

## ANGKUTAN SEDIMEN PADA MUARA SUNGAI PALU

Triyanti Anasiru \*

### Abstract

*This Research is aim how amount sediment transport has happened effect of changing velocity has influenced tide at estuary Palu river. The taking sample at 10 sections in each section teke 6 points vertical. As for result in this research, by calculating sediment transport. At withdraw condition, water level is low, high velocity and diameter of sediment is big that result sediment transport is high. At install condition, water level is high, low velocity and diameter of sediment is small that result sediment transport is low.*

**Keywords:** Estuary, velocity/ low tide, sediment transport

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar angkutan sedimen yang terjadi akibat perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh pasang surut di muara Sungai Palu. Pengambilan sampel dilakukan pada muara Sungai Palu dengan mengambil sampel 10 penampang, untuk tiap penampang diambil 6 titik vertikal. Hasil penelitian menunjukkan pada kondisi surut ketinggian muka air kecil, kecepatan besar dan diameter butiran sedimen besar mengakibatkan angkutan sedimen menjadi besar sedangkan pada kondisi pasang ketinggian muka air besar, kecepatan kecil dan diameter butiran sedimen kecil, mengakibatkan angkutan sedimen menjadi kecil.

**Kata kunci:** muara, kecepatan/pasang surut, angkutan sedimen

## 1. Pendahuluan

Sungai Palu dan sungai-sungai lain di kota Palu hampir memiliki karakter sungai yang sama ditinjau dari keadaan topografinya. Pada sungai Palu terdapat adanya gejala terbentuknya sedimentasi pada alur sungai yaitu disebabkan suatu kondisi dan karakteristik sungai (tanah berpasir) perbedaan elevasi yang cukup besar antara bagian hulu dan bagian hilirnya. Perbedaan elevasi tersebut mengakibatkan sedimen dibagian hulu hanyut ke daerah hilir dan mengendap.

Karena letaknya yang berada di hilir, maka debit aliran di muara lebih besar dibanding pada tampang disebelah hulu, mengakibatkan kecepatan aliran menjadi besar sehingga angkutan sedimen yang terbawa oleh aliran sungai dan material pun menjadi besar. Besarnya volume

angkutan sedimen tergantung dari perubahan musim penghujan dan kemarau serta dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Permasalahan yang terjadi adalah banyaknya endapan sedimen di muara sungai sehingga tampang alirannya kecil, dapat mengganggu aliran debit sungai ke laut. Ketidakterlancaran aliran tersebut dapat mengakibatkan banjir di daerah hulu sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar angkutan sedimen yang terjadi akibat perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh pasang surut di muara Sungai Palu

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Muara Sungai

#### A. Umum

Muara sungai adalah bagian hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Permasalahan di muara sungai

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

dapat ditinjau di bagian mulut sungai (*river mouth*) dan estuari. Mulut sungai adalah bagian paling hilir dari muara sungai yang langsung bertemu dengan laut. Sedangkan estuari adalah bagian dari sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut.

Muara sungai berfungsi sebagai pengeluaran/aliran debit sungai, terutama pada waktu banjir, ke laut. Selain itu muara sungai juga harus melewati debit yang ditimbulkan oleh pasang surut, yang bisa lebih besar dari debit sungai, sehingga muara sungai harus cukup lebar dan dalam.

#### B. Morfologi muara sungai

Muara sungai dapat dibedakan dalam tiga kelompok, yang tergantung pada faktor dominan yang mempengaruhinya. Ketiga faktor dominan tersebut adalah gelombang, debit sungai dan pasang surut (Nur Yuwono, 1994).

##### a. Muara yang didominasi gelombang laut

Gelombang besar yang terjadi pada pantai berpasir dapat menimbulkan angkutan (*transpor*) sedimen, baik dalam arah tegak lurus maupun sejajar/sepanjang pantai. Angkutan sedimen tersebut dapat bergerak masuk ke muara sungai dan karena di daerah tersebut kondisi gelombang sudah tenang maka sedimen akan mengendap. Semakin besar gelombang semakin besar angkutan sedimen dan semakin banyak sedimen yang mengendap di muara.

##### b. Muara yang didominasi debit sungai

Muara ini terjadi pada sungai dengan debit sepanjang tahun cukup besar yang bermuara di laut dengan gelombang relatif kecil. Pada waktu air surut sedimen akan terdorong ke muara dan menyebar di laut. Selama periode sekitar titik balik di mana kecepatan aliran kecil, sebagian suspensi mengendap. Pada saat dimana air mulai pasang, kecepatan aliran bertambah besar dan sebagian

suspensi dari laut masuk kembali ke sungai bertemu dengan sedimen yang berasal dari hulu. Selama periode dari titik balik ke air pasang maupun air surut kecepatan aliran bertambah sampai mencapai maksimum dan kemudian berkurang lagi. Dengan demikian dalam satu siklus pasang surut jumlah sedimen yang mengendap lebih banyak daripada yang tererosi, sehingga terjadi pengendapan di depan mulut sungai.

##### c. Muara yang didominasi pasang surut

Apabila tinggi pasang surut cukup besar, volume air pasang yang masuk ke sungai sangat besar. Air tersebut akan berakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada waktu air surut, volume air yang sangat besar tersebut mengalir keluar dalam periode waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut. Dengan demikian kecepatan arus selama air surut tersebut besar, yang cukup potensial untuk membentuk muara sungai. Muara sungai tipe ini berbentuk corong atau lonceng.

## 2.2 Pasang surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air karena adanya gaya tarik benda-benda dilangit terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Periode pasang surut biasa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit yang tergantung pada tipe pasang surut.

Arus pasang surut mempengaruhi evolusi sepanjang estuari dari salinitas dan kekeruhan (sedimen suspensi), yaitu bergerak ke hulu pada waktu air pasang dan ke hilir pada waktu air surut. disekitar air pasang tertinggi dan air surut terendah, dimana arus lemah, sebagian besar sedimen mengendap. Sebaliknya pada saat air surut dan air pasang, sedimen yang tadinya mengendap akan tererosi lagi. Konsentrasi dan posisi sedimen suspensi sangat tergantung pada variasi tinggi pasang surut dan debit sungai.

### 2.3 Sedimen

Sedimen adalah pecahan-pecahan material umumnya terdiri atas uraian batu-batuan secara fisis dan secara kimia. Partikel seperti ini mempunyai ukuran dari yang besar (*boulder*) sampai yang sangat halus (*koloid*), dan beragam bentuk dari bulat, lonjong sampai persegi. Pada umumnya partikel yang bergerak dengan cara bergulung, meluncur dan meloncat disebut angkutan muatan dasar (*bed-load transport*), sedangkan partikel yang melayang disebut angkutan muatan layang (*suspended load transport*). Material sedimen adalah kuarsa, begitu partikel sedimen terlepas mereka akan terangkut oleh gaya grafitasi, angin dan atau air.

Angkutan sedimen di sungai yang bergerak oleh aliran air, sangat erat berhubungan dengan erosi tanah permukaan karena hujan. Air yang meresap ke tanah dapat mengakibatkan longsoran tanah yang kemudian masuk ke sungai mempunyai andil yang sangat besar pada jumlah angkutan sedimen di sungai. Seluruh proses merupakan siklus yang saling terkait antara erosi tanah → angkutan sedimen → pengendapan.

Karena muatan dasar senantiasa bergerak, maka permukaan dasar sungai kadang-kadang naik (*agradasi*) tetapi kadang-kadang turun (*degradasi*) dan naik turunnya dasar sungai disebut alterasi dasar sungai (*river bed alteration*). muatan melayang tidak berpengaruh pada alterasi dasar sungai, tetapi dapat mengendap di dasar waduk atau muara sungai, yang menimbulkan pendangkalan-pendangkalan waduk atau muara sungai tersebut yang menyebabkan timbulnya berbagai masalah.

### 2.4 Persamaan angkutan sedimen

#### a. Persamaan Ackers-White

Dari sekian banyak formulasi angkutan sedimen yang telah dikembangkan, teori angkutan sedimen dari Ackers dan White (1970), memiliki ketelitian yang cukup baik. Formulasi ini dikembangkan berdasarkan pada

konsep unit stream power, dimana parameter aliran dinyatakan dalam bentuk mobilitas sedimen yang merupakan perbandingan tegangan geser efektif dan berat satuan satu lapis sedimen dalam air. Secara umum didefinisikan sebagai fungsi mobilitas partikel sedimen ( $F_{gr}$ ) dan diameter butiran sedimen tak berdimensi ( $D_{gr}$ ), yang dituliskan sebagai berikut :

$$G_{gr} = f ( F_{gr}, D_{gr} ),$$

$$\text{atau } G_{gr} = \frac{X H}{\Delta D} \left( \frac{U^*}{V} \right)^n \dots\dots\dots(1)$$

$$F_{gr} = \left( \frac{(U^*)^n}{\sqrt{\Delta g D_s}} \right) \left[ \frac{\bar{U}}{\sqrt{32} \log \left( \frac{\alpha H}{D_s} \right)} \right]^n \dots(2)$$

$$D_{gr} = D \left[ \frac{\Delta g}{v^2} \right]^{1/3} \dots\dots\dots(3)$$

#### Dimana

- $G_{gr}$  = tingkat angkutan sedimen tak berdimensi
- $F_{gr}$  = angka mobilitas
- $D_{gr}$  = diameter butiran tak berdimensi
- $X$  = tingkat angkutan sedimen
- $D$  = diameter sedimen (m)
- $n$  = eksponen yang besarnya tergantung ukuran butiran
- $\Delta = \frac{\rho_s - \rho_v}{\rho_v}$

Metode angkutan sedimen menurut Ackers dan White yang telah dimodifikasi, merupakan metode analisis yang dipakai dalam analisis pada penelitian ini persamaan tersebut menjadi :

$$F_{gr} = \left( \frac{(U^*)^n}{\sqrt{\Delta g D_{35}}} \right) \left[ \frac{\bar{U}}{\sqrt{32} \log \left( \frac{\alpha H}{D_{35}} \right)} \right]^{1-n} \dots(4)$$

$$D_{gr} = \left( \frac{\Delta g}{v^2} \right)^{1/3} D_{35} \dots\dots\dots(5)$$

$$n = 1 - (0,56 \log D_{gr}) \dots\dots\dots(6)$$

$$C = 10^{(2,86 \log D_{gr} + (\log D_{gr})^2 - 3,53)} \dots\dots\dots(7)$$

$$A = \frac{0,23}{\sqrt{D_{gr}}} + 0,14 \dots\dots\dots(8)$$

$$m = \frac{9,66}{\sqrt{D_{gr}}} + 1,34 \dots\dots\dots(9)$$

$$G_{grt} = C \left[ \frac{F_{gr}}{A} - 1 \right]^m \dots\dots\dots(10)$$

- G<sub>gr</sub> = tingkat angkutan sedimen,
- A = angka mobilitas minimum yang merupakan fungsi dari D<sub>gr</sub>
- m = faktor eksponensial merupakan fungsi D<sub>gr</sub>
- C = koefisien yang merupakan fungsi D<sub>gr</sub>
- D<sub>35</sub> = diameter butir efektif sedimen (m)
- F<sub>gr</sub> = angka mobilitas

b. Persamaan Van Rijn

Aliran air dan partikel sedimen dipengaruhi oleh tujuh parameter dasar, yaitu : massa jenis air (ρ<sub>w</sub>), massa jenis partikel sedimen (ρ<sub>s</sub>), kekentalan kinematik air (ν), diameter butiran sedimen (D), kedalaman air (h), kemiringan garis energi (I), dan percepatan gravitasi (g). Ketujuh parameter tersebut dapat direduksi menjadi empat parameter tak berdimensi sebagai berikut : Mobilitas parameter  $[U_*^{*n} / (g \Delta D)]$ , angka Reynold partikel  $(U_* D / \nu)$ , depth-particle size ration (h/D), dan specific density  $(\rho_s / \rho_w)$ .

Analisis selanjutnya didapat bahwa tingkat angkutan sedimen bahan dasar dapat didefinisikan dengan dua parameter pokok tak berdimensi yang oleh Rijn disebut sebagai *transport stage parameter* (T) dan parameter butiran (D\*). Parameter butiran (D\*) diperoleh dengan cara seperti parameter D<sub>gr</sub> pada pendekatan Ackers-White, sedangkan

parameter T didiskripsikan sebagai berikut :

$$T = \frac{(U_*')^2 - (U_* cr)^2}{(U_* cr)^2} \dots\dots\dots(11)$$

$$U_* = (g^{0,5} / C') \bar{U} \dots\dots\dots(12)$$

- U<sub>\* cr</sub> = kecepatan geser kritis menurut Shield (m/det)
- $\bar{U}$  = kecepatan aliran rata-rata (m/det)
- g = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)
- C' = koefisien Chezy
- =  $18 \log \left[ \frac{12 Rb}{3 D90} \right]$

Adapun besarnya angkutan sedimen dasar didefinisikan sebagai hasil kali dari tinggi lapisan *bed-load*, kecepatan partikel dan konsentrasi angkutan dasar yang semuanya merupakan fungsi dari D\* dan T. Selanjutnya parameter ini dipergunakan untuk menentukan tinggi saltasi dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\delta_b}{D} = 0,3 D_*^{0,7} T^{0,5} \dots\dots\dots(13)$$

$$\frac{U_b}{[\Delta g D]^{0,5}} = 1,5 T^{0,6} \dots\dots\dots(14)$$

$$C_b = \frac{q_b}{U_b \delta_b} \dots\dots\dots(15)$$

$$\frac{C_b}{C_0} = 0,8 \frac{T}{D_*} \dots\dots\dots(16)$$

- δ<sub>b</sub> = tinggi lapisan *bed-load*
- D = diameter butiran (m)
- U<sub>b</sub> = kecepatan partikel sedimen (m/det)
- C<sub>b</sub> = konsentrasi *bed-load*
- C<sub>0</sub> = konsentrasi *bed-load* maksimum (=0,65)
- Q<sub>b</sub> = jumlah angkutan sediment

Dengan anggapan dasar bahwa angkutan *bed-load* didefinisikan sebagai hasil kali dari kecepatan partikel, ketebalan lapis *bed-load* dan konsentrasi *bed-load* maka jumlah

angkutan sedimen dapat dihitung dengan persamaan :

$$q_b = C_b U_b \delta_b \dots\dots\dots(17)$$

$$= 0.053 \frac{T^{2.1}}{D_*^{0.3}} [\Delta g] D_{50}^{1.5} \dots\dots\dots(18)$$

c. Persamaan Chih Ted Yang

Chih Ted Yang mendasarka rumusnya pada konsep bahwa jumlah angkutan sedimen berbanding langsung dengan jumlah energi aliran. Untuk *steady uniform flow* besarnya energi per satuan berat air dapat dinyatakan dengan hasil kali kemiringan dasar dan kecepatan aliran. Energi per satuan besar air tersebut oleh Yang disebut sebagai *unit stream power* dan dianggap sebagai parameter penting dalam menentukan jumlah angkutan sedimen. Dari hasil analisa dan interpretasi data, baik data lapangan maupun data hasil percobaan, didapatkan korelasi antara konsentrasi angkutan sedimen dan *unit stream power* dengan persamaan :

$$\log C_t = M_1 + N_1 \log [V_1] \dots\dots\dots(19)$$

$C_t$  = konsentrasi angkutan sedimen total

$M_1, N_1$  = koefisien

$V$  = kecepatan aliran (m/det)

$I$  = kemiringan dasar

Yang, melakukan analisis dan percobaan untuk mengubah *unit stream power* menjadi parameter tenaga aliran tak berdimensi dengan memasukkan parameter kecepatan endap, disamping itu diperhitungkan pula adanya suatu harga kritis dari tenaga aliran tersebut. konstanta  $M_1$  dan Koefisien  $N_1$  merupakan fungsi dari kecepatan endap, kekentalan kinematik air, diameter butiran dan kecepatan geser. Dari hasil analisis dan regresi didapatkan persamaan-persamaan :

$$M_1 = 5.435 - 0.286 \log \left[ \frac{wD}{v} \right] - 0.475 \log \left[ \frac{U_*}{w} \right] \dots\dots\dots(20)$$

$$N_1 = 1.799 - 0.409 \log \left[ \frac{wD}{v} \right] - 0.314 \log \left[ \frac{U_*}{w} \right] \dots\dots\dots(21)$$

$$\frac{V_{cr}}{w} = \frac{2.5}{\log \left[ \frac{U_* D}{v} \right] - 0.06} + 0.66 \dots\dots\dots(22)$$

untuk  $1.2 < \frac{U_* D}{v} < 70$

$$\frac{V_{cr}}{w} = 2.05 \dots\dots\dots(23)$$

untuk  $\frac{U_* D}{v} \leq 70$

Modifikasi parameter tenaga aliran menghasilkan persamaan angkutan sedimen:

$$\log C_t = M_1 + N_1 \log \left[ \frac{V I}{w} - \frac{V_{cr} I}{w} \right] \dots\dots\dots(24)$$

**3. Metode Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data sebagai berikut:

3.1 Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian :

A. Kecepatan aliran

Kecepatan aliran rata-rata pada suatu penampang melintang dapat diperoleh dengan cara mengukur kecepatan aliran pada beberapa titik dari beberapa titik vertical yang ditentukan dengan menggunakan alat ukur arus (current meter).

B. Kedalaman aliran

Parameter kedalaman aliran pada penampang diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan mistar ukur.

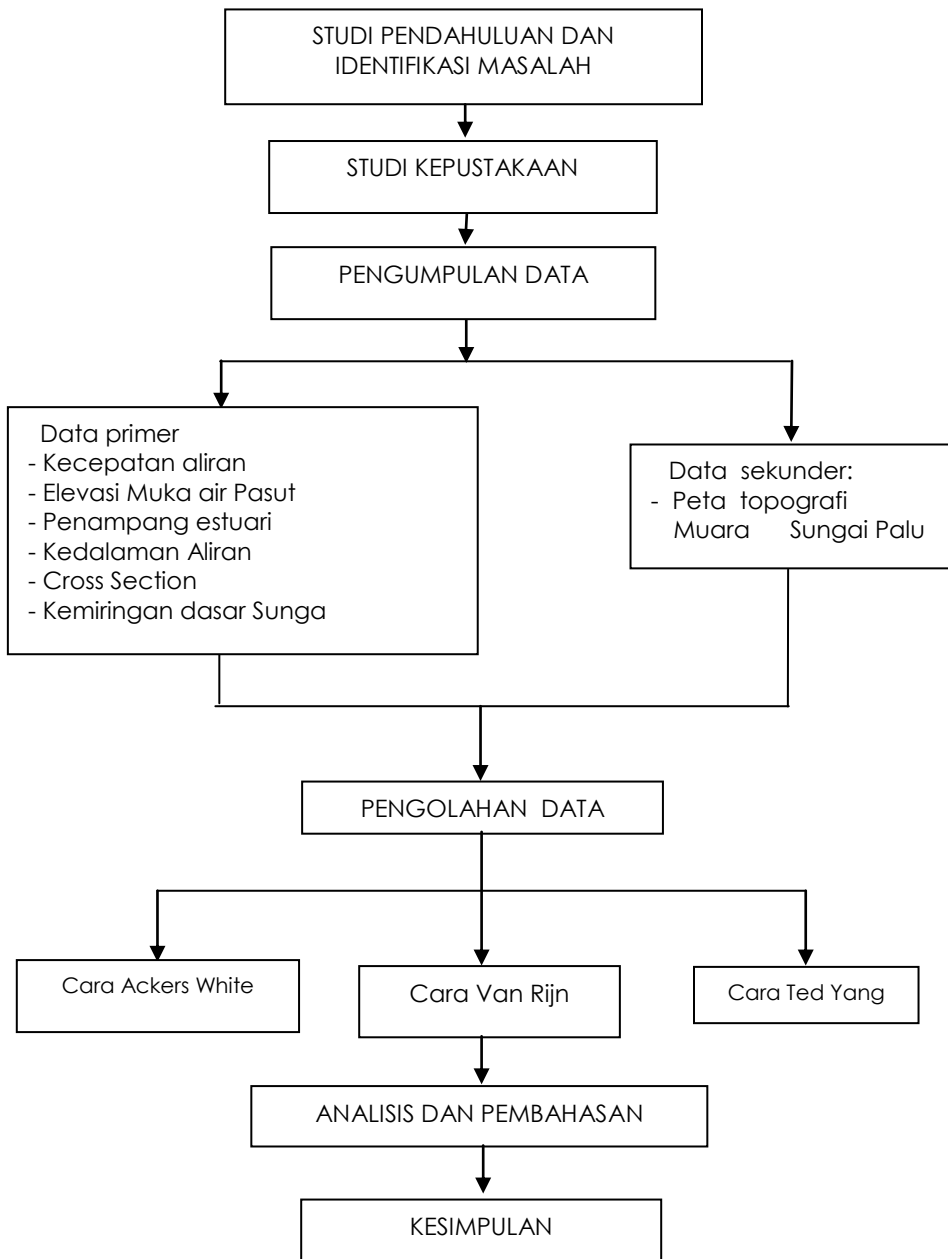
C. Penampang melintang (*Cross section*)

Gambar penampang melintang sungai diperoleh dengan menghubungkan titik-titik pengukuran kedalaman yang diperoleh dari pengukuran di lapangan secara berurutan (1, 2, 3, ...n). Pada penelitian ini, 10 penampang yang ditinjau yaitu A s/d J dengan jarak antara penampang 50 m.

D. Elevasi muka air pasang surut

Pencatatan elevasi muka air pasang surut di muara sungai palu dilakukan secara manual, serta merupakan pengamatan langsung dengan menggunakan alat ukur yang ditempatkan di muara sungai dengan interval waktu pengamatan setiap jam

sepanjang siang dan malam. Pengamatan ini dilakukan selama 15 hari yang telah mencakupi satu siklus pasang surut, meliputi pasang purnama dan perbani. Selanjutnya pengamatan dilakukan dengan interval waktu 6 jam sampai mencakupi 30 hari.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

E. Kemiringan dasar sungai merupakan parameter penting pada setiap metode hitung yang akan digunakan dalam perhitungan besarnya angkutan sedimen. Kemiringan dasar muara sungai palu yang dinotasikan I, diperoleh dari pengukuran secara manual pula dengan menggunakan alat ukur waterpass.

F. Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dasar pada Muara Sungai Palu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui :

1). Diameter butiran

2). Berat jenis sedimen

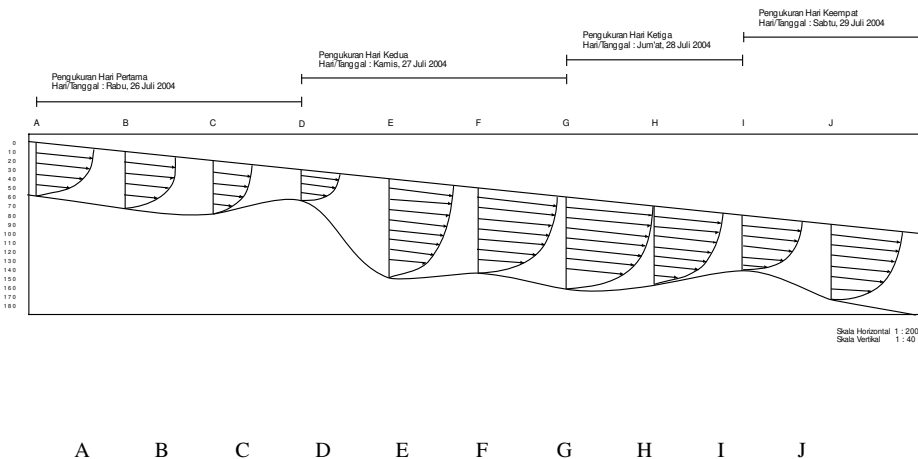
3. 2. Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini adalah peta topografi muara Sungai Palu.

4. Hasil dan Pembahasan

4. 1. Hasil analisis

Kecepatan aliran sepanjang alur penelitian dibagi dalam 10 segmen (gambar 2). Hasil perhitungan analisis angkutan sedimen pada Muara sungai Palu ditabelkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Penampang memanjang Sungai Palu (A-J)

Tabel 1. Total Hasil Perhitungan Angkutan Sedimen dari Tiga Persamaan (Kondisi Surut)

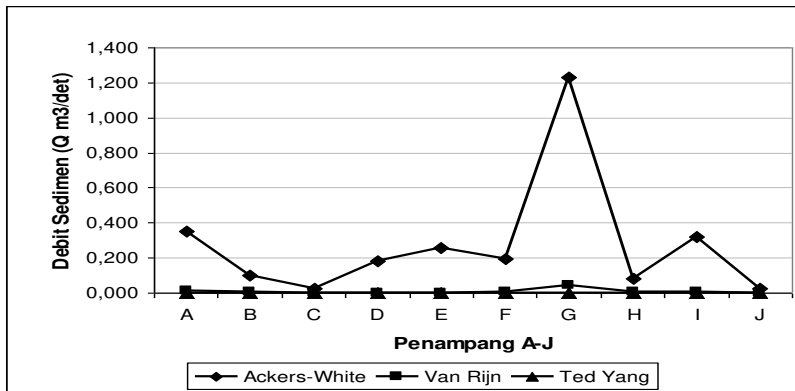
Nomor Patok	Ackers-White	Van- Rijn	Ted Yang
	Qs (m3/dt)	Qs (m3/dt)	Qs (kg/dt)
A	0,34882	0,01001	1,81075E-10
B	0,10034	0,00400	6,49498E-11
C	0,02560	0,00019	2,19095E-11
D	0,18275	0,00099	5,86856E-12
E	0,25601	0,00195	2,16625E-10
F	0,19664	0,00398	1,24831E-09
G	1,23310	0,04483	2,61817E-08
H	0,08248	0,00341	1,57308E-10
I	0,31955	0,00737	1,71115E-10
J	0,02367	0,00133	8,16154E-12

Sumber: hasil analisis

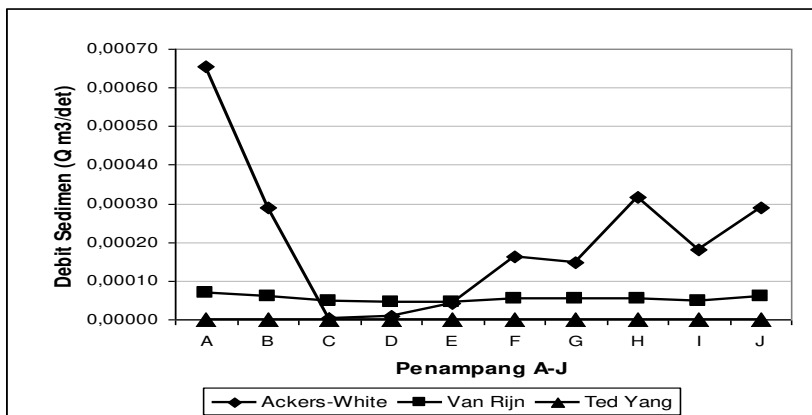
Tabel 2. Total Hasil Perhitungan Angkutan Sedimen dari Tiga Persamaan (Kondisi Pasang)

Nomor Patok	Ackers-White Qs (m <sup>3</sup> /dt)	Van-Rijn Qs (m <sup>3</sup> /dt)	Ted Yang Qs (kg/dt)
A	0,00065	0,00007	1,64418E-11
B	0,00029	0,00006	1,00784E-10
C	0,00000	0,00005	1,34187E-10
D	0,00001	0,00005	1,70164E-14
E	0,00004	0,00005	2,97908E-14
F	0,00016	0,00006	7,44276E-14
G	0,00015	0,00005	8,29977E-14
H	0,00032	0,00005	2,7267E-13
I	0,00018	0,00005	8,61291E-11
J	0,00029	0,00006	2,13285E-13

Sumber: hasil analisis



Gambar 3. Grafik Hasil Total Perhitungan Angkutan Sedimen Tiga Persamaan (Kondisi Surut)



Gambar 4. Grafik Hasil Total Perhitungan Angkutan Sedimen dari Tiga Persamaan (Kondisi Pasang)

#### 4.2 Pembahasan

Pada gambar 3, kondisi surut, debit sedimen yang menggunakan persamaan Ackers-White pada setiap penampang memberikan nilai rata-rata tinggi yaitu sebesar  $0,276295 \text{ m}^3/\text{det}$ , jika dibandingkan dengan persamaan lain. Pada penampang G menunjukkan nilai yang paling tinggi sebesar  $1.23310 \text{ m}^3/\text{det}$ , ini dipengaruhi oleh kecepatan pada penampang G paling besar diantara penampang yang lain. Sedangkan persamaan Ted Yang memberikan nilai rata-rata lebih kecil. Pada kondisi surut ketinggian muka air kecil, kecepatan besar dan diameter butiran sedimen besar, mengakibatkan angkutan sedimen menjadi besar.

Pada gambar 4, kondisi pasang, debit sedimen yang menggunakan persamaan Ackers-White memberikan nilai besar dengan nilai rata-rata  $0,00021 \text{ m}^3/\text{det}$ , jika dibandingkan dengan persamaan lain. Sedangkan persamaan Ted Yang memberikan nilai rata-rata paling kecil. Pada kondisi pasang ketinggian muka air besar, kecepatan kecil dan diameter butiran sedimen kecil, mengakibatkan angkutan sedimen menjadi kecil.

#### 5. Kesimpulan

Pada kondisi surut, debit sedimen yang menggunakan persamaan Ackers-White pada setiap penampang memberikan nilai rata-rata tinggi yaitu sebesar  $0,276295 \text{ m}^3/\text{det}$ , jika dibandingkan dengan persamaan lain. Pada kondisi ini ketinggian muka air kecil, kecepatan besar, dan diameter butiran sedimen besar, mengakibatkan angkutan sedimen menjadi besar. Sedangkan pada kondisi pasang, debit sedimen yang menggunakan persamaan Ted Yang memberikan nilai besar dengan nilai rata-rata  $0,00021 \text{ m}^3/\text{det}$ , pada kondisi ini ketinggian muka air besar, kecepatan kecil, dan diameter butiran sedimen kecil, mengakibatkan angkutan sedimen menjadi kecil.

#### 6. Daftar Pustaka

Asdak, Chay. 2001. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran*

Angkutan Sedimen pada Muara Sungai Palu  
(Triyanti Anasiru)

Sungai. Gajah Mada University Press.

Graf, W.H. 1971. *Hidrolics of Sediment Transport*. Mc Graw-Hill Book Company. New York.

Hadiati, Afiatun T. 2004. *Pola Sebaran Sedimen Dasar Pada Belokan Sungai Palu*. Tricon Jaya Bandung.

JR, Ray K. Linsley. 1996. *Hidrologi untuk Insinyur*. Erlangga Jakarta.

Kirnoto, Bambang A. 1994. *Hidrolies of Sediment Transport*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Nur Yuwono. 1994. *Perancangan Bangunan Jetti, Laboratorium Hidrulika dan Hidrologi*. PAU-IT-UGM, Yogyakarta.

Soewarno 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Nova Bandung.

Syarifudin, K. 2004. *Analisis Gerusan dan Endapan Sedimen pada Sungai Palu*.

Triatmojo, Bambang 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yokyakarta.