

PERBANDINGAN METODE DU BOY'S DAN COLBY DALAM ESTIMASI ANKUTAN SEDIMEN SUSPENSI DI HULU BANJIR KANAL PADANG

COMPARISON OF DU BOY'S AND COLBY METHOD IN ESTIMATION OF SEDIMENT TRANSPORT ON SUSPENSION IN THE FLOOD OF FLIGHT PADANG

Elly Marni

Fakultas Teknik, Universitas Ekasakti. Email: ellymarni.eli@gmail.com

INFO ARTIKEL

Koresponden

Elly Marni

ellymarni.eli@gmail.com

Kata kunci:

debit air, sedimen
memprediksi, aliran
beban tersuspensi

hal: 167- 176

ABSTRAK

Aliran Banjir kanal merupakan aliran sungai Batang Arau yang telah melebar dan berfungsi untuk perlindungan banjir di aliran Batang Arau. Aliran debit air maksimum dari hulu Batang Arau sekitar 500 m³/s, namun di hilir Batang Arau hanya direncanakan untuk menerima debit air sekitar 144 m³/s, dan kelebihan banjir sekitar 356 m³/s, mengalir di aliran Kanal Banjir dengan dibangunnya banjir di tengah sungai Batang Arau sebagai arus hulu sungai Banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi aliran masuk yang tersuspensi ke aliran Kanal Banjir dengan menggunakan metode Du Boy dan Metode Colby. Metode analisis terdiri dari model korelasi fungsional antara aliran sedimen dan debit air. Hasil analisis menunjukkan bahwa aliran beban tersuspensi pada aliran Banjir Kanal berkorelasi dengan debit air berdasarkan metode Du Boy. Diperkirakan aliran beban tersuspensi dengan menggunakan hasil program SPSS, Formula Regresi adalah $Y = -6,984 + 0,921X$

Copyright © 2017 JSR All rights reserved.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Correspondent: Elly Marni ellymarni.eli@gmail.com</p> <p>Keywords: <i>water discharge, sediment predict, suspended load flow</i></p> <p>page: 167- 176</p>	<p><i>Banjir Canal stream is a stream flow of Batang Arau river that had widening and has function for flood protection in Batang Arau down stream. Maximum water discharge flow from upstream Batang Arau is about 500 m³/s, but downstream Batang Arau only be planed to received water discharge about 144 m³/s, and excess of flood about 356 m³/s, flow in Banjir Canal stream with constructed the floodgate in the middle of Batang Arau river as upstream Banjir Canal stream. The aim of this research is to predict inflow suspended load into the Banjir Kanal stream by using Du Boy's method and Colby Method. Analysis method consist of functional correlation model between sediment flow and water discharge. Analysis result indicated that flow suspended load in Banjir Kanal stream has correlation with water discharge based on Du Boy's method. The estimated suspended load flow by using SPSS program result a Regression Formula is $Y = -6,984 + 0,921X$.</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Copyright © 2017 JSR. All rights reserved.</i></p>

PENDAHULUAN

Banjir Kanal adalah cabang sungai Batang Arau yang diperlebar yang berfungsi mengalihkan sebagian besar aliran Batang Arau untuk melindungi daerah muara dari genangan. Sungai Batang Arau berasal dari DAS Batang Arau yang terletak pada 0°48' - 0°55' LS dan 100°20' - 100°35' BT. Permasalahan utama DAS Batang Arau adalah tingginya sedimentasi setiap tahunnya. Hal ini disebabkan adanya alih fungsi lahan untuk perumahan serta degradasi hutan dan lahan. Juga terdapat areal pertambangan untuk bahan baku semen pada daerah hulu. Kondisi geografi pada daerah hulu Batang Arau curam dan pada daerah hilirnya landai. Dengan kondisi tersebut, mengakibatkan terjadi percepatan aliran sedimen yang hanyut pada daerah hulu dan penumpukan pada daerah hilir.

Sungai Batang Arau mempunyai debit banjir sekitar 500 m³/dt. Dalam perencanaannya untuk mengendalikan banjir pada daerah hilir, maka sungai Batang Arau hanya direncanakan menampung debit yang mengalir ke hilir sekitar 144 m³/dt sementara sisanya sekitar 356 m³/dt dialirkan ke Banjir Kanal (PU Sumbar) dengan cara membendung dan membuat pintu air pada pertengahan sungai Batang Arau, sehingga daerah perkantoran, pemukiman dan perdagangan yang berada pada sekitar muara sungai Batang Arau terbebas dari banjir. Sebagai akibatnya terjadi penumpukan sedimen pada Banjir Kanal terutama saat Intensitas Curah Hujan Tinggi.

Angkutan sedimen adalah mekanisme pergerakan sedimen pada suatu aliran air. Mekanisme angkutan sedimen adalah proses dimana sedimen masuk ke saluran dan terangkut oleh aliran air.

Sedimen suspensi adalah material dasar sungai yang bergerak secara melayang dalam air. Material suspensi ini terutama terdiri dari pasir halus yang mengambang diatas sungai karena terdorong keatas oleh turbulensi aliran.

Bed load atau angkutan material dasar adalah sedimen yang bergerak sepanjang dasar sungai dengan cara menggelinding, melompat, ataupun bergeser pada dasar sungai. Makin besar kecepatan aliran, maka diameter bed load yang menggelinding semakin besar.

Tabel 1. Klasifikasi Sedimen Berdasarkan Angkutan Sedimen

Angkutan Sedimen Total	Klasifikasi	
	Berdasarkan Mekanisme Angkutan	Berdasarkan Ukuran Partikel Dasar Saluran
Sedimen layang	Sedimen suspensi	Sedimen layang
Sedimen suspensi		Angkutan Material Dasar
Bed Load/ sedimen dasar	Angkutan Sedimen dasar	

Sumber : Ponce,1989

Tabel 2. Klasifikasi sedimen berdasarkan ukuran butiran

Jenis	Ukuran (mm)
Batuan	64 – 4096
Kerikil	2 – 64
Pasir	0.0625 – 2
Lumpur	0,0039 – 0,0625
Lempung	0,00024 – 0,0039

Sumber : Ponce,1989

Sesuai dengan Latar Belakang diatas, maka tujuan dari penelitian adalah: 1) Menganalisis laju angkutan sedimen suspensi dengan metode Du Boy's, dan Colby, dan 2) Menganalisis hubungan debit air dan debit sedimen suspensi Pada Sungai Banjir kanal.

METODE PENELITIAN

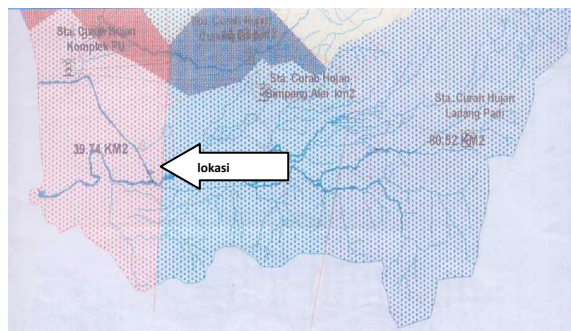
Bahan dan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

Current meter, thermometer air, Stopwatch, Theodolith 1 set, Oven, neraca analitik, Labu ukur, gelas ukur, satu set saringan agregat beserta sieve shaker, gelas piala,

Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada pada hulu Banjir Kanal Lubuk Begalung Padang.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Teknik Pengumpulan dan Olah Data

Penelitian dilakukan dengan cara mengumpulkan data primer. Adapun prosedurnya adalah:

1. Pengambilan data lapangan antara lain : luas penampang sungai, kecepatan aliran , kemiringan sungai, kedalaman aliran, suhu air, sampel, sampel air. Pengambilan data ini dilakukan dari jam 8.00 sampai dengan jam 17.00 WIB,. Pengambilan data lapangan dilakukan setiap hari minggu selama 16 minggu.
2. Analisis laboratorium yaitu mengolah data lapangan terdiri dari: Konsentrasi sedimen, berat jenis sedimen, analisis gradasi butiran tengah (d_{50}) untuk suspended load.
3. Pengolahan data hasil data primer yaitu menghitung Debit air, debit sedimen suspensi metode Colby, dan Du Boy's
4. Analisis statistik Regresi

Persamaan-Persamaan

1. Konsentrasi sedimen

Konsentrasi.sedimen adalah perbandingan antara berat sedimen terhadap berat air. Konsentrasi sedimen dihitung dengan rumu:

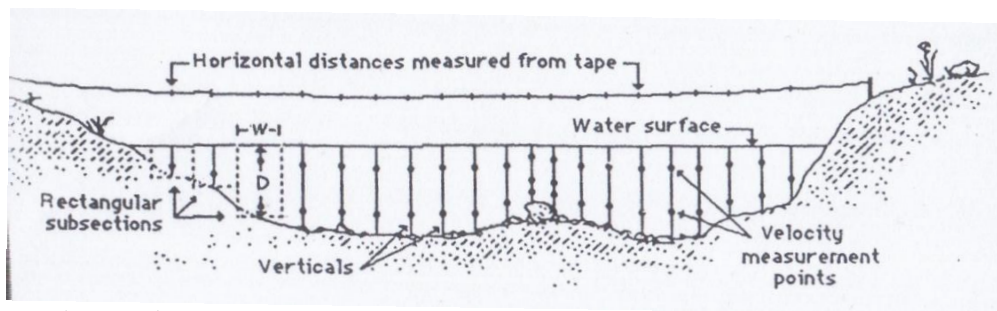
$$C = \frac{1000}{U} x (B - A) x 1000 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- C = konsentrasi sedimen (ppm atau mg/lt)
- U = Volume sample air (ml)
- B = Berat kertas saring berisi endapan sedimen (gr)
- A = Berat kertas saring kosong (gr)

2. Kecepatan aliran

Pengukuran kecepatan aliran dihitung dengan menggunakan current meter, dengan membagi penampang sungai pada beberapa segmen, dengan lebar per segmen = w, dan ntuan kedalaman aliran = D. Pengukuran kecepatan aliran dilakukan pada titik-titik yang telah ditentukan sesuai dengan kedalaman penampang. Berikut gambar penentuan titik pengukuran kecepatan aliran menggunakan current meter.



Sumber Gordon 1992

Gambar 2. Penentuan titik pengukuran kecepatan

Tabel 3. Perhitungan Kecepatan Rata-Rata Pada Masing-Masing Segmen

Jumlah titik vertical	Kedalaman sungai	Persamaan kecepatan rata-rata vertikal
1 (untuk D < 0,5m)	0,4 D	$V_{rata-rata} = 0,4 D$
2 (untuk D > 0,5 m)	0,2D dan 0,8 D	$V_{rata-rata} = 0,5(V_{0,2} + V_{0,8})$
3 (Untuk D > 0,5 m)	0,2D, 0.4D dan 0.8D	$V_{rata-rata} = 0.25(V_{0,2} + V_{0,8} + 2V_{0,4})$
1(pada permukaan air)		$V_{rata-rata} = kV_{permukaan}$, dengan k = 0,85

Sumber : Gordon, 1992

3. Debit Aliran

Debit adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Secara teoritis, debit di hitung dengan rumus:

$$Q = A \times V. \text{ (m}^3\text{/dt)(2)}$$

Dimana A = luas penampang basah. (m²)
 V = Kecepatan aliran (m / dt)

Untuk Pengukuran langsung dilapangan, maka :

$$Q = w_1 V_{1rata} D_1 + w_2 V_{2rata} D_2 + \dots + w_n V_{nrata} D_n \text{(3)}$$

Dengan w₁, w₂, ...w_n adalah lebar masing-masing segmen
 V₁, V₂, ...V_n adalah kecepatan rata-rata tiap segmen arah vertical

4. Pergerakan Sedimen

Saat terjadi aliran, maka timbul gaya yang bekerja pada aliran berupa tarikan air pada penampang aliran yang disebut dengan tegangan geser. Untuk aliran seragam tegangan geser ini sama dengan gaya berat yang bekerja pada air yang sejajar saluran. Sehingga tegangan geser dapat ditulis sebagai:

$$\tau_0 = \gamma ALS \text{(5)}$$

Dimana :

- γ = berat jenis air
- A = luas penampang basah saluran
- L = panjang saluran bagian yang lurus
- S = kemiringan dasar saluran.

Pada saluran terbuka lebar, dengan R = A/P, dan mempunyai jari-jari hidrolis sama dengan kedalaman aliran maka:

$$\tau_0 = \gamma DS \text{(6)}$$

Dimana

- γ = berat jenis air (lb/ft³)
- D = kedalaman aliran (ft)
- S = kemiringan dasar saluran.

5. Prediksi Angkutan Sedimen

a. Metode Du Boy's

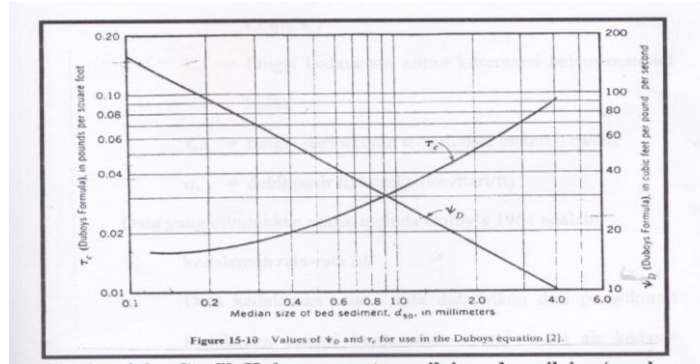
Metode du Boy's secara luas diakui dalam pengembangan memprediksi angkutan sedimen dasar secara umum :

Rumus Du Boy's adalah ;

$$q_s = \psi_D \tau_0 (\tau_0 - \tau_c) \text{(7)}$$

Dimana:

- q_s = Laju angkutan material dasar per satuan lebar saluran (Lb/s/ft)
- ψ_D = fungsi dari ukuran partikel, ft³/lb/s, tabel
- τ₀ = Tegangan geser dasar lb/ft²
- τ_c = Tegangan geser kritis · lb/ft² · tabel



Grafik 1. Hubungan antara ψ_D dan τ_c Metode Du Boy's

b. Metode Colby 1964

Metode Colby adalah metode untuk memprediksi angkutan sedimen khususnya pasir. Debit sedimen pasir menurut Colby adalah:

$$q_s = [1 + (k_1 k_2 - 1) k_3] q_u \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

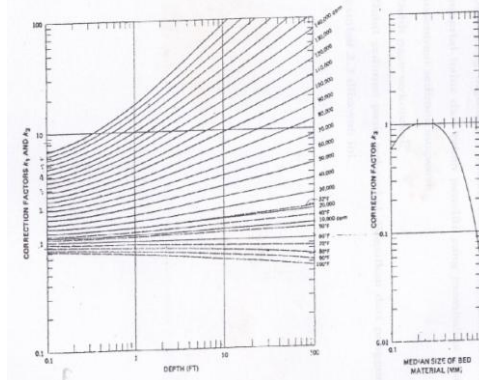
q_s = debit sedimen pasir (ton /hari/ft)

k_1 = factor fungsi kedalaman dan temperature air (grafik)

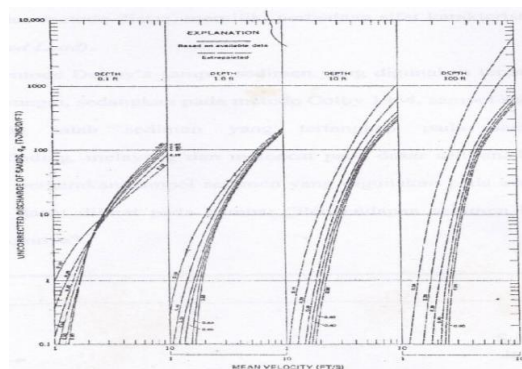
k_2 = fungsi kedalaman aliran dan konsentrasi beban material halus (grafik)

k_3 = fungsi diameter tengah dari material dasar (grafik)

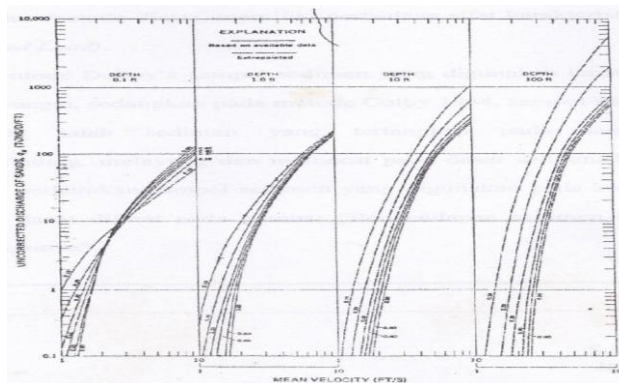
q_u = debit pasir terkoreksi (ton/hari/ft) , grafik



Grafik 2. Faktor koreksi temperature air, konsentrasi sedimen, dan d_{50} material dasar



Grafik 3. Hubungan debit pasir dengan kecepatan, kedalaman dan ukuran sedimen Colby 1964



Grafik 3. Hubungan debit pasir dengan kecepatan, kedalaman dan ukuran sedimen Colby 1964

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Berdasarkan data lapangan dan data analisis laboratorium maka diperoleh : nilai kemiringan dasar sungai $S = 0,00143$, diameter tengah butiran $d_{50} = 0,12$ mm, Lebar dasar sungai = 35 m. dan suhu air = 26°C .
2. Perhitungan angkutan sedimen
 - a. Metode Du Boy's
 - 1) Hitung Tegangan Geser Dasar (τ_0)

Tabel 4. Hasil perhitungan tegangan geser dasar

D (ft)	S	γ (lb/ft ³)	(τ_0)
2.3	0.000143	61.65	0.020277
2.82	0.000143	61.65	0.024861
2.89	0.000143	61.65	0.025478
2.76	0.000143	61.65	0.024332
0.98	0.000143	61.65	0.00864
3.21	0.000143	61.65	0.028299
4.66	0.000143	61.65	0.041082
6.34	0.000143	61.65	0.055893
8	0.000143	61.65	0.070528
1.48	0.000143	61.65	0.013048
5.42	0.000143	61.65	0.047782
4.43	0.000143	61.65	0.039055
5.15	0.000143	61.65	0.045402
4.76	0.000143	61.65	0.041964
5.2	0.000143	61.65	0.045843
5.75	0.000143	61.65	0.050692

- 2). Perhitungan angkutan sedimen Q_s

Untuk $d_{50} = 0.12$ mm , Dari tabel diperoleh $\psi_D = 130$ ft³/lb/sec dan $\tau_c = 0.017$ lb/ft².

Tabel 5. Hasil perhitungan Angkutan sedimen Qs

ψ_D ft ³ /lb/s	τ_0 (lb/ft ²)	τ_c (lb/ft ²)	q_s Lb/sec/ft	B (ft)	Qs (Lb/sec)	Qs (ton/day)	Qs Kg/dt
130	0.02028	0.017	0.008637	116.67	1.007707	39.17964	0.453468
130	0.02486	0.017	0.025406	116.67	2.964131	115.2454	1.333859
130	0.02548	0.017	0.028081	116.67	3.27618	127.3779	1.474281
130	0.02433	0.017	0.023192	116.67	2.705855	105.2036	1.217635
130	0.00864	0.017	0	116.67	0	0	0
130	0.02830	0.017	0.041569	116.67	4.849806	188.5605	2.182413
130	0.04108	0.017	0.128617	116.67	15.00569	583.4213	6.752561
130	0.05589	0.017	0.282602	116.67	32.97112	1281.917	14.83701
130	0.07053	0.017	0.490773	116.67	57.25843	2226.208	25.76629
130	0.01305	0.017	0	116.67	0	0	0
130	0.04778	0.017	0.191212	116.67	22.30869	867.362	10.03891
130	0.03905	0.017	0.111974	116.67	13.06399	507.9278	5.878794
130	0.04540	0.017	0.167637	116.67	19.55825	760.4248	8.801213
130	0.04196	0.017	0.136186	116.67	15.88881	617.757	7.149966
130	0.04584	0.017	0.171892	116.67	20.05462	779.7238	9.024581
130	0.05069	0.017	0.222026	116.67	25.90375	1007.138	11.65669

b. Metode Colby 1964.

1) Cari debit tak terkoreksi qu pasir

Tabel 6. Debit sedimen suspensi tak terkoreksi qu

V rata (ft/sec)	D (ft)	D50 (mm)	qu (ton/day/ft)
1.5	2.3	0.12	3.2
4	2.82	0.12	7
2.6	2.89	0.12	6
3.4	2.76	0.12	12
5.6	0.98	0.12	28
4.3	3.21	0.12	19
6.2	4.66	0.12	34
4.9	6.34	0.12	22
7.5	8	0.12	38
1.5	1.48	0.12	3.2
6.1	5.42	0.12	34
4.4	4.43	0.12	19
4.6	5.15	0.12	19
4	4.76	0.12	7
4.7	5.2	0.12	21
6.8	5.75	0.12	35

2). Tentukan nilai k1,k2, dan k3 berdasarkan kedalaman, temperature dan konsentrasi sedimen.

Tabel 7. Factor koreksi k1, k2, k3

D (ft)	C (ppm)	Suhu °F	D50 (mm)	k1	k2	k3
2.3	185	78	0.12	0.9	1	0.7
2.82	245	78	0.12	0.9	1	0.7
2.89	34	78	0.12	0.9	1	0.7
2.76	765	78	0.12	0.9	1	0.7
0.98	20	78	0.12	0.95	1	0.7
3.21	96	78	0.12	0.9	1	0.7
4.66	158	78	0.12	0.85	1	0.7
6.34	245	78	0.12	0.8	1	0.7
8	1780	78	0.12	0.75	1	0.7
1.48	113	78	0.12	0.95	1	0.7
5.42	363	78	0.12	0.8	1	0.7
4.43	326	78	0.12	0.85	1	0.7
5.15	433	78	0.12	0.8	1	0.7
4.76	166	78	0.12	0.85	1	0.7
5.2	780	78	0.12	0.8	1	0.7
5.75	674	78	0.12	0.8	1	0.7

3). Hitung debit sedimen suspensi Qs

Tabel 8. Debit sedimen suspensi

k1	k2	k3	qu	qs ton/d/ft	B (ft)	Qs Ton/d	Qs (kg/dt)
0.9	1	0.7	3.2	2.976	116.67	347.2099	4.018608
0.9	1	0.7	7	6.51	116.67	759.5217	8.790704
0.9	1	0.7	6	5.58	116.67	651.0186	7.534889
0.9	1	0.7	12	11.16	116.67	1302.037	15.06978
0.95	1	0.7	28	27.02	116.67	3152.423	36.48615
0.9	1	0.7	19	17.67	116.67	2061.559	23.86048
0.85	1	0.7	34	30.43	116.67	3550.268	41.0908
0.8	1	0.7	22	18.92	116.67	2207.396	25.54841
0.75	1	0.7	38	31.35	116.67	3657.605	42.33311
0.95	1	0.7	3.2	3.088	116.67	360.277	4.169846
0.8	1	0.7	34	29.24	116.67	3411.431	39.4839
0.85	1	0.7	19	17.005	116.67	1983.973	22.96251
0.8	1	0.7	19	16.34	116.67	1906.388	22.06453
0.85	1	0.7	7	6.265	116.67	730.9376	8.459871
0.8	1	0.7	21	18.06	116.67	2107.06	24.38711
0.8	1	0.7	35	30.1	116.67	3511.767	40.64519

3. Perhitungan Debit Air

Tabel 9. Perhitungan Debit Air

B (ft)	m	V(fps)	D (ft)	Q(cfs)	Q(m3/dt)
116.67	2	1.5	2.3	278.921	7.896254
116.67	2	4	2.82	344.9142	9.764521
116.67	2	2.6	2.89	353.8805	10.01836
116.67	2	3.4	2.76	337.2444	9.547389
116.67	2	5.6	0.98	116.2574	3.291247
116.67	2	4.3	3.21	395.1189	11.18582
116.67	2	6.2	4.66	587.1134	16.62118
116.67	2	4.9	6.34	820.079	23.21644
116.67	2	7.5	8	1061.36	30.0471
116.67	2	1.5	1.48	177.0524	5.012353
116.67	2	6.1	5.42	691.1042	19.56516
116.67	2	4.4	4.43	556.0979	15.74313
116.67	2	4.6	5.15	653.8955	18.51178
116.67	2	4	4.76	600.6644	17.00481
116.67	2	4.7	5.2	660.764	18.70623
116.67	2	6.8	5.75	736.9775	20.86383

4. Perbandingan antara Debit air, debit sedimen suspensi metode Colby dan debit sedimen metode Du Boy's

Tabel 10. Perbandingan Hasil Estimasi Debit

Q air (m3/dt)	Qs Colby (kg/dt)	Qs Du Boy's (kg/dt)
7.896254	4.018608	0.453468
9.764521	8.790704	1.333859
10.01836	7.534889	1.474281
9.547389	15.06978	1.217635
3.291247	36.48615	0
11.18582	23.86048	2.182413
16.62118	41.0908	6.752561
23.21644	25.54841	14.83701
30.0471	42.33311	25.76629
5.012353	4.169846	0
19.56516	39.4839	10.03891
15.74313	22.96251	5.878794
18.51178	22.06453	8.801213
17.00481	8.459871	7.149966
18.70623	24.38711	9.024581
20.86383	40.64519	11.65669

5. Analisis regresi

Berdasarkan hasil perhitungan angkutan sedimen pasir maka akan dicari hubungan fungsional antara debit air dengan debit sedimen metode Colby dan hubungan fungsional antara debit air dengan debit sedimen metode Du Boy's dengan menggunakan regresi linear SPSS

a. Hubungan debit air dan debit sedimen Colby

Tabel 11. Hasil Regresi Linear Debit Sedimen Terhadap Debit Air

Persamaan Regresi	Koefisien		Uji Statistik	
	R	R ²	F hitung	F tabel
Y = 2, 882 +1,353x	0.65	0.40	9,83	0,083

Berdasarkan persamaan diatas mengatakan bahwa hubungan debit air dan debit sedimen tidak significant, sehingga persamaaan diatas tidak dapat digunakan untuk memprediksi aliran sedimen

b. Hubungan debit air dan debit sedimen Du Boy's

Tabel 12. Hasil Regresi Linear Debit Sedimen Metode du Boy's terhadap Debit Air

Persamaan Regresi	Koefisien		Uji Statistik	
	R	R ²	F hitung	F tabel
Y = -6,984 + 0,921 x	0.956	0.913	147	0

Berdasarkan hasil analisis regresi SPSS menunjukkan bahwa persamaan diatas sangat kuat mengatakan bahwa 95,6% besar aliran sedimen dipengaruhi oleh debit air. sisanya dipengaruhi faktor lain. Sementara untuk analisis varian menunjukkan bahwa dengan taraf kepercayaan 95 % diperoleh $F_{hitung} > F_{tabel}$, yang berarti regresi bersifat nyata.

Persamaan $Y = - 6,984 + 0,921X$ diatas dapat digunakan untuk memprediksi debit sedimen berdasarkan debit air. Tanda negative menunjukkan bahwa saat aliran air rendah, tidak ada sedimen yang ikut hanyut bersama aliran air.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ,maka dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Untuk kondisi banjir kanal maka rumus Debit sedimen sesaat dapat dihitung menggunakan Rumus Du Boy's.
2. Besar debit seimen pasir yang mengalir ke hilir dapat diprediksi berdasarkan debit air dengan menggunakan persamaan: $Y = - 6,984 + 0,921X$

Saran

Lanjutan penelitian dapat dilakukan saat musim hujan, sehingga akan dihasilkan persamaan yang lebih akurat

DAFTAR PUSTAKA

Gordon, Nancy.D; T.A.Mc. Mahon and B.L. Finlayson; 1992; *Stream Hydrology, An Introduction For Ecologist*; Jhon Willey and Son; England.
 Marni,Elly; 2000, *Potensi Angkutan Sedimen Di Hulu Waduk Bili-Bili Sulawesi Selatan*; Thesis; UNHAS
 Ponce, Victor Miguel; 1989; *Engineering Hydrology:Principles And Practices*; Hall Inc; New Jersey
 Soewarno,1991; *Hidrologi, Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai*; Nova; Bandung

=====