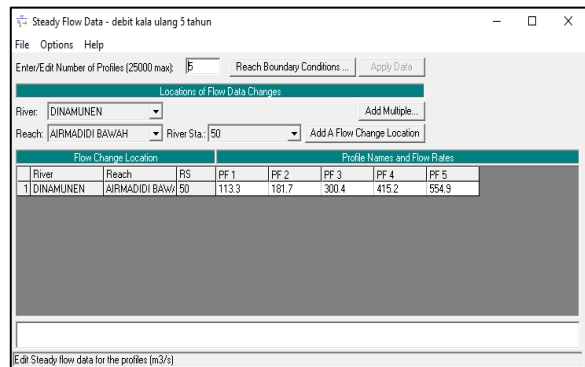
Gambar 8. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



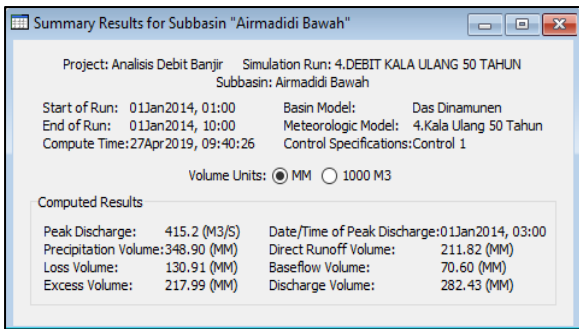
Gambar 11. Memasukkan Data Penampang Sungai



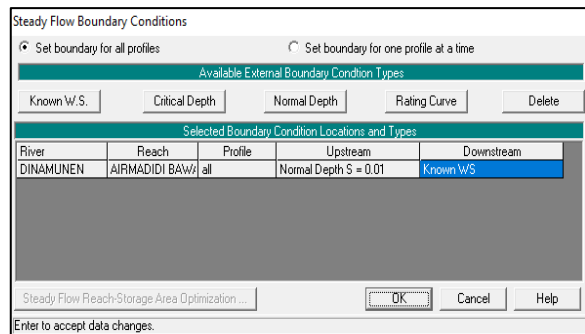
Gambar 9. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



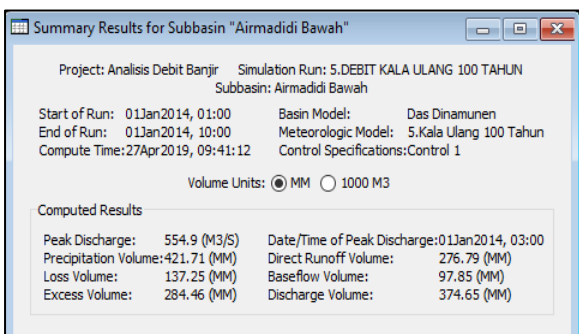
Gambar 12. Pengisian Data Debit



Gambar 10. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



Gambar 13. Pengisian Reach Boundary Conditions



Gambar 11. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

Penentuan Ukuran Butir Partikel Sedimen

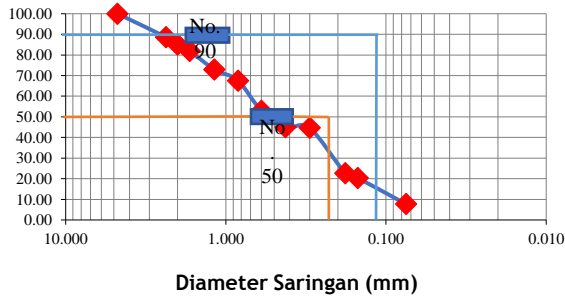
Tabel 12. Prosentase lolos saringan

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	28,479	28,479	11,39	88,61
10	2,000	8,949	37,428	14,97	85,03
12	1,680	7,849	45,277	18,11	81,89
16	1,180	22,269	67,546	27,02	72,98
18	0,840	13,679	81,225	32,49	67,51
30	0,600	36,509	117,734	47,09	52,91
40	0,424	19,799	137,533	55,01	44,99
50	0,300	0,9	138,433	55,37	44,63
80	0,180	54,84	193,273	77,31	22,69
100	0,150	5,96	199,233	79,69	20,31
200	0,075	31,57	230,803	92,32	7,68
Pan	-	17,46	248,263	99,31	0,69

Sumber: Hasil Analisis

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 15. Grafik Distribusi Ukuran Sedimen

Dari data diatas, dan dengan menggunakan interpolasi linier Lagrange's, maka diperoleh:

Untuk $x_i = D_{50} = 0,56 \text{ mm} = 5,6 \times 10^{-4} \text{ m}$

Untuk $x_i = D_{90} = 2,57 \text{ mm} = 25,7 \times 10^{-4} \text{ m}$

Penentuan Berat Jenis Partikel

Penentuan berat jenis partikel sedimen dapat dilakukan dengan mengukur berat dan volume secara langsung. Pada umumnya berat dapat diukur dengan mudah dengan ketelitian tinggi, oleh karena itu pengukuran berat jenis tergantung pada ketelitian pengukuran volume. Berat jenis sedimen didefinisikan secara umum sebagai perbandingan antara berat volume butiran tanah dan berat volume air pada temperature 4°C (Soewarno, 1991).

Adapun hasil dari percobaan berat jenis adalah sebagai berikut:

Tabel 13. Berat Jenis Partikel

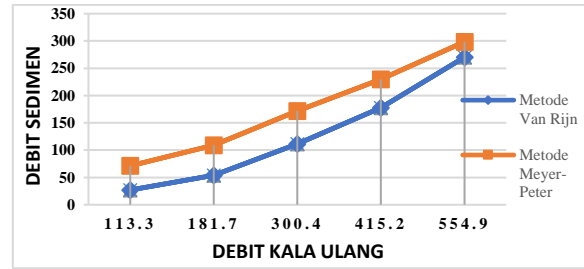
	A	B
Berat Pignometer (W1)	34,17	33,11
Berat Pignometer + Pasir (W2)	44,17	43,11
Berat Pasir ($W_t = W_2 - W_1$)	10	10
Berat Pigno + Air + Pasir (W3)	137,54	141,2
Berat Pigno + Air (25') (W4)	132,33	133,65
$W_5 = W_2 - W_1 + W_4$	142,33	143,65
Isi Tanah $W_5 - W_3$	4,79	2,45
Berat Jenis $W_t / W_5 - W_3$	2,09	4,1
Rata-rata	3,08	

Sumber: Hasil Analisis

Karakteristik sedimen pada ruas Sungai Air Dinamunen menurut spesifikasi jenis tanah berdasarkan (Wesley, 1988) adalah jenis pasir gravel.

Analisis Angkutan Sedimen Berdasarkan Rumus Empiris

Gambar 16 memperlihatkan grafik hubungan Debit Kala Ulang dan Sedimen *Bedload* untuk Metode Van Rijn dan Metode Meyer-Peter.



Gambar 16. Grafik Hubungan Debit Kala Ulang dan Sedimen *Bedload* untuk Metode Van Rijn dan Metode Meyer-Peter.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian angkutan sedimen dasar di Sungai Dinamunen dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Debit yang digunakan yaitu debit banjir kala ulang 5 Tahun = 113,3m³/det, 10 Tahun= 181,7 m³/det, 25 Tahun = 300,4 m³/det, 50 Tahun = 415,2 m³/det, dan kala ulang 100 Tahun = 554,9 m³/det.
2. Angkutan sedimen untuk kala ulang 5 Tahun = 27,002 kg/det, kala ulang 10 Tahun = 53,637kg/det, kala ulang 25 Tahun =111,13kg/det, kala ulang 50 Tahun =177,56 kg/det, dan kala ulang 100 Tahun = 270,23kg/det, dan dengan metode Meyer-Peter angkutan sedimen untuk kala ulang 5 Tahun = 71,316 kg/det, kala ulang 10 Tahun = 109,163kg/det, kala ulang 25 Tahun =171,714kg/det, kala ulang 50 Tahun =229,83 kg/det, dan kala ulang 100 Tahun = 298,445kg/det.
3. Nilai angkutan sedimen selalu meningkat seiring dengan meningkatnya nilai debit.

Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap angkutan sedimen dasar. Agar data penelitian sebelumnya dapat dijadikan referensi untuk mengetahui perubahan angkutan sedimen Sungai Dinamunen.
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perhitungan sedimen melayang (*Suspended Load*) untuk mendapatkan sedime total.
3. Untuk penelitian selanjutnya perlu digunakan metode empiris yang lebih beragam, 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.
- Chow, Ven Te. 1988. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Erlangga. Jakarta.
- Daryl S., and Senturk F., 1977. *Sediment Transport Technology*, Water Resources Publications Fort Collins. Colorado 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.