

Monitoring Sedimentasi di Pintu DAM Rolag Telu Sebagai Bentuk Kesiapan Mencegah Banjir di Hilir Sungai Brantas

Muhammad Hafiizh Imaaduddin^{1,*}, Tatas¹, S. Kamilia Aziz¹

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: m_hafiizh@ce.its.ac.id

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	4 Maret 2019	<i>Surabaya's located on the track of WS Brantas, particularly the downstream (Surabaya canal), wherein vulnerably to accident, such as inundation, sedimentation, and waste. In the matter of inundation management of Surabaya, one effort required to control the flood is sedimentation recording, related to the nature and characteristic of Surabaya canal. This process of sedimentation slowly shallow the riverbeds, hence reduce the wet-cross section or the width of the river, which furthermore can cause to an inundation if its debit of flow beyond its capacity. Concerning to explained-context above, it is considerably important to initiate a research about it. This study reviews sedimentation analyses and surveys held to Surabaya canal, to analyze the correlation between rainfall and discharge suspension and also its total number of suspension load. Those analyses made in order to have the estimation of sedimentation transportation exposed to annual average discharge, as a balance of waterflow volume of wet-cross-section riverbeds (where the sediment laid). The result of this event will be used as a supporting data of disaster mitigation calculation of flood in the future. This research methodology commenced by the literature study, surveying and measuring, and sampling. Measurement result shows a correlation between discharge flow and suspension load of Surabaya canal, with a quite robust correlation coefficient, particularly at an discharge value is 0,248 m³/s descending value of concentrate sediment pops 20ppm, and spesific gravity value is following maximum at 2,767.</i>
Diperbaiki	30 Juli 2019	
Disetujui	31 Juli 2019	

Keywords: flood, Surabaya canal, sedimentation, discharge suspension.

Abstrak

Kota Surabaya berada pada alur WS Brantas khususnya bagian hilir (Kali Surabaya), dimana sangat berpotensi menjadi area yang rentan terhadap bencana terutama banjir dan sedimentasi. Salah satu pekerjaan yang diperlukan untuk dapat mengendalikan banjir adalah catatan kejadian sedimentasi yang menyangkut sifat dan karakteristik dari Kali Surabaya, di mana kejadian sedimen ini lambat laun akan mengakibatkan adanya pendangkalan dasar sungai dan berdampak pada berkurangnya penampang basah sungai atau lebar sungai. Penelitian ini mengkaji survei dan analisis sedimentasi yang terjadi di Kali Surabaya, untuk menganalisis hubungan antara curah hujan dengan debit suspensi dan menganalisis jumlah total muatan suspensi. Analisis hubungan tersebut bertujuan untuk mendapatkan hasil perhitungan transportasi sedimentasi pada debit rata-rata pertahun, sebagai balance besaran volume aliran air penampang basah dasar sungai yang ditempati oleh sedimen yang nantinya hasil kejadian ini akan dipakai sebagai data pendukung untuk perhitungan mitigasi bencana terhadap terjadinya banjir mendatang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan studi literatur, survey dan pengukuran di lapangan, serta sampling. Hasil pengukuran menunjukkan hubungan debit aliran dengan debit muatan suspensi di Kali Surabaya memiliki koefisien korelasi yang cukup kuat terutama pada saat grafik debit suspensinya naik $Q=0,248 \text{ m}^3/\text{s}$ (yang maksimal) nilai konsentrasi sedimen tertinggi yang terjadi adalah 20ppm, dan nilai spesifik gravitasnya yang terekam pada debit maksimal tersebut adalah yang terbesar ($G_s = 2,767$).

Kata kunci: banjir, kali Surabaya, sedimentasi, debit suspensi

1. Pendahuluan

Sedimentasi adalah sebuah proses terjadinya sedimen (sediment transport) yang terbawa oleh aliran sungai dalam kaitannya dengan debit sungai, mempunyai arti penting dalam kegiatan pengembangan sumberdaya air. Sedimentasi terbagi menjadi 2 proses yaitu, degradasi dan agradasi. Degradasi adalah penurunan dasar sungai secara keseluruhan

atau sebagian akibat adanya penggerusan terhadap dasar sungai oleh aliran dimana jumlah sedimen transport yang tergerus dan hanyut ke hilir sungai lebih besar daripada jumlah sedimen transport yang datang dari hulu sungai, sedangkan agradasi sebaliknya dimana jumlah sediment transport yang hanyut ke hilir lebih kecil dibandingkan sediment transport yang datang dari hulu dan mengendap [1].

Kota Surabaya berada pada alur wilayah sungai Brantas khususnya bagian hilir (Kali Surabaya), di hilir ada segmen meander sungai yang sangat ideal untuk model pergerakan meander sungai [2]. Hal ini yang harus diwaspadai karena sangat berpotensi menjadi area yang rentan terhadap bencana terutama banjir dan sedimentasi. Dalam hal pengendalian banjir di kota Surabaya, salah satu pekerjaan yang diperlukan untuk dapat mengendalikan banjir adalah catatan kejadian sedimentasi yang menyangkut sifat dan karakteristik dari Kali Surabaya. Dimana kejadian sedimen ini lambat laun akan mengakibatkan adanya pendangkalan dasar sungai dan berdampak pada berkurangnya penampang basah sungai atau lebar sungai, sehingga debit aliran air dari daerah hulu akan mengalami luberan pada penampang (palung) sungai yang mempunyai tanggul rendah. Pada saat proses perjalanan aliran menuju bagian di hilir (bermuara akhir di selat Madura), jika debit aliran ini tidak tertampung pada penampang basah palung sungai maka akan terjadilah banjir.

Penelitian ini bertujuan melakukan survei dan analisis sedimentasi yang terjadi di Kali Surabaya, untuk melihat hubungan debit sungai dari pencatatan alat ukur *current meter* dengan jumlah total muatan suspensinya. Analisis hubungan tersebut disiapkan untuk memprediksi hasil perhitungan transportasi sedimentasi pada debit rata-rata pertahun, sebagai *balance* besaran volume aliran air penampang basah dasar sungai yang ditempati oleh sedimen dimana nantinya hasil kejadian ini akan dipakai sebagai data pendukung untuk perhitungan mitigasi bencana terhadap terjadinya banjir mendatang.

2. Tinjauan Pustaka

a. Teori Penunjang

Sedimen adalah produk disintegrasi dan dekomposisi batuan, disintegrasi mencakup seluruh proses dimana batuan yang rusak/pecah menjadi butiran – butiran kecil tanpa perubahan substansi kimiawi [3]. Dekomposisi mengacu pada pemecahan komponen mineral batuan oleh reaksi kimia. Karakteristik butiran dapat menggambarkan properti sedimen, antara lain ukuran (*size*), bentuk (*shape*), berat volume (*specific weight*), berat jenis (*specific gravity*) dan kecepatan jatuh (*fall velocity*).

Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai di laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air [4]. Sedangkan prediksi laju sedimentasi (*sedimentation rate*) itu sendiri diperlukan sebagai dasar perencanaan bangunan hidrolis sungai, pengelolaan *scouring* dan

beberapa masalah lainnya yang berhubungan dengan pengelolaan infrastruktur di wilayah sungai [5].

b. Persamaan Van Rijn

Persamaan sedimen dasar menurut Van Rijn, dikatakan bahwa angkutan sedimen dasar dapat dianalisa cukup akurat dengan dua parameter yang tak berdimensi (*dimensionless parameters*) yang dikemukakan oleh Ackers White dan Yallin [6], yaitu :

- Parameter partikel (*particle parameter*)

$$D_x = D_{50} \left(\frac{(s-1)g}{\nu^2} \right)^{1/3} \tag{1}$$

Keterangan

D_x = parameter partikel

D_{50} = ukuran partikel (m)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/det²)

S = specific density ($\frac{\rho_s}{\rho}$)

ν = koefisien kekentalan kinematic (1.10⁻⁶ m²/det)

- Stage parameter

$$T = \frac{(u'_*)^2 - (u_{*CR})^2}{(u_{*CR})^2} \tag{2}$$

Keterangan

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

$$u'_* = \left(\frac{g^{1/2}}{C'} \right) \cdot u$$

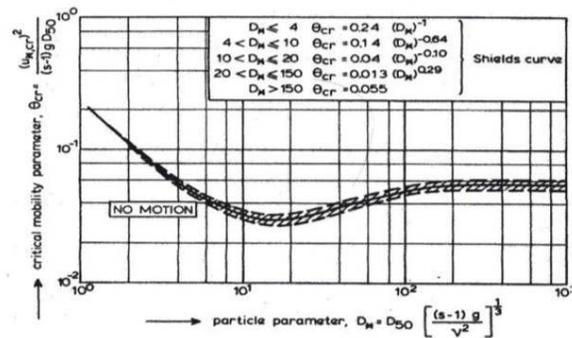
u_{*CR} = kecepatan geser dasar kritis menurut Shield (m/det)

T = stage parameter

C' = koefisien chezy

u = kecepatan aliran rata-rata (m/det)

kecepatan geser dasar kritis u_{*CR} dapat dihitung dengan diagram yang diberikan oleh Shield.



Gambar 1. Grafik hubungan partikel parameter terhadap nilai kecepatan geser dasar kritis

Untuk C' dihitung dengan persamaan:

$$C' = 18 \log \left(\frac{12 R_b}{3 D_{90}} \right) \quad (3)$$

Keterangan:

R_b = jari – jari hidrolis (m)

D_{90} = ukuran partikel sedimen (m)

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

$$q_b = \frac{0,053 T^{2,1} [(s-1)g]^{0,5} D_{50}^{-1,5}}{D_*^{0,3}} \quad (4)$$

Debit angkutan sedimen dasar untuk seluruh lebar dasar saluran:

$$Q_s = q_b \cdot B \quad (5)$$

Keterangan:

q_b = Angkutan sedimen dasar pada satu satuan lebar sungai (m^2/det)

B = lebar sungai (m)

c. Ukuran Partikel Sedimen

Ukuran partikel merupakan karakteristik sedimen yang dapat diukur secara nyata menggunakan klasifikasi berdasarkan standart *U.S. Army Corps Engineer (USACE)* untuk Analisa saringan sampel sedimen [7]. Beberapa ahli hidrolika menggunakan klasifikasi ukuran butiran menurut *AGU (American Geophysical Union)* sebagaimana yang ditunjukkan pada **Tabel 1.** [3] menyatakan bahwa batu besar dan krakal dapat diukur tersendiri, kerikil dapat pula diukur tersendiri atau dengan ayakan. Ayakan nomor 200 digunakan untuk memisahkan partikel pasir dari partikel yang lebih halus seperti lumpur dan lempung, sedangkan lumpur dan lempung dipisahkan dengan mengukur perbedaan kecepatan jatuhnya pada air diam. Berikut dapat disajikan klasifikasi butiran menurut *American Geophysical Union*:

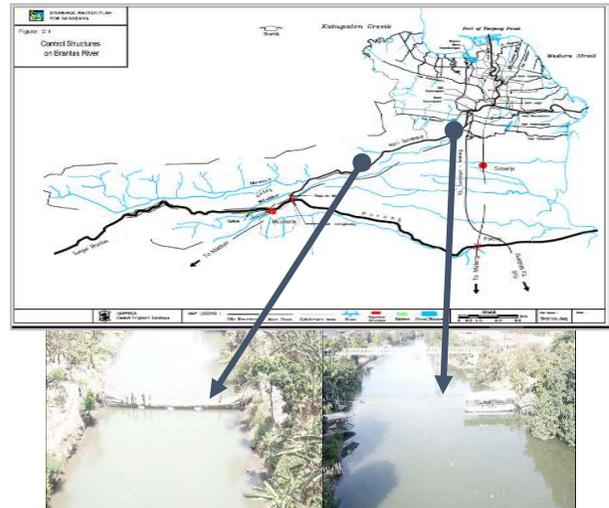
Tabel 1. Hasil klasifikasi ukuran butiran menurut *AGU (American Geophysical Union)*

Interval/ range (mm)	Nama
4096 - 1024	Batu besar (<i>Large boulders</i>)
1024 – 256	Batu kecil (<i>Small boulders</i>)
256 – 128	Kerikil besar (<i>Large cobbles</i>)
128 – 64	Kerikil kecil (<i>Small cobbles</i>)
64 – 16	Kerikil kasar (<i>Coarse gravel</i>)
16 – 4	Kerikil halus (<i>Fine gravel</i>)
4 – 1/2	Pasir kasar (<i>Coarse sand</i>)
1/2 – 1/4	Pasir sedang (<i>Medium sand</i>)
1/4 – 1/16	Pasir halus (<i>Fine sand</i>)
1/16 – 1/64	Lumpur kasar (<i>Coarse silt</i>)
1/64 – 1/256	Lumpur halus (<i>Fine silt</i>)
1/256 – 1/512	Lempung kasar (<i>Coarse clay</i>)
1/512 - 1/1024	Lempung sedang (<i>Medium clay</i>)
1/1024 – 1/4096	Lempung halus (<i>Fine slay</i>)

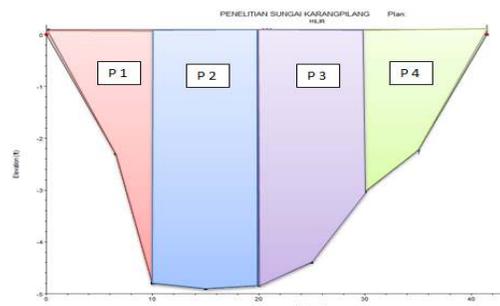
3. Metode

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Data primer meliputi data a) kedalaman muka air, b) kecepatan aliran, serta c) pengukuran sampel sedimen baik *suspended* atau *bed load* yang ada di lokasi studi. Sedangkan data sekunder berupa a) peta WS DAS Brantas, b) curah hujan harian selama kurun waktu 10 tahun terakhir, c) data topografi tata guna lahan, serta d) data potongan melintang dan memanjang sungai Kali Surabaya.

Teknik analisis yang digunakan berupa matematik dan statistik. Data tinggi muka air dan debit dianalisis dengan menggunakan *rating curve*, sedangkan data kadar suspensi digunakan sebagai *input* untuk perhitungan debit suspensi. Selanjutnya dibuat lengkung sedimen dengan membuat grafik hubungan antara debit aliran dengan debit suspensinya. Lokasi studi dan pembagian ruas pias saluran ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Lokasi pengambilan sample sedimen di Kali Surabaya. insert atas: hulu intake PDAM Karangpilang, insert bawah: Lokasi hilir DAM Rolag Telu



Gambar 3. Pembagian penampang pias saluran pada salah satu *cross section* di lokasi studi

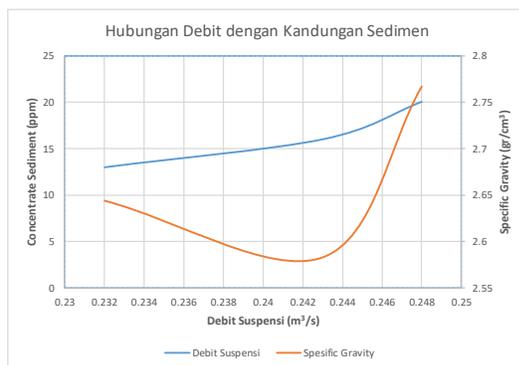
```
[Application]
[Header]
Count=24
Instrument=Model 106 Current Meter (Direct)
Device_Series=300
Device_Type=11 BFM104
Serial_Number=38721
Firmware=VER 0104706E
Latitude=
Longitude=
Site_Info=
Sampling_Mode=1 Pressure
Sampling_Rate=
Sampling_Period=5 Secs
Average_Type=
Average_Period=3 Secs
File_Number=25

[Data]
Date/Time           Speed      Direction
                    m/s       °
2018-10-07 10:48:30 0,487     007,7
2018-10-07 10:48:45 0,361     358,5
2018-10-07 10:49:00 0,367     355,1
2018-10-07 10:49:15 0,380     358,7
2018-10-07 10:49:30 0,325     355,0
2018-10-07 10:49:45 0,456     356,3
2018-10-07 10:50:00 0,453     003,7
2018-10-07 10:50:15 0,508     006,3
2018-10-07 10:50:30 0,436     356,6
```

Gambar 4. Pembacaan nilai kecepatan aliran dari alat *current meter* yang digunakan saat studi

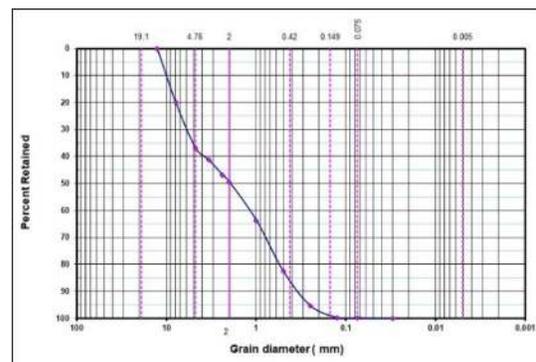
4. Hasil dan Pembahasan

Persamaan lengkung aliran digunakan untuk menganalisis hubungan antara tinggi muka air sungai dengan debit aliran sungai. Dalam melakukan analisis persamaan lengkung aliran, dibutuhkan dua variabel data, yaitu data debit aliran sungai dan data tinggi muka air sungai. Kedua variabel data tersebut didapatkan dari hasil pengukuran di lapangan.

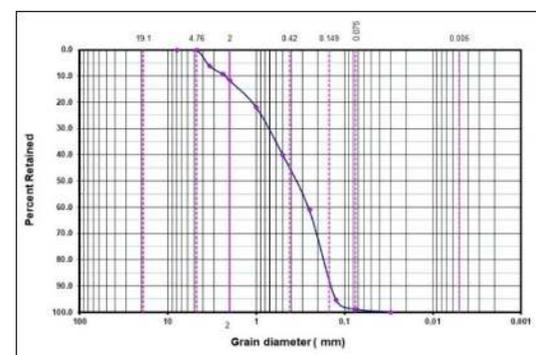


Gambar 5. Grafik hubungan debit suspensi dengan konsentrasi sedimen yang terkandung

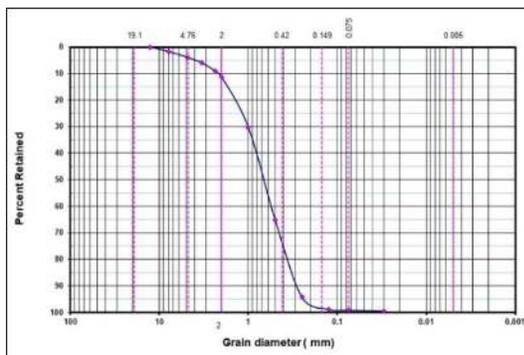
Pada **Gambar 5** ditunjukkan hasil survey pencatatan debit di lapangan menunjukkan hubungan debit dan konsentrasi sedimen sangat kuat, saat nilai debit bertambah besar begitu pula kandungan sedimen yang ada juga bertambah, terlihat dengan kandungan *concentrate* pada debit suspensi yang semakin besar namun tidak begitu dengan kadar *specific gravity* yang mengalami penurunan saat debit bertambah pada sesi kedua. Pada hasil laboratorium menunjukkan jenis material dominan butiran pasir sebesar 63,07% dengan diameter 0,5 mm sebesar 18,911% nya untuk debit yang pertama ($Q=0,232 \text{ m}^3/\text{s}$), material dominan butiran pasir sebesar 98,90% dengan diameter 0,125 mm sebesar 34,223% nya untuk debit yang kedua ($Q=0,243 \text{ m}^3/\text{s}$), dan material dominan butiran pasir sebesar 95,22% dengan diameter 0,5 mm sebesar 34,868% nya untuk debit yang ketiga ($Q=0,232 \text{ m}^3/\text{s}$). Dalam studi ini belum bisa mendapatkan variasi variable seperti pada metode Wallingford oleh Aker dan White yang menyebutkan variabel yang berpengaruh dalam pembentukan sungai: kecepatan rata-rata (V); kedalaman rata-rata (h); kemiringan dasar sungai (S); debit (Q); konsentrasi sedimen (X) dan lebar permukaan sungai (W) [8].



Gambar 6. Hasil analisa gradasi sedimen yang terkandung pada debit pertama dengan $Q = 0,232 \text{ m}^3/\text{s}$



Gambar 7. Hasil analisa gradasi sedimen yang terkandung pada debit kedua dengan $Q = 0,243 \text{ m}^3/\text{s}$



Gambar 8. Hasil analisa gradasi sedimen terkandung pada debit ketiga dengan $Q = 0,248 \text{ m}^3/\text{s}$

Dari analisa yang dilakukan menunjukkan semakin besar nilai debit, maka debit suspensi yang terjadi membawa konsentrasi sedimen yang lebih besar dengan kandungan prosentase material didominasi oleh material pasir dengan nilai G_s berbeda-beda dan didominasi oleh butiran diameter 0,5 mm. Ini dapat menjadi pertanda awal bahwasanya debit besar rentan membawa sedimen dengan jumlah besar pula untuk berpindah tempat mengikuti aliran debit. Persamaan sedimen dasar menurut Van Rijn, dikatakan bahwa angkutan sedimen dasar dapat dianalisa cukup akurat dengan dua parameter yang tak berdimensi (*dimensionless parameters*) yang dikemukakan oleh Ackers White dan Yallin [6], yaitu $q_b = \frac{0,053 T^{2,1} [(s-1)g]^{0,5} D_{50}^{1,5}}{D_*^{0,3}}$, maka sementara hasil yang didapatkan untuk angkutan sedimen dasar pada satuan lebar dasar saluran (q_b) sebesar $4,135 \text{ m}^2/\text{det}$ untuk lokasi Dam Rolag Telu ini.

Pada artikel lainnya seperti yang pernah disampaikan bahwa fluktuasi debit yang terjadi sepanjang tahun menyebabkan perubahan tanah dasar dan tebing sungai, perubahan fluktuasi debit kemungkinan juga akan menyebabkan cepatnya pergerakan alur sungai [9].

Maka dari itu di DAM rolag telu harus mengantisipasi datangnya musim hujan (potensi debit yang lebih besar) dengan lebih waspada kesiapan bangunan-bangunan per-sungai seperti pintu air dan tampungan bendung agar dapat bekerja maksimal dan dapat dilakukan pemeliharaan apabila dirasa diperlukan. namun disayangkan keterbatasan alat dan medan menjadikan hasil analisa ini kurang lengkap dengan data yang terbatas, hal inilah yang nantinya akan coba ditindaklanjuti dengan melanjutkan kegiatan research di musim hujan dan memperbanyak titik pengamatan agar dapat membuat tren awal hubungan curah hujan, debit suspensi terhadap pergerakan sedimen dan pergeseran dasar sungai di area studi.

5. Simpulan

Dari pekerjaan yang sudah dilakukan beserta analisisnya, maka dapat disimpulkan:

1. Pada area studi, besaran nilai debit berpengaruh terhadap besaran nilai angkutan sedimen transport dengan nilai $Q_{\max} = 0,248 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kandungan *concentrate sediment* nya sebesar 20 ppm pada saat yang sama.
2. Nilai angkutan sedimen dasar pada satuan lebar dasar saluran (q_b) sebesar $4,135 \text{ m}^2/\text{det}$.

Daftar Pustaka

- [1] Mawardi, E. dan Memed, M., *Desain Hidraulik Bendung tetap*, 2010, Alfabeta.
- [2] Kuntjoro, *The movement of the regularly rivermeanders on constant discharge*. International Journal of CIVIL Engineering and Technology (IJCIET), Volume 9, Issue 6, June 2018 p. 619-629.
- [3] Ponce, V.M., *Engineering Hydrology, Principles and Practice*. 1989, Prentice-Hall Inc, New Jersey.
- [4] Anwas M. 1994. *Bentuk Muka Bumi*. http://elcom.umy.ac.id/elschool/mualimin_muhammadiyah/file.php/1/materi/Geografi/Bentuk%20muka%20bumi.pdf. diakses pada tanggal 20 April 2015
- [5] Hambali, Roby., Apriyanti, Yayuk, *Studi Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng – Kabupaten Bangka Barat*, 2016, Fropil, Jurnal Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung, Indonesia.
- [6] Van Rijn, L.C.V., 1984, "Sediment Transport, Part I : Bed Load Transport", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 110, No.10.
- [7] Abdul Ghani. N.A.A, Othman N., Baharudin M.K.H, *Study on Characteristics of Sediment and Sedimentation Rate at Sungai Lembing, Kuantan, Pahang*, 2012, Precedia Engineering of Malaysian Technical Universities Conference on Engineering & Technology, MUCET 2012 Part 3 – Civil and Chemical Engineering.
- [8] Kuntjoro, Ismail Saud, Didik Harijanto, *Equilibrium Geometry Demands Of Natural Discharge On Alluvial River*, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Volume 13, No 4, February 2018 p. 1476-1483.
- [9] Kuntjoro, Didik Harijanto, Sungkono, Saptarita, Choirul Anwar, *Perkiraan Geometri Sungai Bermeander dari Besaran Debit*, Jurnal Aplikasi, Volume 11, Nomor 1, Februari 2013, halaman 31-37.

