Kajian Hidrolika Sungai Kusan Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan Dengan Uji Model Fisik dengan Skala Distorsi Vertikal 1:40 Horizontal 1:80

Muhammad Danudoro^{1*}, Very Dermawan¹, Sri Wahyuni¹

¹ Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya,
Jalan MT. Haryono No. 167, Malang, 65145, INDONESIA

*Korespondensi e-mail: mdd.android@gmail.com

Abstract: The research was conducted to determine the hydraulic conditions in the Kusan River by means of a modeled prototype which would later be compared with the theoretical calculation results. Discharge test with a rating curve on the river model of the Kusan River with distortion scale of vertical 1:40 horizontal 1:80. To decide which sediment that will be used to do test on model, it takes several sample of sediment test when testing the river model. There are 5 samples tested, with a ratio of sand and coal, those ratio sample between sand and coal are 1: 9, 2: 8, 3: 7, 4: 6 and 5: 5, referring to the ratio of 3: 7 as the best criterion. The estimation of the passing discharge in the existing by calculating of the rating curve in several sections of the Kusan River by using a slope of 0.007007 (mean slope) and n manning 0.03. From the winding discharge, it is determined that the discharge used is a small discharge with a water level of ± 0.50 (14.29 m³/s), a medium discharge with a water level of ± 2.00 m (156.07 m³/s) and a large discharge with a water level. ± 3.50 m (519.64 m³/s).

Keywords: Hydraulic, Physical Model, Sediment

Abstrak: Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui kondisi hidrolika di Sungai Kusan secara prototype yang dimodelkan yang nantinya dibandingkan dengan hasil perhitungan teori. Dengan debit pengujian dilakukan menggunakan *rating curve* pada sungai model Sungai Kusan dengan skala distorsi vertikal 1:40 horisontal 1:80. Diperlukan pengujian terhadap beberapa sampel sedimen yang bertujuan untuk menentukan sedimen yang nantinya akan digunakan saat pengujian model sungai. Terdapat 5 sampel yang diujikan, dengan perbandingan jumlah pasir dan jumlah batu bara 1:9, 2:8, 3:7, 4:6 dan 5:5, mengacu pada

perbandingan 3:7 sebagai kriteria yang paling baik. Estimasi debit yang lewat pada kondisi eksisting adalah dengan perhitungan lengkung debit pada beberapa section Sungai Kusan dengan menggunakan *slope* 0,007007 (*slope* rerata) dan *n* manning 0,03. Dari liku debit ditentukan debit yang digunakan adalah debit kecil dengan ketinggian air $\pm 0,50$ m (14,29 m³/detik), debit sedang dengan ketinggian air $\pm 2,00$ m (156,07 m³/detik) dan debit besar dengan ketinggian air $\pm 3,50$ m (519,64 m³/detik).

Kata kunci: Hidrolika, Sedimen, Uji Model

1. Pendahuluan

Kalimantan adalah daerah yang memiliki endapan batu bara melimpah, yang berasal dari pengendapan batuan oleh tertimbunnya bangkai tanaman dan pepohonan, proses yang terus terjadi namun tidak terjadi pembusukan yang sempurna karena banyaknya rawa-rawa. Banyak sekali lokasi timbunan batu bara yang ada di Kalimantan, bahkan dibawah aliran sungai juga terdapat sejumlah endapan batu bara.

Gambar 1 : Peta Provinsi Kalimantan Selatan

Sungai Kusan secara administrasi berada di wilayah Kecamatan Kusan Hilir, Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. Berdasarkan posisi geografis sub das Sungai Kusan terletak diantara $-3^{\circ}3'50.01''$ sampai dengan $-3^{\circ}30'7.19''$ LS dan $109^{\circ}20'25''$ dan $109^{\circ}59'44.46''$ BT. Secara administrasi Sub Das Sungai Kusan ini terletak di wilayah Kec. Mantewe (13,60%) Kec. Kusan Hulu (86,40%).

Dalam menjaga ekosistem makhluk hidup, sungai menjadi sumber utama dalam menjaga kelestarian alam dan sekitarnya. Banyak perusahaan yang mengambil keuntungan dalam mengelola penambangan batu bara di Kalimantan, dalam hal ini untuk mempertimbangkan kondisi alam sangat dibutuhkan untuk menjaga ekosistem sekitar, sehingga dibutuhkan menjaga aliran sungai agar tidak menimbulkan kerusakan di kedepannya. Dalam perencanaan pekerjaan bangunan air, banyak persoalan atau permasalahan yang tidak dapat dipecahkan dengan rumus yang ada, hal ini mengingat beberapa rumus yang ada diturunkan dari suatu kondisi tertentu yang belum tentu keadaanya sama dengan kondisi bangunan air yang akan direncanakan. Dalam keadaan seperti ini makan bantuan model hidraulik dalam menyelesaikan permasalahan adalah sangat bermanfaat [1].

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan

Dalam pelaksanaan pemodelan diperlukan beberapa perlengkapan dan alat-alat, alat dan bahan yang digunakan untuk proses pembangunan model dan untuk pelaksanaan *running test*. Dibutuhkan fasilitas Laboratorium Sungai Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Dalam proses pelaksanaan uji pada model test diperlukan model fisik berupa Sungai Kusan pada kondisi original desain dengan skala distorsi vertical 1:40 horisontal 1:80, dibutuhkan kolam penampungan air sebagai sistem distribusi air di model, dengan empat buah pompa listrik masing-masing berkapasitas 25 l/dt, 45 l/dt dan 30 l/dt dan alat ukur tinggi muka air berupa meteran taraf (*point gauge*), sipat datar, bak ukur dan pengukuran kecepatan berupa tabung pitot.

2.2 Metode

Sesuai dengan investigasi lapangan dan berdasarkan desain konstruksi konsultan perencanaan, pengujian perilaku hidrolika aliran di sungai diuji dengan beberapa tahapan dan kondisi model.

1. Kalibrasi

Kalibrasi adalah tahapan mencocokkan parameter model dan prototipe agar diperoleh suatu fenomena yang menyerupai. Dalam penyelidikan model Pengalihan Sungai Kusan, hal yang perlu diperhatikan adalah kedalaman air, pola dan kondisi aliran pada tiap-tiap *section* sungai.

2. Verifikasi

Merupakan tahapan pembuktian kebenaran parameter model dan prototipe sehingga diperoleh validasi sesuai dengan ketelitian yang diharapkan.

3. *Development Test*

Merupakan tahapan pengujian model yang bertujuan untuk mengetahui perkembangan perilaku hidrolika aliran sehubungan dengan upaya meminimalkan kondisi aliran yang kurang memuaskan.

4. Model Seri 0

Model Seri 0 merupakan model yang dibuat berdasarkan original desain konsultan.

5. Model Seri 1, 2 dst.

Model Seri ini merupakan alternatif desain (modifikasi).

6. *Final Design*

Merupakan usulan penyempurnaan yang terbaik di antara model seri. Masing-masing model seri tersebut diuji dengan beberapa variasi banjir rencana.

2.3 Persamaan

Suatu alur yang Panjang diatas permukaan bumi dimana tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai, dan perpaduan antara alur sungai dan air di dalamnya diebut sungai [2].Umumnya aliran dalam saluran terbagi menjadi dua, yaitu aliran dalam saluran terbuka dan aliran dalam saluran tertutup. Saluran terbuka adalah saluran yang dimana air mengalir dengan muka air bebas, contohnya adalah sungai. Sifat atau keadaan aliran pada saluran ditentukan dari viskositas dan gravitasi terhadap gaya inersia. Aliran melalui saluran terbuka adalah turbulen, karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding relatif besar.

2.3.1 Analisa Hidrolika

Penampang sungai yang direncanakan berbentuk trapezium berdasarkan debit banjir maksimum yang terjadi. Bentuk penampang dihitung dengan persamaan yang dikembangkan oleh manning sebagai berikut [3].

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Pers.1}$$

Dari persamaan tersebut didapatkan untuk penampang trapezium yang efisien adalah:

Gambar 2: Penampang saluran trapesium

$$Q = A \times V \quad \text{Pers.2}$$

$$A = (B + m \times h) \times h \quad \text{Pers.3}$$

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{Pers.4}$$

$$P = B + 2h \sqrt{m^2 + 1} \quad \text{Pers.5}$$

dengan:

Q = Debit banjir rancangan (m³/dt)

A = Luas penampang basah (m²)

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar saluran

P = Keliling penampang basah (m)

n = Angka kekasaran Manning

B = Lebar dasar sungai (m)

m = Kemiringan talud

2.3.2 Angkutan Sedimen

Angkutan sedimen berfungsi untuk mengetahui suatu sungai yang dalam keadaan tertentu akan mengalami penggerusan, pengendapan atau mengalami angkutan seimbang. Terdapat tiga macam angkutan sedimen yang terjadi di dalam alur sungai yaitu: *wash load*, *suspended load* dan *bed load* [4].

A. Analisa Sedimen Non Kohesif

Acker-White memberi perumusan mengenai keseimbangan partikel (butiran) di dasar sungai. White menyatakan bahwa gaya ganggu yang merupakan resultan gaya seret dan gaya angkat akan sebanding dengan tegangan geser dasar sungai dan luas permukaan partikel, dan gaya tahan grafitasi sebanding dengan berat partikel di dalam air, dengan persamaan sebagai berikut [5]:

$$(\rho_s - \rho_w) g D^3 \quad \text{Pers.6}$$

Partikel akan diam (keadaan seimbang) jika:

$$\tau_0 < C(\rho_s - \rho_w) g D \quad \text{Pers.7}$$

dengan:

$$\tau_0 = \rho_w g h I$$

ρ_s = keterangan butiran

ρ_w = kerapatan air (g/m³)

g = percepatan gravitasi (g/m²)

D = diameter partikel (mm)

h = kedalaman aliran (m)

I = kemiringan dasar sungai

C = konstanta

Konstanta faktor C bergantung pada kondisi aliran yang dekat dengan dasar, bentuk partikel, posisi partikel terhadap partikel lain dan lain sebagainya. Kondisi aliran yang dekat dengan dasar dapat dijabarkan sebagai rasio antara ukuran butiran terhadap ketebalan viskositas *sublayer* yang mana rasionya sebanding dengan bilangan Reynold yang didasarkan pada ukuran butiran dan kecepatan geser [6].

Kondisi aliran yang berdekatan dengan dasar sungai sebanding dengan besarnya partikel dan berbanding terbalik dengan viskositas lapisan aliran yang dirumuskan dengan [5]:

$$Re^* = U^* D / \nu \quad \text{Pers.8}$$

$$\frac{\bar{U}}{U^*} = 5,75 \log 12h/ks \quad \text{Pers.9}$$

dengan:

$\bar{U}$ = kecepatan rata-rata (m/s)

U^* = kecepatan geser sub – layer (m/s)

D = diameter partikel (mm)

ν = viskositas air (Ns/m³)

R^* = bilangan Reynold

h = kedalaman aliran (m)

ks = kekasaran dasar sungai

B. Analisa Sedimen Dasar Sungai

Ketika kondisi aliran memenuhi atau melampaui kriteria untuk pergerakan awal, sehingga partikel sedimen di sepanjang lapisan aluvial akan mulai bergerak. Jika gerakan partikel sedimen bergulir, bergeser, atau kadang-kadang melayang di sepanjang lapisan, hal itu disebut transportasi muatan dasar (*bed-load transport*). Umumnya laju pengangkutan muatan dasar sungai sekitar 5-25% dari muatan suspensinya. Namun, untuk bahan kasar, persentase sedimen yang lebih tinggi mungkin berasal dari transport sedimen terutama untuk beban dasar [7].

Ada banyak perhitungan bed-load secara empiris maupun semi empiris yang didasarkan pada analisa regresi dari percobaan laboratorium. Berikut merupakan persamaan-persamaan untuk perhitungan angkutan sedimen dasar dengan metode pendekatan regresi [7]:

a. Schoklitsch's Formula

Schoklitsch's memelopori penggunaan debit aliran untuk penentuan dari bed-load. Lebih lanjut Schoklitsch's mengembangkan persamaan empiris yang digunakan oleh Shulits (Shulits, The Schoklitsch bed-load formula 1935) dan Shulits & Hill (Bedload formulas, 1968). Terdapat dua formula Schoklitsch, yang pertama dipublikasikan pada 1934 dan yang kedua pada 1943. Formula Schoklitsch dengan satuan metrik adalah [8]:

$$q_b = 7000 \frac{l^{2/3}}{d^{1/2}} (q - q_c) \quad \text{Pers.10}$$

dengan:

q_b = bed-load ((kg/dt)/m)

d = ukuran diameter butiran (mm)

q_c dan q = debit sedimen dan air per satuan lebar ((m³/dt)/m)

b. Rottner's Formula

Rottner menurunkan persamaan untuk menyatakan debit bed-load dalam hal parameter aliran berdasarkan pertimbangan dimensi dan analisa regresi. Berdasarkan data yang disusun oleh Johnson, Rottner menerapkan analisa regresi untuk menentukan d_{50}/h . Persamaan

Rottner berikut ini homogen secara dimensi, sehingga dapat disajikan dalam setiap satuan unit dengan persamaan sebagai berikut [7]:

$$q_b = \gamma_s [(\zeta_s - 1)gD^3]^{1/2} \times \left\{ \frac{V}{[(\zeta_s - 1)gD]^{\frac{1}{2}}} \left[0,667 \left(\frac{d_{50}}{D} \right)^{\frac{2}{3}} + 0,14 \right] - 0,778 \left(\frac{d_{50}}{D} \right)^{\frac{2}{3}} \right\}^3 \quad \text{Pers.11}$$

dengan:

- q_b = debit *bed-load* ((kg/dt)/m)
- γ_s = berat jenis sedimen (kg/m³)
- ζ_s = gravitasi sedimen
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- D = kedalaman rerata (m)
- V = kecepatan rerata (cm/s)
- d_{50} = ukuran partikel yang mana 50% dari material dasar dengan berat yang sangat ringan (mm)

C. Debit Sedimen Total

Asumsi dasar yang digunakan untuk pembentukan dari persamaan transport sedimen konvensional bahwa sedimen rerata dapat ditentukan dari debit aliran, kecepatan rerata, kemiringan energy atau tegangan geser

a. Engelund and Hansend Approach

Engelund & Hansend mengaplikasikan konsep Bagnold's *stream power* dan prinsip yang hampir menyerupai untuk mendapatkan rumus transportasi sedimen. Sehingga persamaan yang dikemukakan oleh Engelund dan Hansend adalah sebagai berikut [7].

$$q_s = 0,05 \gamma_s V^2 \left[\frac{d_{50}}{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right)} \right]^2 \left[\frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) d_{50}} \right]^{3/2} \quad \text{Pers.12}$$

b. Ackers and White Approach (1973)

Metode Ackers and White hasilnya lebih bagus digunakan pada material *coarse silt* sampai *very coarse sand* dan sebaliknya pada jenis material yang lebih kecil dari *coarse silt*. Laju transport sedimen total dapat ditentukan dari metode Ackers dan White dengan menghitung parameter-parameternya yaitu d_{gr} , m, A, n, C, F_{gr} , G_{gr} , dan X sehingga parameter d_{gr} dapat ditentukan sebagai berikut [7] :

$$d_{gr} = d \left(\frac{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right)}{V^2} \right)^{1/3} \quad \text{Pers.13}$$

dengan:

- d = diameter butir (m)
- γ_s = berat jenis sedimen (gr/cm³)
- γ = berat jenis air (gr/cm³)
- V = kecepatan aliran (cm/s)

Parameter m, A, n dan C adalah

$$m = \frac{9,66}{d_{gr}} + 1,34 \quad \text{Pers.14}$$

$$A = \frac{0,23}{(d_{gr})^{1/2}} + 0,14 \quad \text{Pers.15}$$

$$n = 1 - 0,56 \log d_{gr} \quad \text{Pers.16}$$

$$C = 10^{(2,86 \log d_{gr} - (\log d_{gr})^2 - 3,53)} \quad \text{Pers.17}$$

$$F_{gr} = \frac{U_*^n}{\left[gd\left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1\right)\right]^{1/2} \left[(32)^{1/2} \log(\alpha D/d)\right]}^{1-n} \quad \text{Pers.18}$$

$$G_{gr} = C \left(\frac{F_{gr}}{A} - 1 \right)^m \quad \text{Pers.19}$$

$$X = \frac{G_{gr} d \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} \right)}{D \left(\frac{U_*}{V} \right)^n} \quad \text{Pers.20}$$

2.3.3 Bentuk Dasar

Secara umum bentuk-bentuk dasar sedimen dapat digolongkan sebagai berikut [5]:

1. Regime Aliran Rendah (angka froude $Fr < 1$ dengan transisi tidak tajam)
 - a. *Flat bed*, angkutan sedimen tanpa perubahan bentuk dan gerakan butirannya secara melambung dan berputar. Besarnya tegangan geser dasar tepat diatas kritis.
 - b. *Ripples*, ukuran sedimen $< 0,6$ mm dan tegangan geser dasar bertambah kecil. Sedimen berbentuk gelombang teratur dengan panjang gelombang 5-10 cm dan ketinggian 1 cm (dasar berbentuk meyerupai gelombang teratur dengan amplitudo relatif kecil dibandingkan panjang gelombang).
 - c. *Dunes*, untuk semua ukuran sedimen dan tegangan geser bertambah ke arah depan. Sisi bagian depan lebih landai sedangkan sisi bagian belakanglebih curam. Erosi terjadi pada sepanjang sisi bagian hulu dan endapan terjadi di bagian bawah sisi hilir.
2. Daerah Transisi (angka Froude $Fr = 1$) konfigurasi dasar dari *dunes* menuju *plane bed* atau *antidunes*.
3. Regime Aliran Tinggi (angka Froude $Fr > 1$), hambatan aliran relatif kecil dan angkutan sedimen besar.
 - a. *Plane bed*, kecepatan aliran berangsur-angsur naik, angkutan sedimen mempunyai ketinggian yang rata. Gerak butiran menggelinding atau menggeser dan berganti-ganti pada tempat tertentu. Untuk material yang halus terjadi saltasi.
 - b. *Antidunes*, endapan bahan-bahan terjadi pada hulu dunes sedangkan erosi terjadi pada hilirnya. Bentuk gelombang sedikit banyak simetris. Antidunes bergerak ke hilir dan terjadi pada $Fr > 1$.
 - c. *Chute* dan *Pools*, terjadi pada kemiringan *slope*, kecepatan dan debit sedimen yang relatif besar. Bentuk dasar merupakan bukit-bukit endapan yang besar. Keadaan aliran pada *chute* adalah superkritis dan subkritis.

2.3.4 Skala Model

Definisi dari skala model adalah rasio antara nilai masing-masing parameter yang ada di prototipe dengan nilai masing-masing parameter yang ada di model. Prinsip pembuatan

skala adalah membentuk kembali masalah yang ada di prototipe dengan suatu angka perbandingan. Sehingga kejadian (fenomena) yang ada di model sebangun dengan kondisi di prototipe [9].

Ada dua jenis yang dapat digunakan dalam pemakaian skala model fisik hidrolika, yaitu skala model sama (*undistorted model*) dan skala model yang tidak sama (*distorted model*). Skala model sama adalah skala yang dipakai dalam pembuatan model dimana perbandingan skala mendatar dan skala tegak adalah sama. Sedangkan skala model yang tidak sama adalah perbandingan antara skala mendatar dan skala tegak yang tidak sama.

Hubungan skala (*scale relations*) yang digunakan untuk pembuatan/perencanaan model fisik dibedakan menjadi dua kelompok [10]:

1. Scale Law

Hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi (dalam hal ini adalah *roughnes condition* dan *Froude condition*).

2. Scale Condition

Hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi untuk menghindari *scale effects* (dalam hal ini adalah kriteria kesebangunan).

3. Hasil dan Pembahasan

Skala pada pekerjaan model test Sungai Kusan menggunakan skala distorsi vertikal 1:40 horisontal 1:80

Tabel 1: Pemilihan material

Data	Satuan	Jenis Komposisi				
		I	II	III	IV	V
Persentase Pasir		10%	20%	30%	40%	50%
Persentase Batu Bara		90%	80%	70%	60%	50%
Slope Rerata		0,007007	0,007007	0,007007	0,007007	0,007007
D50 Prototipe	mm	0,235	0,235	0,235	0,235	0,235
D90 Prototipe	mm	57,000	57,000	57,000	57,000	57,000
D50 Sampel	mm	0,540	0,520	0,600	0,500	0,480
D90 Sampel	mm	1,364	1,409	1,375	1,318	1,284
Massa Jenis Sedimen	kg/m ³	2650	2650	2650	2650	2650
Massa Jenis Air	kg/m ³	1000	1000	1000	1000	1000
n manning		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
h	m	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Debit	m ³ /detik	325,948	325,948	325,948	325,948	325,948
R		1,5253	1,5253	1,5253	1,5253	1,5253
$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$	m/detik	3,69723	3,69723	3,69723	3,69723	3,69723

Data	Satuan	Jenis Komposisi				
		I	II	III	IV	V
$v = c \sqrt{R \cdot I}$	m/detik	3,69723	3,69723	3,69723	3,69723	3,69723
nilai c		35,7632	35,7632	35,7632	35,7632	35,7632
Kontrol v		0	0	0	0	0
Skala Horisontal (nL)		80	80	80	80	80
Skala Vertikal (nh)		40	40	40	40	40
c model		25,2884	25,2884	25,2884	25,2884	25,2884
Massa Jenis Sampel	kg/m ³	1160,700	1239,540	1427,880	1443,210	1421,310
Skala Kecepatan						
n diameter		0,43519	0,45192	0,39167	0,47	0,48958
n c		1,41421	1,41421	1,41421	1,41421	1,41421
n delta		10,2676	6,8882	3,85622	3,72284	3,91636
h model		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
c 90 prototipe		47,2381	47,2381	47,2381	47,2381	47,2381
c 90 model		47,5801	47,3263	47,5173	47,8482	48,0526
n c 90		0,99281	0,99813	0,99412	0,98725	0,98305
n kecepatan		2,29271	1,92135	1,33428	1,42868	1,49078
r		2	2	2	2	2
n s		0,91991	0,79735	0,48134	0,6217	0,67792
n waktu morfologi		3478,6	4013,29	6648,05	5147,14	4720,29
Tilting		0,09263	0,13784	0,30086	0,26062	0,23822
Bilangan Froude model		0,25633	0,21481	0,14918	0,15973	0,16667
Roughness		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Dari hasil rekapitulasi perhitungan pemilihan bahan di atas selanjutnya dilakukan penilaian dengan kriteria sebagai berikut:

- Kondisi bilangan Froude yang sama atau paling mendekati 1
- Kondisi kekerasan yang sama atau paling mendekati 1
- Tilting positif dengan nilai terbesar
- Skala waktu proses morfologi yang lama

Maka setelah melalui penilaian tersebut, material yang paling baik digunakan adalah sample nomor 3 yaitu: 3 pasir dan 7 batu bara.

Pengukuran tinggi muka air dan kecepatan secara analitis dilakukan menggunakan persamaan penampang trapesium. Dari liku debit ditentukan 3 debit untuk tujuan pengujian model di laboratorium. Debit yang digunakan adalah debit kecil dengan ketinggian air $\pm 0,50$ (14,29 m³/detik), debit sedang dengan ketinggian air $\pm 2,00$ m (156,07 m³/detik) dan debit besar dengan ketinggian air $\pm 3,50$ m (519,64 m³/detik) Menurut hasil perhitungan antar ketinggian air, kecepatan dan debit didapatkan rekapitulasi sebagai berikut:

Tabel 2: Rekapitulasi ketinggian muka air, kecepatan & Fr pada debit kecil, sedang, besar

Section	Debit Kecil			Debit Sedang			Debit Besar		
	H	V	Froude	H	V	Froude	H	V	Froude
	m	m/detik		m	m/detik		m	m/detik	
STA 2 + 250	0,77	1,435	0,743	2,084	2,506	0,887	6,804	10,315	1,276
STA 2 + 200	0,502	1,304	0,728	1,679	1,814	0,805	3,259	5,495	1,043
STA 2 + 150	0,449	1,046	0,685	1,411	1,738	0,802	2,673	2,754	0,899
STA 2 + 100	0,379	1,333	0,735	1,354	1,741	0,798	2,566	2,745	0,894
STA 2 + 050	0,437	1,166	0,707	1,445	1,8	0,807	2,791	2,793	0,9
STA 2 + 000	0,803	1,299	0,731	1,901	1,416	0,753	3,211	3,272	0,936
STA 1 + 950	0,584	1,272	0,722	1,746	1,677	0,789	3,121	3,409	0,945
STA 1 + 900	0,563	1,338	0,728	1,882	1,864	0,804	3,236	3,312	0,935
STA 1 + 850	0,444	1,333	0,729	1,707	2,038	0,821	3,201	3,475	0,939
STA 1 + 800	0,52	1,123	0,696	1,559	1,698	0,792	2,827	2,603	0,886
STA 1 + 750	0,579	1,235	0,714	1,769	1,671	0,789	3,238	3,441	0,94
STA 1 + 700	0,601	1,278	0,72	1,86	1,721	0,793	3,329	3,533	0,945
STA 1 + 650	0,671	1,34	0,729	2,024	2,662	0,885	3,661	3,458	0,939
STA 1 + 600	0,055	3,537	3,366	1,626	1,895	0,815	3,161	3,579	0,947
STA 1 + 550	0,528	1,234	0,717	1,667	1,671	0,788	3,092	3,492	0,945
STA 1 + 500	0,605	1,241	0,706	1,945	1,812	0,801	3,448	3,417	0,939
STA 1 + 450	0,509	1,262	0,72	1,707	1,801	0,806	3,195	3,515	0,949
STA 1 + 400	0,513	1,178	0,706	1,64	1,732	0,798	3,084	3,534	0,948
STA 1 + 350	0,645	1,332	0,728	1,973	1,71	0,792	3,497	3,463	0,943
STA 1 + 300	0,444	1,281	0,723	1,685	2,031	0,829	3,272	3,606	0,956
STA 1 + 250	0,722	1,54	0,756	2,2	2,406	0,868	3,717	3,199	0,93
STA 1 + 200	0,548	1,431	0,745	1,979	1,929	0,814	3,3	3,191	0,939
STA 1 + 150	0,698	1,353	0,733	1,959	1,673	0,785	3,194	3,202	0,934
STA 1 + 100	0,545	1,171	0,706	1,611	1,683	0,79	2,852	2,513	0,882
STA 1 + 050	0,69	1,259	0,722	1,763	1,511	0,767	3,031	3,293	0,939
STA 1 + 000	0,643	1,285	0,722	1,834	1,676	0,787	3,144	3,316	0,94
STA 0 + 950	0,646	1,248	0,718	1,79	1,582	0,777	3,164	3,433	0,944
STA 0 + 900	0,56	1,247	0,714	1,815	1,77	0,799	3,301	3,823	0,957
STA 0 + 850	0,141	9,044	7,243	1,945	1,678	0,789	3,512	3,377	0,935
STA 0 + 800	0,615	1,285	0,721	1,872	1,728	0,794	3,228	3,409	0,94

Pada pengamatan di laboratorium juga dilakuka pengamatan pada jumlah sedimen yang terangkut. Pada uji model komposisi pasir dan batu bara adalah 3:7 yang telah dihitung dikajian awal, komposisi tersebut disesuaikan dengan sampel dari lapangan. Adapun sedimen yang terangkut ketika pengaliran adalah sebagai berikut:

Tabel 3: Debit sedimen Sungai Kusan pada model test

Hasil Uji Model		Debit		
		Kecil	Sedang	Besar
1 Waktu Pengaliran (detik)		3900	4500	3720
2 Sedimen Basah (gr)		250	35240	655300
3 Sedimen Kering (gr)		174	25620	172700
4 Massa Jenis Sedimen (gr/cm ³)		2,650	2,650	2,650
5 Massa Jenis Air (gr/cm ³)		1,000	1,000	1,000
6 Volume Sedimen Basah (cm ³)		94,340	13298,113	247283,019
7 Debit Sedimen Basah (cm ³ /detik)		0,024	2,955	66,474
8 Volume Sedimen Kering (cm ³)		108,340	15952,075	107530,189
9 Debit Sedimen Kering (cm ³ /detik)		0,028	3,545	28,906

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa perhitungan dan pengujian pada uji model fisik Sungai Kusan dengan skala distorsi vertical 1:40 dan horizontal 1:80 yang dilakukan sesuai dengan rumusan masalah yaitu *original design*. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengukuran didapatkan kecepatan aliran masih sub kritis, tinggi muka air tidak melebihi tebing sungai dari hasil pengukuran angkutan sedimen kering dengan debit kecil sebesar 174 gr, sedang 25620 gr dan besar 172700 gr
2. Tinggi muka air dan kecepatan tidak beda jauh dengan hasil perhitungan ,Dari pengukuran rasio Q sedimen model dan persamaan teori Sungai Kusan diketahui masing-masing rasio dari setiap persamaan.
3. Pengukuran dan hasil analisa menunjukkan tinggi muka air pada tiap section tidak beda jauh. Persamaan Schoklitsch 1943 memiliki rasio yang paling mendekati 1 atau persamaan tersebut yang paling mendekati dengan hasil debit sedimen model.

Daftar Pustaka

- [1] N. Yuwono, "Perencanaan Model Hidraulik (Hydraulic Modeling)", Yogyakarta: Lab, Hidraulika dan Hidrologi UGM, 1996.
- [2] S. Sosrodarsono and M. Tominaga, "Perbaikan dan Pengaturan Sungai", Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1984.
- [3] V. T. Chow, "Hidrolika Saluran Terbuka", Jakarta: Erlangga, 1985.
- [4] H. R. Mulyanto, "Sungai Fungsi dan Sifat-sifatnya", Yogyakarta: Graha Ilmu, 2007
- [5] D. Priyantoro, "Teknik Pengangkutan Sedimen", Malang: HMP FT UB, 1987.
- [6] H. Breusers, "International Course in Hydraulic Engineering", Delft, 1983-1984.
- [7] C. T. Yang, "Sediment Transport Theory and Practice", Singapore: The Universities Press, 1996.
- [8] S. a. Hill, "The schoklitsch Bed Load Formula", Penn. State Univ, 1968.
- [9] B. Triatmodjo, "Hidraulika II", Yogyakarta: Beta Offset, 1995.
- [10] D. M. Vries, "Scale Model in Hydrolic Engineering", Delft: International Institute for Hydraulic and Engineering, 1977.