

**STUDI PENGARUH VARIASI DEBIT ALIRAN TERHADAP LAJU ANGKUTAN  
SEDIMEN DASAR PADA SUNGAI HARAPAN  
KABUPATEN JAYAPURA**

**Riswandy Loly Paseru<sup>1</sup>, Davy Ivan Robert Jansen<sup>2</sup>, Kartika Sari<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> *Fakultas Teknik Universitas Cenderawasih*

*Email: riswandylolypaseru@gmail.com*

**Abstrak**

Besarnya transport sedimen yang terjadi di sungai harapan mengakibatkan alinyemen alur sungai berubah dari tahun ke tahun. Penelitian bertujuan mengetahui besarnya laju angkutan sedimen pada kondisi banjir rancang periode ulang. Analisa hidrologi untuk mengetahui debit sungai menggunakan metode hidrograf satuan sintesis Nakayasu berupa transformasi dari hujan rancang menjadi debit banjir rancang. Adapun analisis angkutan sedimen dilakukan dengan persamaan Einstein dan persamaan Meyer-Peter. Hasil analisis menunjukkan besar debit banjir rancang periode ulang 2 hingga 100 tahun pada sungai Harapan berkisar antara 55,535 m<sup>3</sup>/s hingga 126,202 m<sup>3</sup>/s. Adapun laju angkutan sedimen metode Einstein untuk debit banjir periode ulang 2 hingga 100 tahun berkisar antara 11182,724 ton/tahun hingga 18696,496 ton/tahun. Sedangkan laju angkutan sedimen yang dihitung dengan metode Meyer-Peter untuk debit banjir rancang periode ulang 2 hingga 100 tahun berkisar antara 4814,128 ton/tahun hingga 8916,966 ton/tahun.

**Kata kunci :** angkutan sedimen, debit banjir, sedimen

**Abstract**

The amount of sediment transport that occurs in the Harapan River causes the alignment of the river channel to change from year to year. This study aims to determine the magnitude of the sediment transport rate in the design flood conditions of the return period. Hydrological analysis to determine river discharge using the Nakayasu synthesis unit hydrograph method in the form of transformation from design rain to design flood discharge. The sediment transport analysis was carried out using the Einstein equation and the Meyer-Peter equation. The results of the analysis show that the design flood discharge for the 2 to 100 year return period on the Harapan river ranges from 55.535 m<sup>3</sup>/s to 126.202 m<sup>3</sup>/s. The sediment transport rate of the Einstein method for flood discharges for a return period of 2 to 100 years ranges from 11182,724 tons/year to 18696.496 tons/year. Meanwhile, the sediment transport rate calculated by the Meyer-Peter method for design flood discharges for a return period of 2 to 100 years ranges from 4814,128 tons/year to 8916,966 tons/year.

**Keywords:** sediment transport, flood discharge, sediment.

**PENDAHULUAN**

Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan (PP No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai).

Di dalam aliran sungai, juga terdapat sedimen hasil erosi di daerah aliran sungai.

Besarnya debit angkutan sedimen terutama tergantung dari pada perubahan kecepatan aliran, karena perubahan musim hujan, kemarau, dan aktivitas manusia. Sebagai akibat dari perubahan debit angkutan sedimen adalah terjadinya penggerusan di beberapa tempat serta terjadinya pengendapan di tempat lain pada dasar

sungai, dengan demikian umumnya bentuk dari dasar sungai akan selalu berubah.

Salah satu sungai yang terdapat di Kabupaten Jayapura adalah Sungai Harapan yang terletak di Kampung Nolakla Kabupaten Jayapura. Kondisi Sungai Harapan pada saat ini memiliki banyak kandungan sedimen dan memiliki alur-alur sungai yang saling berjaln. Kondisi sungainya relatif tidak stabil dan alinyemen alurnya berubah dari tahun ke tahun.

Pada penelitian ini, penulis hendak mengetahui besar debit rancang banjir pada Sungai Harapan, mengetahui pengaruh debit rancang terhadap laju angkutan sedimen,

mengetahui besar laju angkutan sedimen di dasar Sungai Harapan setiap tahunnya dan meninjau variasi debit aliran sungai dan pengaruhnya terhadap angkutan sedimen dasar.

### **METODE PENELITIAN**

Lokasi penelitian berlokasi di Sungai Harapan Distrik Sentani Timur Kabupaten Jayapura. Sub DAS Harapan terletak di koordinat  $2^{\circ}30'0''$  LS –  $2^{\circ}37'0''$  LS dan  $140^{\circ}32'30''$  BT –  $140^{\circ}36'0''$  BT. Sungai ini memiliki panjang 9,07 km dan luas  $18,88$  km<sup>2</sup>, serta bermuara di Danau Sentani. Lokasi pengambilan sampel berada di 1 km ke arah hulu dari hilir sungai.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen Dasar

### **Sumber Data**

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah berupa data primer dan data sekunder.

1. Data primer merupakan data utama yang akan diolah. Data primer diperoleh langsung melalui pengambilan data lapangan seperti pengukuran topografi, pengambilan sampel sedimen, dan pengujian ukuran butir sedimen.

2. Data sekunder merupakan data curah hujan dan data karakteristik DAS.

### **Analisis Hidrologi**

Tujuan analisis hidrologi untuk memperoleh debit aliran, setelah sebelumnya dilakukan perhitungan parameter statistik dan distribusi hujan jam-jaman dari data curah hujan yang diperoleh dari BMKG Sentani.

Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (*direct run off hydrograph*) yang dihasilkan oleh hujan efektif yang terjadi merata di seluruh DAS

dengan intensitas tetap dalam satu satuan waktu tertentu. Dalam penelitian ini digunakan hidrograf satuan sintesis Nakayasu.

### **Sedimentasi**

Sungai adalah lokasi yang paling baik untuk mengamati pengaruh alamiah dari angkutan sedimen. Sungai memperlihatkan variasi yang besar dalam morfologinya dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Pada beberapa lokasi, variasi pada komposisi sedimen memanjang dan melintang sungai dapat berupa pasir halus, pasir kasar, kerikil, maupun batuan. Hal ini menunjukkan bahwa proses angkutan sedimen bergantung pada gradasi, yang meliputi variasi ukuran, kepadatan, bentuk, dan kebulatan butiran. Ukuran butiran dan variasi gradasi tidak hanya penting bagi perkembangan morfologi sungai secara alamiah, tetapi mempunyai pengaruh yang besar dalam perancangan bangunan sungai.

### **Angkutan Sedimen**

Partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan muatan sedimen dasar (*bed load*). Adanya muatan sedimen dasar ditunjukkan oleh gerakan partikel-partikel dasar sungai. Gerakan itu dapat bergeser, menggelinding, atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut bergerak ke arah hilir.

Air mengalir di atas sedimen dasar, maka ada gaya yang mendorong butiran, dimana gaya ini cenderung menggerakkan partikel sedimen. Gaya yang menahan akibat aliran air tergantung dari sifat-sifat material. Untuk sedimen kasar seperti pasir dan kerikil, gaya tahanan utamanya adalah berhubungan dengan berat jenis sendiri partikel. Ketika gaya-gaya hidrodinamik bekerja pada

partikel-partikel padat bahan dasar saluran tersebut, maka secara bersamaan juga terjadi peningkatan intensitas aliran. Oleh sebab itu, untuk suatu dasar saluran tertentu yang pada mulanya dalam keadaan tidak bergerak, suatu kondisi aliran pada akhirnya akan tercapai ketika partikel-partikel dasar tidak mampu lagi menahan gaya-gaya hidrodinamis tersebut sehingga tercipta suatu kondisi kritis yang mengakibatkan terjadinya gerakan pada dasar (*bed load*) saluran.

### **Awal Gerak Butir Sedimen**

Pada waktu gaya-gaya aliran (gaya hidrodinamik) yang bekerja pada butir sedimen mencapai suatu nilai tertentu, yaitu apabila gaya sedikit ditambah maka akan menyebabkan butir sedimen bergerak, maka kondisi ini dinamakan kondisi kritis.

Parameter aliran pada kondisi kritis (tegangan geser ( $\tau_0$ ), dan kecepatan aliran ( $U$ ), mencapai nilai kritis awal gerak sedimen). Bila gaya-gaya aliran berada di bawah nilai kritisnya, maka butir sedimen tidak bergerak; dasar saluran dikatakan sebagai rigid bed. Bila gaya aliran melebihi nilai kritisnya, butir sedimen bergerak; dasar saluran dikatakan sebagai dasar bergerak (*movable bed, erodible bed*). Gaya-gaya yang bekerja pada butiran sedimen non-kohefif dalam aliran air meliputi: gaya berat (*gravity force*), gaya apung (*buoyancy force*), gaya angkat (*hydrodynamic lift force*), dan gaya seret (*hydrodynamic drag force*).

### **Perkiraan Angkutan Sedimen**

Berbagai persamaan untuk memperkirakan muatan sedimen dasar telah banyak dikembangkan, walaupun demikian penerapannya untuk penyelidikan di lapangan masih perlu pengkajian lebih lanjut. Tetapi ada beberapa persamaan yang umumnya digunakan untuk memperkirakan muatan sedimen dasar yaitu Persamaan muatan sedimen dasar dengan pendekatan Einstein dan Persamaan muatan sedimen dasar dari Meyer-Peter.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Hidrologi**

Analisis hidrologi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan debit banjir rancang periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Data-data yang diperlukan dalam analisis hidrologi diantaranya data curah hujan 10 tahun (digunakan curah hujan tahun 2011 – 2020), dan data karakteristik DAS.

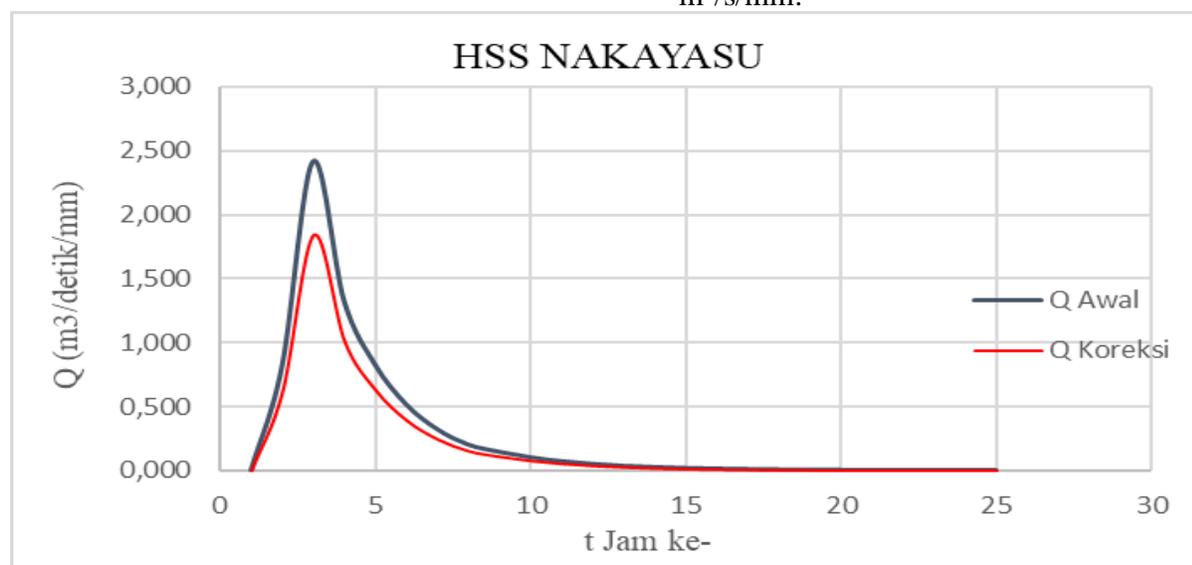
Analisis hidrologi yang dilakukan meliputi:

1. Perhitungan parameter statistik.
2. Sebaran hujan jam-jaman.

3. Perhitungan hidrograf satuan sintesis menggunakan metode Nakayasu.

4. Transformasi hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan sintesis (*synthetic unit hydrograph*) didasarkan pada karakter fisik dari DAS, di mana luas DAS adalah 18,88 km<sup>2</sup> dan panjang sungai yang diteliti adalah 9,07 km. Dalam penelitian ini digunakan hidrograf satuan sintesis Nakayasu.

Dari hasil perhitungan, diperoleh bentuk hidrograf sebagai berikut, dengan debit koreksi pada jam puncak sebesar 1,838 m<sup>3</sup>/s/mm.

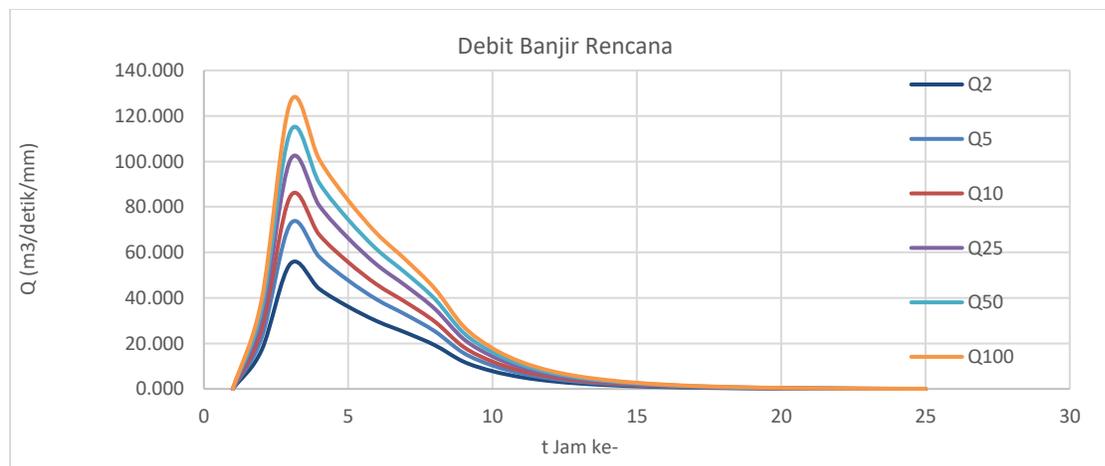


Gambar 2. Grafik Hidrograf Satuan Sintesis Sungai Harapan

Dari analisis hidrologi diperoleh besar debit banjir rancang untuk beberapa periode ulang.

Tabel 1. Rekapitulasi debit HSS Nakayasu

No	Periode Ulang (Tahun)	HSS Nakayasu (m <sup>3</sup> /s)
1	2	55,535
2	5	72,865
3	10	84,781
4	25	100,844
5	50	113,307
6	100	126,202



Gambar 3. Hidrograf Debit Banjir Rencana

### Analisis Distribusi Ukuran Sedimen

Penentuan ukuran butir sedimen dilakukan dengan analisa saringan, dimana dari analisa ini akan diperoleh ukuran butir sedimen yang dibutuhkan untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 2. Hasil analisis saringan di 6 titik pengambilan sampel

Saringan No	Diameter	Persen Lolos (%)					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
<b>4</b>	4,750	86,4	88,2	94,8	74,1	89,0	92,8
<b>10</b>	2,000	63,5	66,0	77,0	37,7	57,7	68,6
<b>20</b>	0,850	43,8	46,3	54,6	20,2	34,3	42,7
<b>40</b>	0,425	29,1	30,1	31,9	10,6	18,7	22,4
<b>50</b>	0,150	20,9	20,9	20,1	5,9	11,0	14,1
<b>100</b>	0,125	11,7	12,0	11,9	2,5	5,2	7,7
<b>200</b>	0,075	4,9	5,1	6,8	0,9	2,2	3,1
<b>Pan</b>	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel 3. Rekapitulasi ukuran butir sedimen D<sub>35</sub>, D<sub>50</sub>, dan D<sub>90</sub>

Titik	Nilai Ukuran Butir (m)		
	D35	D50	D90
1	0,00068	0,00157	0,00495
2	0,00064	0,00152	0,00485
3	0,00054	0,00130	0,00451
4	0,00147	0,00265	0,00577
5	0,00087	0,00173	0,00480
6	0,00070	0,00146	0,00461

**Analisis Berat Jenis Sedimen**

Pengujian berat jenis tanah dilakukan berdasarkan SNI 1964:2008, dimana sampel yang diuji adalah sampel yang lolos saringan 4,75 mm (no. 4).

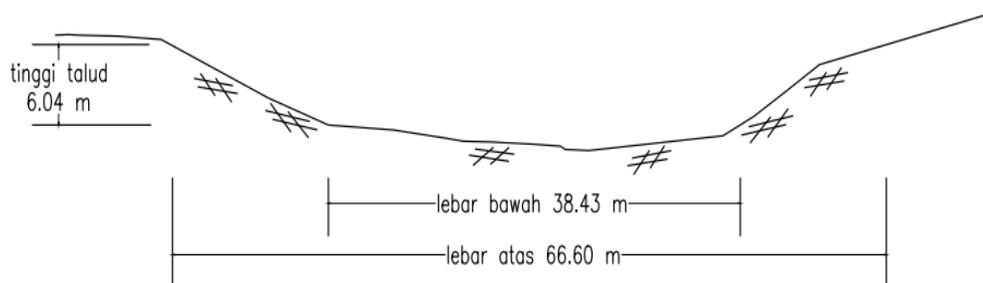
Tabel 4. Rekapitulasi berat jenis sedimen di 6 titik pengambilan sampel

Titik	Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )
1	2,82
2	2,88
3	2,86

4	2,88
5	2,78
6	2,72

**Kecepatan Aliran**

Kondisi Sungai Harapan pada saat dilakukannya survey tidak memungkinkan untuk dilakukannya pengukuran kecepatan aliran. Kecepatan aliran pada kondisi normal dapat diketahui dari grafik HSS Nakayasu. Dari grafik didapatkan debit normal sebesar 0,3 m<sup>3</sup>/s.



Gambar 4. Penampang Sungai Harapan

Dari data penampang yang telah diperoleh dari pengukuran di lapangan, kedalaman aliran dapat dihitung dengan persamaan Manning:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n} \times (b + mh)h \times \left( \frac{(b+mh)h}{b+2h(1+m^2)^{0,5}} \right)^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$h = 0,019 \text{ m}$$

Kemudian hitung luas penampang basah (A) dan jari-jari hidraulik (R):

$$A = (b + mh)h$$

$$= (38,43 + 2,33 \times 0,019) \times 0,019$$

$$= 0,736 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{(b+mh)h}{b+2h\sqrt{1+m^2}}$$

$$= \frac{(38,43+2,33 \times 0,019) \times 0,019}{38,43+2 \times 0,019 \times \sqrt{1+2,33^2}}$$

$$= 0,019 \text{ m}$$

Perhitungan kecepatan aliran adalah sebagai berikut:

$$v = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,02} \times 0,736 \times 0,019^{2/3} \times 0,013^{1/2}$$

$$= 0,407 \text{ m/s}$$

**Perhitungan Pergerakan Sedimen**

Dalam analisis pergerakan butir sedimen, akan dihitung kecepatan geser kritis, tegangan gesek, dan tegangan kritis. Apabila

nilai tegangan gesek lebih besar dari nilai tegangan kritis, maka terjadi pergerakan butir sedimen.

Tabel 5. Rekapitulasi gerak butir sedimen ukuran D<sub>50</sub> kondisi debit normal

<b>Titik</b>	<b>(U*C)<sup>2</sup> (m/s)</b>	<b>τ<sub>0</sub> (N/m<sup>2</sup>)</b>	<b>τ<sub>c</sub> (N/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Pergerakan Sedimen</b>
Titik 1	0,0281	2,4405	1,1241	sedimen bergerak
Titik 2	0,0279	2,4405	1,1165	sedimen bergerak
Titik 3	0,0237	2,4405	0,9464	sedimen bergerak
Titik 4	0,0489	2,4405	1,9558	sedimen bergerak
Titik 5	0,0302	2,4405	1,2090	sedimen bergerak
Titik 6	0,0246	2,4405	0,9846	sedimen bergerak

Tabel 6. Rekapitulasi gerak butir sedimen ukuran D<sub>35</sub> kondisi debit normal

<b>Titik</b>	<b>(U*c)<sup>2</sup> (m/s)</b>	<b>τ<sub>0</sub> (N/m<sup>2</sup>)</b>	<b>τ<sub>c</sub> (N/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Pergerakan Sedimen</b>
Titik 1	0,0121	2,4405	0,4849	sedimen bergerak
Titik 2	0,0118	2,4405	0,4735	sedimen bergerak
Titik 3	0,0099	2,4405	0,3971	sedimen bergerak
Titik 4	0,0271	2,4405	1,0859	sedimen bergerak
Titik 5	0,0151	2,4405	0,6051	sedimen bergerak
Titik 6	0,0118	2,4405	0,4706	sedimen bergerak

Perhitungan dengan debit normal 0,3 m<sup>3</sup>/s dan kemiringan dasar sungai sebesar 0,013 mengakibatkan sedimen bergerak. Dengan demikian, dapat dipastikan dengan debit rancang banjir periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun juga mengakibatkan sedimen bergerak.

**Perhitungan Laju Angkutan Sedimen Dasar berdasarkan Rumus Empiris**

Analisis laju angkutan sedimen bertujuan untuk mengetahui berapa besar laju angkutan sedimen di Sungai Harapan dengan variasi debit yang berbeda, yaitu dengan debit normal dan debit banjir rancang periode ulang. Dalam penelitian ini, besarnya angkutan sedimen dihitung menggunakan Metode Einstein dan Metode Meyer-Peter

1. Metode Einstein

Tabel 7. Rekapitulasi nilai angkutan sedimen dengan metode Einstein

No.	Kondisi	Qb	
		(ton/hari)	(ton/tahun)
1	Q normal	6,4753	906,5435
2	Q 2 tahun	93,189	11182,724
3	Q 5 tahun	116,770	14012,447
4	Q 10 tahun	128,748	15449,754
5	Q 25 tahun	141,165	16939,844
6	Q 50 tahun	148,961	17875,310
7	Q 100 tahun	155,804	18696,496

2. Metode Meyer-Peter

Tabel 8. Rekapitulasi nilai angkutan sedimen dengan metode Meyer-Peter

No.	Kondisi	Qb	
		(ton/hari)	(ton/tahun)
1	Q normal	4,7911	574,9354
2	Q 2 tahun	40,118	4814,128
3	Q 5 tahun	49,449	5933,853
4	Q 10 tahun	55,515	6661,780
5	Q 25 tahun	63,100	7572,020
6	Q 50 tahun	68,714	8245,654
7	Q 100 tahun	74,308	8916,966

Berdasarkan hasil analisis laju angkutan sedimen dasar dengan metode Einstein dan metode Meyer-Peter, terdapat perbedaan yang cukup besar. Hasil yang diperoleh dari

analisis dengan metode Einstein lebih besar jika dibandingkan dengan hasil analisis dengan metode Meyer-Peter.

Tabel 9. Perbandingan angkutan sedimen dasar dengan metode Einstein dan metode Meyer-Peter

No.	Kondisi	Qb			
		Einstein		Meyer-Peter	
		(ton/hari)	(ton/tahun)	(ton/hari)	(ton/tahun)
1	Q normal	6,475	906,544	4,791	574,935
2	Q 2 tahun	93,189	11182,724	40,118	4814,128
3	Q 5 tahun	116,770	14012,447	49,449	5933,853
4	Q 10 tahun	128,748	15449,754	55,515	6661,780
5	Q 25 tahun	141,165	16939,844	63,100	7572,020
6	Q 50 tahun	148,961	17875,310	68,714	8245,654
7	Q 100 tahun	155,804	18696,496	74,308	8916,966

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, yaitu analisis hidrologi, hidraulika, serta analisis lajun angkutan sedimen dasar, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari analisis hidrologi, diperoleh besar debit rancang banjir di Sungai Harapan untuk periode ulang 2 tahun hingga 100 tahun sebesar 55,535 m<sup>3</sup>/s hingga 126,202 m<sup>3</sup>/s.
2. Perhitungan dengan debit normal 0,3 m<sup>3</sup>/s dan kemiringan dasar sungai sebesar 0,013 mengakibatkan sedimen bergerak. Dengan demikian, dapat dipastikan dengan debit rancang banjir periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun juga mengakibatkan sedimen bergerak.
3. Pada debit normal dengan menggunakan metode Einstein, diperoleh laju angkutan sedimen sebesar 906,544 ton/tahun. Laju angkutan sedimen dengan metode Meyer-Peter pada debit normal adalah sebesar 574,935 ton/tahun. Untuk debit rancang periode ulang 2 hingga 100 tahun dengan menggunakan metode Einstein, diperoleh laju angkutan sedimen sebesar 11182,724 ton/tahun hingga 18696,496 ton/tahun. Sedangkan dengan metode Meyer-Peter, diperoleh laju angkutan sedimen sebesar 4814,128 ton/tahun hingga 8916,966 ton/tahun.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anas, Hasbullah. 2013. Studi Eksperimen Hubungan Besarnya Aliran Air dengan Total Angkutan Sedimen pada Saluran Terbuka [Tugas Akhir]. Makassar (ID): Universitas Hasanuddin.
- Br. Sri Harto., 1993, Analisis Hidrologi, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Chow, Ven Te., 1985, Hidrologi Saluran Terbuka, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Endyi, Kartini, dan Danang Gunarto. Analisa Angkutan Sedimen di Sungai Jawi Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya.
- Istiarto. 2020. Contoh Perhitungan Bed Load [Internet]. [diunduh 2020 Jun 28]. Tersedia pada: <http://istiarto.staff.ugm.ac.id/>
- Mokonio, Olviana, T. Mananoma, L. Tanudjaja, dan A. Binilang. 2013. Analisis Sedimentasi di Muara Sungai Saluwangko di Desa Tounetlet Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa. Jurnal Teknik Sipil. 1(6): 452.

Naban, Egielion F. 2018. Pengaruh Debit dan Kemiringan Sungai terhadap Angkutan Butir Sedimen di Sungai Anafre [Tugas Akhir]. Jayapura (ID): Universitas Cenderawasih.

Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. 2017. Modul Morfologi Sungai Pelatihan Perencanaan Teknik Sungai. Bandung (ID)

Soemarto, CD., 1999, Hidrologi teknik, Edisi Dua, Erlangga , Jakarta.

Subarkah, Iman.1980. Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air,. Idea Dharma, Bandung.

Triatmojo, Bambang. 1993. Hidraulika II, Beta Offset, Yogyakarta.

Triatmojo, Bambang. 1996. Hidraulika I. Beta Offset. Yogyakarta

Triatmodjo, Bambang. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset. Yogyakarta.