

Analisis Transpor Sedimen Sungai Way Sekampung (Hulu Bendungan Batuteji) Menggunakan Pendekatan Empiris dan Pemodelan HEC-RAS

Singgih Dwi Pradipta¹⁾

Ofik Taufik Purwadi²⁾

Margaretta Welly³⁾

Abstract

Dams have various functions and benefits, such as irrigation sources, flood control, power generation, tourism etc. The problem that is concerned about the dams that have been built in developing countries such as Indonesia is in particular the problem of sedimentation in the reservoir. Way Sekampung is one of the rivers which is the source of water in the Batuteji reservoir. Way Sekampung has a large discharge. However, Way Sekampung which has a fairly heavy flow also carries sediment which must be taken into account so as not to disturb the stability of the existing river. Therefore, a research was conducted on sediment discharge and transport in the Way Sekampung river. The discharge analysis used field current meter data and sediment analysis used field sediment samples. Comparative data is calculated using the HEC-RAS application so that there are variations in the discharge in the calculation. The Way Sekampung River produces a sediment discharge of 0.0814 m³ / s at Cross Section 1 and 0.0999 m³ / s in Cross Section 2 using the Meyer Peter and Muller method. Compared with empirical calculations, the sediment rate value is 0.0822 m³ / s in Cross Section 1 and 0.0798 m³ / s in Cross Section 2 using HEC-RAS discharge modeling and Einstein method.

Keywords : Bedload, Sediment Transport, Sediment Volume, Meyer Peter and Muller, Einstein.

Abstrak

Bendungan memiliki fungsi atau manfaat yang sangat beragam, seperti sumber irigasi, pengendalian banjir, pembangkit tenaga listrik, pariwisata dan sebagainya. Masalah yang dicemaskan pada bendungan-bendungan yang telah dibangun di Negara-negara berkembang seperti di Indonesia khususnya adalah masalah sedimentasi pada waduknya. Way Sekampung ialah salah satu sungai yang menjadi sumber air pada waduk batuteji. Way Sekampung memiliki debit yang besar. Namun Way Sekampung yang memiliki aliran cukup deras juga membawa sedimen yang harus diperhitungkan agar tidak mengganggu kestabilan sungai eksisting. Maka dari itu dilakukan penelitian mengenai debit dan transpor sedimen pada sungai Way Sekampung. Analisis debit menggunakan data *current meter* lapangan dan analisis sedimen menggunakan sampel sedimen lapangan. Data pembandingan dihitung menggunakan aplikasi HEC-RAS sehingga terdapat variasi debit dalam perhitungannya. Sungai Way Sekampung menghasilkan debit sedimen sebesar 0,0814 m³/s pada *Cross Section 1* dan sebesar 0,0999 m³/s pada *Cross Section 2* menggunakan metode *Meyer Peter and Muller*. Dibandingkan dengan perhitungan empiris didapat nilai laju sedimen sebesar 0,0822 m³/s pada *Cross Section 1* dan 0,0798 m³/s pada *Cross Section 2* menggunakan pemodelan debit HEC-RAS dan metode *Einstein*.

Kata kunci : Angkutan Dasar, Angkutan Sedimen, Volume Sedimen, Meyer Peter and Muller, Einstein.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Bendungan merupakan sejenis danau yang dibuat oleh manusia bukan tercipta secara alami. Bendungan dibentuk dengan membendung aliran sungai, sehingga membuat genangan air dan menampung air dalam volume yang besar. Alat yang digunakan untuk membendung aliran sungai atau aliran mata air bisa berupa tembok beton maupun dibuat dari tanah. Dibangunnya bendungan tentu saja bukan tanpa tujuan, tetapi untuk dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar bendungan untuk berbagai hal. Bendungan juga memiliki fungsi atau manfaat yang sangat beragam, seperti sumber irigasi, pengendalian banjir, pembangkit tenaga listrik, pariwisata dan sebagainya. Masalah yang dicemaskan pada bendungan-bendungan yang telah dibangun di Negara-negara berkembang seperti di Indonesia khususnya adalah masalah sedimentasi pada waduknya. Sedimentasi disebabkan oleh aliran pada sungai yang tidak hanya mengandung air saja, tetapi aliran sungai membawa sedimen yang apabila tidak diperhitungkan akan berdampak pada bendungan dan juga morfologi sungai. Terkadang perhitungan sedimentasi tidak sesuai dalam perencanaan bendungan, bahkan cenderung mendekati 2 (dua) kali lipatnya, sehingga berpengaruh pada umur manfaat waduk yang hanya setengahnya saja.

Bendungan Batuteги adalah bendungan bertipe urugan batu dengan inti tanah kedap air. Bendungan terbesar se-Asia Tenggara ini memiliki tinggi 113 m dari dasar sungai dan panjang mercu 690 m. Batuteги merupakan salah satu bendungan yang berperan penting pada pengembangan daerah irigasi di Provinsi Lampung. Batuteги mengairi jaringan irigasi sekampung dengan luas areal total sebesar 66.573 ha. Selain berfungsi pada pengembangan jaringan irigasi, Batuteги juga berperan sebagai pembangkit listrik. Dengan berbagai fungsinya yang sangat penting tersebut, layaklah Bendungan Batuteги harus diawasi dan dipelihara dengan teliti.

Terutama pada sumber air Batuteги yang berasal dari 5 mata air. Way Sekampung ialah salah satu sungai yang menjadi sumber air pada waduk batuteги. Way Sekampung memiliki debit yang besar. Namun Way Sekampung yang memiliki aliran cukup deras juga membawa sedimen yang harus diperhitungkan agar tidak mengganggu kestabilan sungai eksisting.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sungai

Sungai merupakan jalan air alami, yang mengalir menuju samudera, danau, laut, atau ke sungai yang lain. Pada beberapa kasus, sebuah sungai secara sederhana mengalir meresap ke dalam tanah sebelum menemukan badan air lainnya. Melalui jalan air alami merupakan cara yang biasa bagi air hujan yang turun di daratan untuk mengalir ke laut atau tampungan air yang besar seperti danau.

2.2. Daerah Aliran Sungai

DAS merupakan ekosistem, dimana unsur organisme dan lingkungan biofisik serta unsur kimia berinteraksi secara dinamis dan di dalamnya terdapat keseimbangan inflow dan outflow dari material dan energi. Selain itu pengelolaan DAS dapat disebutkan merupakan suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan sumber daya alam (SDA) yang secara umum untuk

mencapai tujuan peningkatan produksi pertanian dan kehutanan yang optimum dan berkelanjutan (lestari) dengan upaya menekan kerusakan seminimum mungkin agar distribusi aliran air sungai yang berasal dari DAS dapat merata sepanjang tahun (SNI 3408;2015).

2.3. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah suatu rangkaian proses yang terjadi dengan air yang terdiri dari penguapan, presipitasi, infiltrasi dan pengaliran keluar (out flow). Penguapan terdiri dari evaporasi dan transpirasi. Uap yang dihasilkan mengalami kondensasi dan dipadatkan membentuk awan yang nantinya kembali menjadi air dan turun sebagai presipitasi.

Sebelum tiba di permukaan bumi presipitasi tersebut sebagian langsung menguap ke udara, sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan sebagian mencapai permukaan tanah.

Air yang sampai ke permukaan tanah sebagian akan berinfiltrasi dan sebagian lagi mengisi cekungan-cekungan di permukaan tanah kemudian mengalir ke tempat yang lebih rendah (runoff), masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Dalam perjalanannya, sebagian air akan mengalami penguapan. Air yang masuk ke dalam tanah sebagian akan keluar lagi menuju sungai yang disebut dengan aliran antara (interflow), sebagian akan turun dan masuk ke dalam air tanah yang sedikit demi sedikit dan masuk ke dalam sungai sebagai aliran bawah tanah (ground water flow).

2.4. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan salah satu bagian awal dari keseluruhan rangkaian perencanaan bangunan air seperti seperti konstruksi sistem drainase, gorong gorong, tanggul penahan banjir dan sebagainya. Isi yang terkandung didalamnya adalah informasi data dan harga-harga yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisa selanjutnya. Ukuran dan karakter bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi data yang diperoleh dari analisis hidrologi.

2.5. Hujan

2.5.1 Data curah hujan

Data curah hujan merupakan data berupa jumlah besaran hujan dalam satuan tinggi (mm) yang jatuh ke permukaan tanah yang terakumulatif dalam periode waktu tertentu.

2.5.2 Data hujan yang hilang

Data yang ideal adalah data yang untuk dan sesuai dengan apa yang dibutuhkan. Tetapi dalam praktek sangat sering dijumpai data yang tidak lengkap (*incomplete record*) hal ini dapat disebabkan beberapa hal, antara lain yaitu kerusakan alat, kelalaian petugas, penggantian alat, bencana (pengrusakan) dan sebagainya. Keadaan tersebut menyebabkan pada bagian-bagian tertentu dari data runtut waktu terdapat data yang kosong (*missing record*). Dalam memperkirakan besarnya data yang hilang, harus diperhatikan pula pola penyebaran hujan pada stasiun yang bersangkutan maupun stasiun-stasiun sekitarnya.

2.6. Angkutan Sedimen

2.6.1 Suspension Load

Sifat sedimen hasil pengendapan suspensi ini adalah mengandung prosentase masa dasar yang tinggi sehingga butiran tampak mengambang dalam masa dasar dan umumnya

disertai memilahan butir yang buruk. Cirilain dari jenis ini adalah butir sedimen yang diangkut tidak pernah menyentuh dasar aliran.

2.6.2 Bedload Transport

Arus traksi adalah arus suatu media yang membawa sedimen didasarnya. Pada umumnya gravitasi lebih berpengaruh dari pada yang lainnya seperti angin atau pasang-surut air laut. Sedimen yang dihasilkan oleh arus traksi ini umumnya berupa pasir yang berstruktur silang siur.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah peneliti bekerja untuk memperoleh data yang dibutuhkan untuk keperluan perhitungan penelitian yang selanjutnya akan digunakan untuk di analisis, sehingga memperoleh kesimpulan yang ingin dicapai dalam penulisan karya ilmiah. Metodologi penelitian ini merupakan suatu cara sistematis yang bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan dalam melakukan penelitian guna memperoleh pemecahan masalah dengan maksud dan tujuan yang telah ditetapkan.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada 4 September hingga batas penelitian yang disetujui. Lokasi pengambilan data sekunder penelitian dilakukan pada 17 Oktober 2017 di Sungai Way Sekampung, kecamatan Air Naningan Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung.

3.3. Data

Data yang digunakan pada penelitian :

1. Tampak atas sungai, menggunakan Google Earth.
2. Data Sedimen.
3. Data Topografi
4. Kecepatan aliran, menggunakan *current meter*.
5. *Cross Section* penampang sungai menggunakan *Waterpass*.
6. *Long Section* sungai

3.4. Alat

Alat yang digunakan dalam pengambilan data primer :

1. *Current meter* dengan tipe SEBA *Hydrometrie F1 Universal Current Meter*.
2. Lembar pengumpulan data.
3. Stopwatch, apabila pada *current meter* tidak ada *auto timer*.
4. Alat tulis.
5. Tali tambang.
6. Botol derigen.
7. *Waterpass*.
8. Pelampung keamanan.
9. Rambu ukur vertikal.

3.5. Langkah Penelitian

3.5.1. Persiapan

1. Persiapan Alat yang digunakan.
2. Memastikan alat terkalibrasi.
3. Berkoordinasi dengan pendamping lapangan.
4. Perencanaan tim pengambilan data.

3.5.2. Pengambilan Data

3.5.2.1. Data Primer

Data primer yang digunakan ialah sampel sedimen bedload. Data primer diambil dengan cara menggali lantai saluran sungai pada tengah bentang sungai.

3.5.2.2. Data Sekunder

Metode merawas digunakan pada pengambilan data kecepatan air, penampang sungai dan sampel sedimen dengan cara manual.

3.5.2.3. Pengolahan data Sedimen

Data sekunder diperoleh setelah pengambilan sampel sedimen pada survey merawas selesai. Data sedimen diuji pada Laboratorium Tanah Teknik Sipil Universitas Lampung.

3.5.3. Pengujian Sampel Sedimen

- a. Kadar Air
- b. Berat Jenis
- c. Berat Volume
- d. Analisis Saringan

3.5.4. Pengolahan Data Perhitungan Data

3.5.4.1. Mengolah Data Debit

Data mentah yang didapat dari pengukuran menggunakan current meter ialah putaran baling-baling/20 detik. Sehingga perlu dikonversi menjadi kecepatan dengan rumus :

$$n = N/t$$

$$k \times n + \Delta = v$$

Dimana :

n = Putaran baling-baling *current meter*

t = Rentang ukur (detik)

k = Konstanta *pitch*, apabila $n < 1,08$ maka $k = 0,1238$; $n \Rightarrow 1,08$ maka $k = 1,1225$

Δ = Konstanta baling-baling

- Setelah didapat besaran kecepatan aliran melalui tahapan di atas, maka selanjutnya menghitung luas penampang tiap pertambahan tinggi muka air sebesar 0,1 m dari dasar sungai. Tahapan ini dibantu dengan *software* AutoCad.
- Data berupa kecepatan aliran dan luas penampang saluran telah didapat maka perhitungan debit dapat dilakukan dengan mengalikan kedua hasil tersebut. Perhitungan debit dihitung dengan membagi penampang menjadi beberapa bagian/segmen, yang tergantung dari penempatan pengukuran current meter. Akan didetailkan pada bab selanjutnya.
- Hasil perhitungan diatas diinput sehingga menjadi grafik, yaitu grafik Rating Curve. Perbandingan penambahan tinggi muka air terhadap debit yang dihasilkan.

3.5.4.2. Perhitungan Empiris Transpor Sedimen

Perhitungan Empiris menggunakan beberapa pendekatan rumus yaitu:

- *Meyer Petter and muller*

$$\Phi_b = 8(\theta' - 0,047)^{1,5} \quad (1)$$

$$q_b = 8[(s-1)g]^{0,5}(d_{50})^{0,5} \quad (2)$$

- *Einstein*

$$\psi = \frac{[(S_s - 1) d_{35}]}{\mu R_h S_e} \quad (3)$$

$$\Phi = \frac{q_{sb}}{[(S_s - 1) g d_{35}^3]^{0.5}} \quad (4)$$

Dari kedua pendekatan diatas didapat laju sedimen sehingga apabila dikalikan dengan durasi satu tahun maka dihasilkan volume sedimen (bulk) dalam satuan m³ yang dihasilkan oleh sungai Way Sekampung salah satu hulu Batutegi.

3.5.4.3. Olah Data HEC-RAS

Pada tahap pengolahan data selanjutnya, hasil perhitungan aliran debit dan sedimen disimulasi dengan program Hec-RAS sehingga dapat dilihat besarnya fluktuasi angkutan sedimen dari waktu ke waktu.

Dimana :

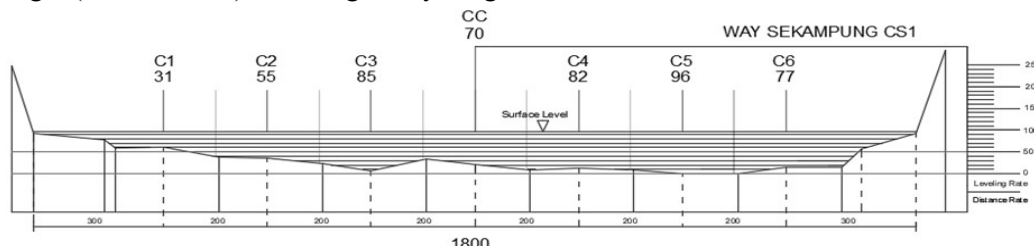
$\tau_b, c = \rho g h I$	= tegangan geser dasar current-related (N/m ²)
D_m	= diameter tengah partikel (1,1-1,3D ₅₀) (m)
$\mu = \frac{(C)}{(C')^{1.5}}$	= ripple factor
$\bar{u} = C (RI)^{0.5}$	= kecepatan aliran rata-rata kedalaman (m/s)
$C = (RI)^{0.5}$	= koefisien Chezy menyeluruh (m ^{0.5} /s)
$C' = 18 \log \frac{(12h)}{(d_{90})}$	= koefisien butiran Chezy (m ^{0.5} /s)
h	= kedalaman air (m)
I	= energi gradien (-)
$k_{s,c}$	= kekasaran dasar efektif (m)
$S_s = \frac{(\rho_s)}{(\rho)}$	= rapat massa relatif (-)
n	= 0,05 berdasarkan Chow = koefisien kekasaran menyeluruh (m ^{0.5} /s)

$$n' = \frac{(D_{90}^{0.1667})}{26} = \text{koefisien butiran Chezy (m}^{0.5}/\text{s)}$$

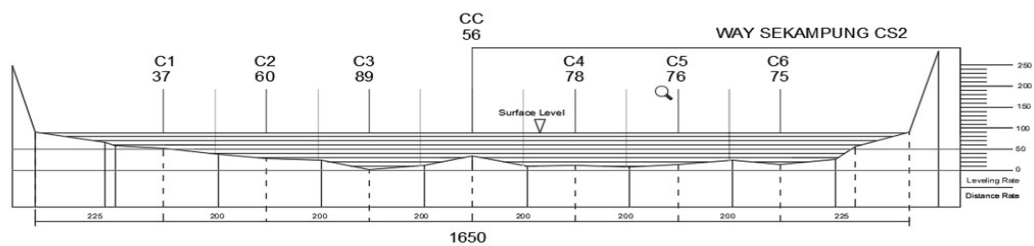
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penampang Melintang Sungai

Penampang melintang sungai didapat melalui kombinasi pengukuran *waterpass* dan *current meter*, penampang 1 dan 2 berjarak 200 m. Berikut tampak dari penampang sungai (*cross section*) dari sungai way sangarus :



Gambar 1. Cross section 1 sungai Way Sekampung



Gambar 2. Cross section 2 sungai Way Sekampung

4.2. Debit Aliran

Debit aliran dapat dihitung dengan kombinasi data kecepatan yang diperoleh dari pengukuran kecepatan aliran menggunakan *current meter* dan data *cross section* menggunakan *waterpass*. Berikut debit yang dihitung tiap penambahan tinggi 0,1 m dengan kedalaman maksimum sebesar 0,92 m :

Tabel 1. Hasil perhitungan debit

Kedalaman (m)	Debit (m ³)
0,1	0,2657
0,2	1,0781
0,3	2,1951
0,4	3,6597
0,5	5,2133
0,6	6,8227
0,7	8,5591

Tabel 1. Hasil perhitungan debit (lanjutan)

0,8	11,0764
0,9	12,2255
0,92	13,3871

4.3. Data Empiris

Pengujian di laboratorium tanah, *waterpass* dan *current meter* menghasilkan data-data sebagai berikut :

Tabel 2. Data perhitungan empiris

	C1	C2	Rata-rata
Radius Hidrolik (A/P)	0,3224 m	0,2914 m	0,3069 m
Luas Penampang (A)	11,1354 m ²	9,85 m ²	10,4927 m ²
Keliling Penampang (P)	34,5357 m	33,8392 m	34,1874 m
Kedalaman Rata-rata (y')	0,7085 m	0,6730 m	0,6907 m
Kecepatan Aliran (v)	1,1791 m/dt	1,2080 m/dt	1,1935 m/dt
Debit (Q)	13,3871 m ³ /dt	12,3510 m ³ /dt	12,8690 m ³ /dt
Lebar Penampang (L)	18 m	16,5 m	17,25 m
Berat Jenis		2,6682	
Slope		0,045	
		D35 = 3,5000 mm	
		D50 = 4,6667 mm	
Diameter		D60 = 5,4667 mm	
Rata-rata		D65 = 6,0333 mm	
		D90 = 8,5333 mm	

4.4. Perhitungan Laju Sedimen Empiris

Perhitungan laju sedimen sungai Way Sekampung menggunakan pendekatan empiris, yaitu metode *Meyer Peter and Muller*. Setiap pendekatan dihitung dengan penambahan kedalaman aliran 0,1 m hingga 0,96 m pada *cross section 1* dan 0,89 m pada *cross section 2*.

4.4.1. Hasil Perhitungan Metode MPM Cross Section 1

Tabel 3. Hasil perhitungan metode *Meyer Peter and Muller cross section 1*

Lb	θ	Φ	$[(s-1)g]^{0.5}d_{50}^{1.5}$	q,b	Qb
1,6161	0,1261	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000
8,6407	0,2204	0,0014	0,0013	0,0000	0,0001
10,4489	0,3087	0,0203	0,0013	0,0000	0,0003
12,2727	0,4030	0,0566	0,0013	0,0001	0,0009
12,7221	0,4975	0,1038	0,0013	0,0001	0,0017
13,4175	0,5939	0,1624	0,0013	0,0002	0,0028
14,6125	0,6915	0,2308	0,0013	0,0003	0,0044
15,3365	0,7894	0,3075	0,0013	0,0004	0,0061

Tabel 3. Hasil perhitungan metode *Meyer Peter and Muller cross section 1* (lanjutan)

16,7291	0,8880	0,3922	0,0013	0,0005	0,0085
17,5081	0,9080	0,4106	0,0013	0,0005	0,0093

4.4.2. Hasil Perhitungan Metode MPM *Cross Section 2*

Tabel 4. Hasil perhitungan metode *Meyer Peter and Muller cross section 2*

Lb	θ	Φ	$[(s-1)g]^{0.5}d50^{1.5}$	q,b	Qb
4,9118	0,1240	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000
9,6036	0,2129	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000
10,8591	0,3051	0,0179	0,0013	0,0000	0,0003
12,1765	0,4004	0,0542	0,0013	0,0001	0,0009
14,3652	0,4975	0,1039	0,0013	0,0001	0,0019
16,1496	0,5945	0,1631	0,0013	0,0002	0,0034
17,0476	0,6916	0,2310	0,0013	0,0003	0,0051
17,9456	0,7895	0,3075	0,0013	0,0004	0,0071
18,3946	0,8386	0,3389	0,0013	0,0004	0,0083

4.5. Perhitungan Laju Sedimen HEC-RAS

Perhitungan laju sedimen sungai Way Sangarus menggunakan pendekatan empiris, yaitu metode *Einstein*. Setiap pendekatan dihitung dengan penambahan kedalaman aliran 0,1 m hingga 0,96 m pada *cross section 1* dan 0,89 m pada *cross section 2*.

4.5.1. Hasil Perhitungan Metode Einstein *Cross Section 1*

Tabel 5. Hasil perhitungan metode *Einstein cross section 1*

Lokasi	ϕ	v_s	Lb
CS1	9,8000	1668,2000	16,5381
qb(kg/m.s)	Qb(kg/s)	Qb(m ³ /s)	m ³ /hari
8,2089	135,7602	0,0814	7031,3375

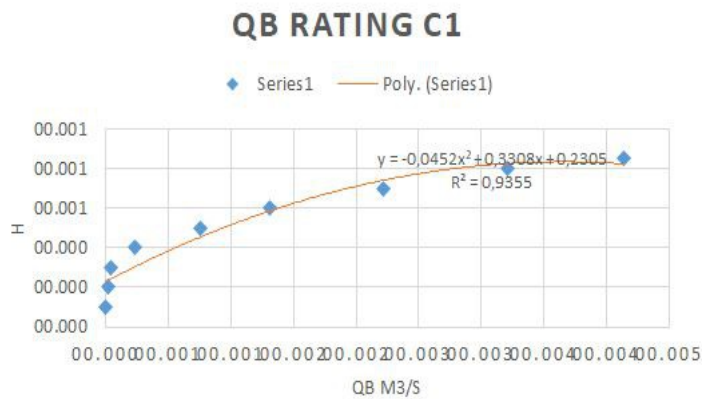
4.5.2. Hasil Perhitungan Metode Einstein *Cross Section 2*

Tabel 6. Hasil perhitungan metode *Einstein cross section 2*

Lokasi	ϕ	v_s	Lb
CS2	10,0000	1668,2000	19,8946
qb(kg/m.s)	Qb(kg/s)	Qb(m ³ /s)	m ³ /hari
8,3765	166,6464	0,0999	8631,0069

4.6. Kurva Debit Aliran terhadap Laju Sediment

Kombinasi data debit aliran dengan laju sedimen membentuk kurva seperti dibawah dengan nilai y ialah debit aliran dan x adalah laju sedimen. Berikut contoh kurva yang didapat dari kombinasi debit aliran dan laju sedimen metode MPM pada *cross section 1* :



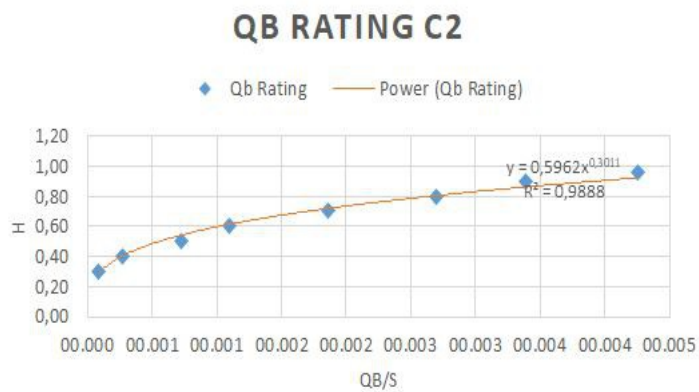
Gambar 3. Debit bedload rating cross section 1

- Kurva C1**

$$y = 0,0452 x^2 + 0,3308 x + 0,2305$$

$$R^2 = 0.9355$$

Debit puncak = 4,2625 m³/hari



Gambar 4. Debit bedload rating cross section 2

- **Kurva C2**

$$y = 0,5962 x^{0,30110}$$

$$R^2 = 0.9888$$

Debit puncak = 3,8038 m³/hari

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis data dari Analisis Sedimen Sungai Way Sekampung didapatkan berbagai variasi *output* , sehingga dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Hubungan antara tinggi muka air dan debit aliran dapat digambarkan dalam *Rating Curve* yang menggambarkan bertambahnya Debit Aliran secara signifikan seiring bertambahnya tinggi muka air, dengan debit rata-rata sebesar 12.8690 m³/s dengan kedalaman 0,89-0,96 m.
2. Besar Volume Rata-rata sedimen pertahun menggunakan metode *einstein* adalah 2 858 377,853 m³/tahun
3. Dari tabel diatas didapat nilai laju sedimen *Cross Section 1* sebesar 0,0814 m³/s dan *Cross Section 2* sebesar 0,0999 m³/s. Apabila dibandingkan dengan perhitungan empiris didapat nilai laju sedimen sebesar 0,0822 m³/s pada *Cross Section 1* dan 0,0798 m³/s pada *Cross Section 2*. Dari perbandingan diatas nilai laju sedimen tidak jauh berbeda dari perhitungan empiris dan substitusi HEC-RAS.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Badan Standarisai Nasional, 2015, SNI 3408;2015 *Tata cara pengukuran kecepatan aliran pada uji model hidraulik fisik (UMH fisik), dengan alat ukur arus tipe baling-baling*.
- Chow, Ven T. 1989. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Erlangga. Jakarta.
- Rijn, L.C.V. 1993. *Principle of Sediment Transport on Rivers, Estuaries, and Coastal Seas*, Aqua Publications.
- Triatmodjo, B. 2010. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 1993. *Hidraulika I*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wahono, E.P. dan Anshori, D. 2004. *Revitalisasi Bantaran Sungai Dengan Pendekatan Hidraulika*. Prosiding pelantikan pengurus HATHI cabang Lampung.

