

SEDIMENT TRANSPORT STUDIES ON HOMOGENEOUS SOIL BASE MATERIAL

STUDI ANGKUTAN SEDIMEN TERHADAP BAHAN DASAR TANAH HOMOGEN

Revianti Coenraad

Staf Pengajar Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Palangka Raya
Kampus UNPAR Tunjung Nyaho Jl. H. Timang Kotak Pos 2/PLKUP Palangka Raya (73111A)

Email: revycoenraad@yahoo.co.id

ABSTRACT

Sediment transport is the movement of sediment granular material/non cohesive by water flow. Sediment is carried by the flow of water constantly, which can be distinguished as floating sediment (suspended load) and bed load sediment. Sediment transport from upstream to down stream will affect some areas that experienced scour and deposition (sedimentation). This will cause a variety of problem shence it is needed to know the amount of sediment transport since it always moves with the flow.To minimize its negative effects, it is necessary to study the amount of sediment transport with homogeneous base material composed of sand and gravel. This study aimed to determine the effect of water discharge(Q) and the number of stream sediment transported (T) and to knowthe basic condition of the channel due to sediment transport after discharge flowed. The experiment was conducted at the glass channel of Laboratory of Hydrology/Hydraulics, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya with dimensions of 400x10x25cm, while the selection of grain grading and inspection of the channel density of the base material such as sand and gravel carried out at the Laboratory of Soil Mechanics, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.The amount of discharge flowed varies with time and the experiment was performed 5 times for each channel base material. The results of the sediment transport studies on materials such as sand and gravel base shows that the greater the flow, the greater also the amount of sediment transported while the smaller debit amounts of sediment transported less. Sand diameter 0.43mm to0.58 mm transported more than the transported gravel with a diameter of2.40mm to 4.75mm, mostly gravel grain rolling and sliding just moves along the baseline. Basic conditions after a transport channel has changed from its original condition with the average basic channels 2.00cm thickness would appear to be a plane bed, washed-out dunes/transition, ripple and dunes.

Keywords: Sediment transport, discharge, homogeneous base material, and the basic condition of the channel.

ABSTRAK

Angkutan sedimen merupakan gerakan perpindahan bahan sedimen granuler/non kohesif oleh aliran air.Sedimen senantiasa terbawa oleh aliran air, yang dapat dibedakan sebagai sedimen melayang (*suspended load*) dan sedimen dasar (*bed load*). Angkutan sedimen dari hulu ke hilir akan memberikan dampak ada daerah yang mengalami penggerusan dan pengendapan (pendangkalan). Hal ini akan menimbulkan berbagai masalah sehingga perlu diketahui besarnya angkutan sedimen yang senantiasa bergerak selama ada aliran sehingga dampak yang merugikan dapat diminimalisir, maka perlu dilakukan penelitian besar angkutan sedimen dengan bahan dasar saluran tanah homogen terdiri dari pasir dan kerikil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh debit (Q) aliran dan banyaknya sedimen yang terangkut (T) serta mengetahui kondisi dasar saluran akibat adanya angkutan sedimen setelah debit dialirkan.Penelitian dilaksanakan pada saluran kaca Laboratorium Hidrologi/Hidraulika, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya dengan dimensi 400x10x25 cm, sedangkan pemilihan gradasi butiran dan pemeriksaan berat jenis bahan dasar saluran berupa pasir dan kerikil dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya. Besarnya debit bervariasi yang dialirkan dengan waktu berbeda dan dilakukan sebanyak 5 kali percobaan terhadap masing-masing bahan dasar saluran. Hasil penelitian angkutan sedimen terhadap bahan dasar berupa pasir dan kerikil menunjukkan bahwa semakin besar debit, jumlah sedimen yang terangkut semakin banyak sedangkan semakin kecil debit jumlah sedimen yang terangkut semakin sedikit pula. Pasir diameter 0,43 mm sampai 0,58 mm lebih banyak terangkut daripada kerikil dengan diameter 2,40 mm sampai 4,75 mm, sebagian besar butiran kerikil hanya bergerak menggelinding dan menggeser di sepanjang dasar saluran. Kondisi dasar saluran setelah terjadi angkutan mengalami perubahan bentuk, semula kondisi dasar saluran rata dengan ketebalan 2,00 cm akan tampak menjadi *plane bed*, *washed-out dunes/transition*, beriak-riak (*ripple*) dan *dunes*.

Kata kunci: Angkutan sedimen, debit, bahan dasar homogen, dan kondisi dasar saluran.

PENDAHULUAN

Sungai adalah saluran drainase yang terbentuk secara alamiah, yang merupakan sarana berkumpulnya curah hujan dalam suatu daerah dan mengalirkannya ke laut. Sungai menggerus tanah dasar secara terus-menerus sepanjang masa existensinya dan terbentuklah lembah-lembah sungai. Akibat aliran air partikel-partikel tersebut dapat terkelupas dan terangkut ke tempat yang lebih rendah yang dikenal sebagai sedimen. Sedimen juga dapat berasal dari hasil proses erosi baik erosi permukaan lereng pegunungan maupun erosi sungai, bahan-bahan hasil letusan gunung berapi yang masih aktif serta sedimen yang terjadi akibat kegiatan manusia seperti penggundulan hutan. Jadi, sedimen terbawa hanyut oleh aliran air senantiasa terus-menerus selama masih ada aliran.

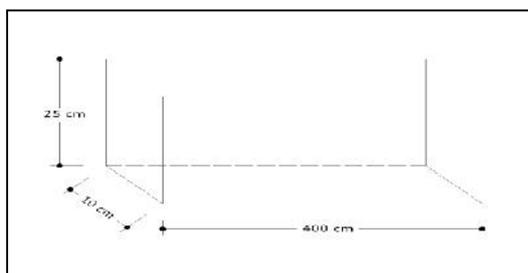
Lokasi objek penelitian di Laboratorium Hidraulika/Hidrologi dan Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya di Palangka Raya.

Hal-hal yang menjadi rumusan permasalahan pada penelitian ini, di antaranya adalah :

1. Apakah jumlah angkutan sedimen dipengaruhi oleh besarnya debit aliran ?
2. Bagaimana kondisi dasar saluran setelah terjadi angkutan sedimen ?

Adapun yang menjadi batasan masalah dari penelitian angkutan sedimen terhadap bahan dasar saluran adalah :

1. Dilakukan pada saluran kaca dengan bahan dasar saluran berupa tanah homogen terdiri dari pasir dengan diameter 0,43 mm sampai 0,58 mm dan kerikil dengan diameter 2,40 mm sampai 4,75 mm, yang dihamparkan di sepanjang dasar saluran dengan ketebalan 2,00 cm.
2. Saluran kaca berukuran panjang 400 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 25 cm, seperti ditunjukkan pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1 Dimensi saluran kaca

3. Kemiringan dasar saluran relatif datar.

Tujuan penelitian diantaranya untuk :

1. Mengetahui pengaruh debit aliran air dan banyaknya sedimen yang terangkut.
2. Mengamati kondisi dasar saluran akibat adanya angkutan sedimen.

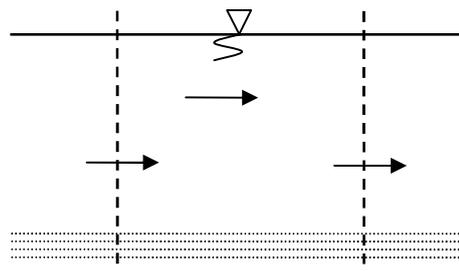
Manfaat penelitian yaitu :

1. Menambah pengetahuan tentang angkutan sedimen oleh aliran air.
2. Menambah pengetahuan mengenai alat ukur debit aliran.
3. Menambah pengetahuan tentang klasifikasi aliran pada saluran terbuka.

TINJAUAN PUSTAKA

Angkutan sedimen merupakan gerakan perpindahan tempat bahan sedimen granuler/non kohesif oleh aliran air untuk mengetahui keadaan seimbang (*equilibrium*), erosi (*erosion*), ataukah pengendapan (*deposition/silting*) (Menteng, 2005).

Banyaknya angkutan sedimen (T) secara sederhana dapat ditentukan dari dua titik yang berbeda I dan II, perpindahan tempat butiran sedimen yang melalui suatu tampang memanjang saluran/sungai selama periode waktu tertentu (Menteng, 2005). Pada Gambar 2 dapat dijelaskan apabila T_1 sama dengan T_2 berarti tidak terjadi angkutan dalam alirannya. Apabila T_1 lebih kecil dari T_2 berarti terjadi gerusan pada bagian tampang II sedangkan apabila T_1 lebih besar dari T_2 berarti terjadi pengendapan pada bagian tampang II.



Gambar 2 Kondisi secara umum aliran

Keterangan : T_1 = Jumlah angkutan sedimen melalui tampang I

T_2 = Jumlah angkutan sedimen melalui tampang II

Faktor yang mempengaruhi adanya angkutan sedimen antara lain (Mardjiko dan Adam PR, 1988) :

1. Sifat-sifat butiran sedimen
2. Sifat-sifat aliran

Proses angkutan sedimen berlangsung begitu butiran-butiran sedimen terangkut bersamaan aliran air memasuki badan sungai atau penampang memanjang saluran. Partikel sedimen ukuran kecil seperti tanah liat dan debu dapat diangkut aliran air dalam bentuk terlarut. Sedangkan partikel yang lebih besar seperti pasir cenderung melompat. Partikel yang lebih besar dari pasir, misalnya kerikil (*gravel*) bergerak dengan merayap atau menggelinding di dasar saluran (Asdak, 2002).

Besarnya ukuran sedimen yang terangkut aliran air ditentukan oleh faktor-faktor antara lain ukuran butiran sedimen yang masuk ke dalam badan sungai/saluran air,

karakteristik penampang saluran, debit, dan sifat-sifat butiran sedimen (Asdak, 2002).

Umumnya ada tiga macam gerakan sedimen (Mardjikoan dan Adam PR, 1988) yaitu:

1. Menggelinding (*rolling*) dan menggeser (*sliding*) di sepanjang dasar saluran.
2. Meloncat (*jumping*) yang terlihat melenting di sepanjang dasar saluran.
3. Melayang di atas dasar saluran.

Menurut Mardjikoan dan Adam PR, 1988, angkutan sedimen (*transport sediment*) terjadi dengan dua cara yaitu :

1. Sedimen Melayang/*Suspended Load* (Ts)
Butiran sedimen bergerak bersamaan aliran air di atas dasar saluran secara melayang. Berat butir terus-menerus dikompensasi oleh gerak turbulensi air. Ts dapat diukur secara wajar, tetapi hitungan menimbulkan kesukaran.
2. Sedimen Dasar/*Bed Load* (Tb)
Butiran *Bed Load* selalu kontak/bersinggungan dengan dasar secara menggelinding (*rolling*), menggeser (*sliding*) atau meloncat (*jumping*). Tb dapat dihitung dengan rumus semi empirik, tetapi pengukuran menimbulkan kesukaran.

Menurut Raju, 1981 aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran saluran terbuka (*open channel flow*) maupun aliran pipa (*pipe flow*). Aliran saluran terbuka harus memiliki permukaan bebas, sedangkan aliran pipa tidak demikian karena air harus mengisi seluruh saluran. Saluran terbuka dapat diklasifikasikan sebagai buatan (*artificial*) atau alami (*natural*), tergantung pada apakah penampangnya adalah buatan manusia atau sebaliknya. Contoh dari saluran alami diantaranya sungai dan muara, sedangkan pembuangan air yang mengalir sebagian penuh dan saluran irigasi termasuk dalam kategori saluran buatan.

Zat cair memiliki beberapa sifat sebagai berikut (Triatmodjo, 1996) :

1. Kekentalan (Viskositas)
Viskositas adalah sifat dari zat cair untuk melawan tegangan geser pada waktu mengalami pergerakan/terjadi aliran. Viskositas disebabkan karena adanya kohesi antara partikel zat cair. Viskositas terdiri atas viskositas kinematis dan dinamis.
2. Rapat Massa
Rapat massa didefinisikan sebagai massa zat cair tiap satuan volume pada temperatur dan tekanan tertentu.
3. Berat Jenis Air
Berat jenis air adalah berat zat cair tiap satuan volume pada temperatur dan tekanan tertentu.

Aliran di sepanjang saluran atau sungai pasti mengalami gesekan. Gesekan yang terjadi yaitu gesekan antara air dengan udara dan gesekan antara air dengan media yang dilalui yaitu bagian dasar dan dinding saluran.

Menurut Triatmodjo, 1996, tegangan permukaan (gesekan antara air dengan udara) pada 10°C dan tekanan 1 atm, $\sigma = 0,0748$ N/m sedangkan pada suhu 20°C, $\sigma = 0,0736$ N/m

Gesekan yang terjadi antara air dengan media saluran, karena kemungkinan bagian dasar maupun dinding memiliki kekasaran yang berbeda maka angka kekasaran diperhitungkan secara komposit (Kodoatie, 2002). Rumus Pavlovskii, Muhlhofer, Einstein dan Bank, (Anggrahini, 2005) digunakan dalam perhitungan untuk n komposit saluran.

Dalam suatu saluran terbuka ada tiga kondisi batas, tergantung dari ketinggian partikel dasar saluran atau disebut juga ketinggian kekasaran butiran material (*grain roughness height*) pada dasar saluran k_s' dan ketebalan batas laminar δ (Kodoatie, 2002) yaitu :

1. Batas kasar dengan syarat $d_s > 6\delta$
2. Transisi dengan syarat $\delta/3 < d_s < 6\delta$
3. Batas halus dengan syarat $3d_s < \delta$

Berdasarkan bilangan Reynolds butiran geseran, batas kekasaran material ini biasanya juga ditulis (Kodoatie, 2002) :

1. Batas kasar dengan syarat $Re_* > 70$
2. Transisi dengan syarat $(3,5 - 4) < Re_* < 70$
3. Batas halus dengan syarat $Re_* < (3,5 - 4)$

Konfigurasi pada dasar saluran berdasarkan bentuk, perlawanan aliran dan cara transportasi (*mode of transport*) dapat dibagi menjadi dua bagian, (Kodoatie, 2002) yaitu :

1. Regime aliran rendah (*lower regime*)
2. Regime aliran tinggi (*upper regime*)

Menurut Mardjikoan dan Adam PR, 1988, regime aliran rendah merupakan regime aliran dengan syarat bilangan Froude, $F < 0,4$ sedangkan regime lebih atas dengan syarat $F > 0,4$

Menghitung debit aliran juga dapat menggunakan alat ukur ambang tajam bentuk segi empat dengan model Franchis dan bentuk tampang segitiga dengan model Thomson. Debit aliran, model Franchis (Bardan, 2007) dinyatakan dengan rumus :

$$Q = 1,838 b H^{3/2} \quad (1)$$

Dengan : Q = debit aliran (m^3/d)

b = lebar ambang (m)

H = tinggi aliran di atas ambang (m)

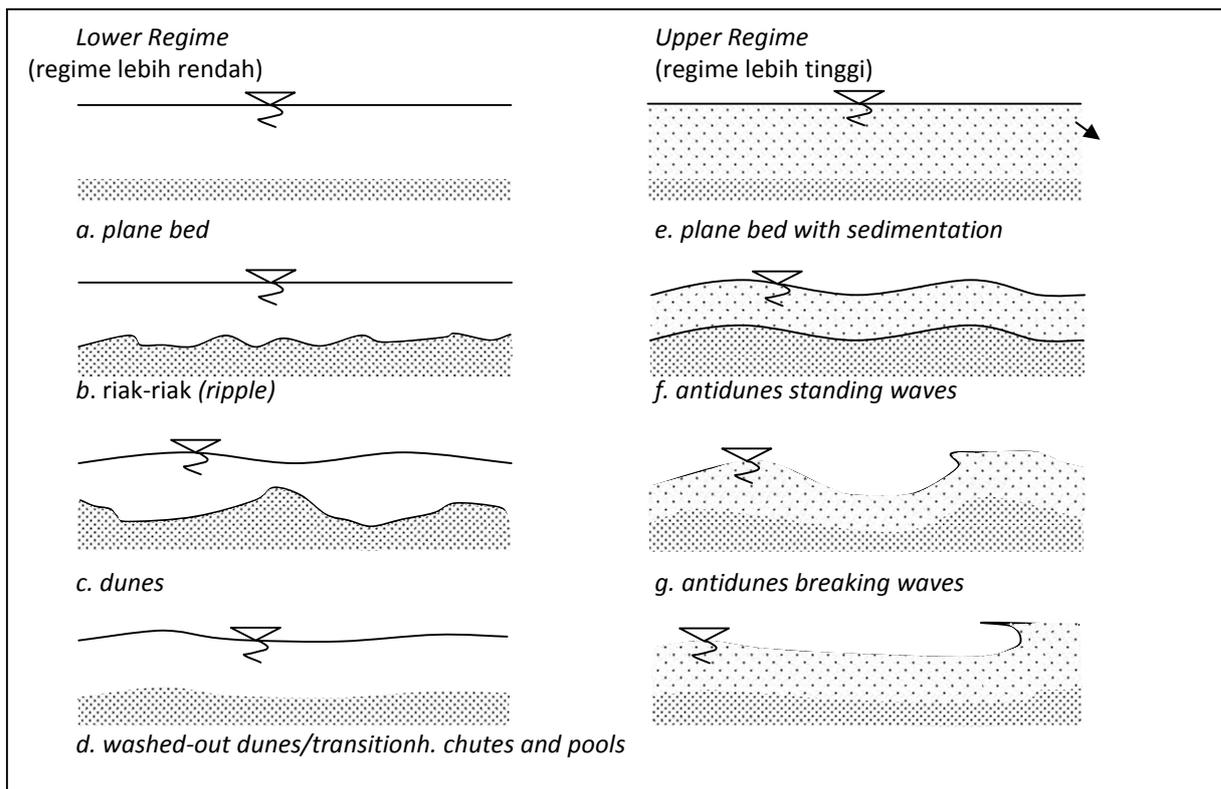
Debit aliran model Thomson (Bardan, 2007) dinyatakan dengan rumus :

$$Q = 1,39 H^{5/2} \quad (2)$$

Dengan : Q = debit aliran (m^3/d)

H = tinggi aliran di atas ambang (m)

Bentuk dasar saluran yang termasuk regime aliran rendah adalah dasar saluran bidang (*plane-bed*), dasar beriak-riak (*ripple*), dasar berbukit-bukit (*dunes*), penggelontoran dasar yang berbukit-bukit (*washed-out dunes*) atau transisi. Sedangkan yang termasuk dalam regime aliran tinggi adalah dasar saluran bidang dengan sedimentasi pada aliran (*plane bed with sediment*)



Gambar 3. Pembentukan dasar saluran (Kodoatie, 2002)

transport), anti-dunes with standing waves, antidunes with breaking waves, chute and pools (daerah dengan aliran meluncur dan kolam) (Kodoatie, 2002). Perbedaan regime aliran rendah dengan regime aliran tinggi juga dapat dilihat dari banyaknya angkutan sedimen yang melalui suatu penampang saluran (Kodoatie, 2002). Secara skematis dua regime tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui besarnya angkutan sedimen yang terjadi terhadap bahan dasar saluran berupa tanah homogen. Penelitian angkutan sedimen ini dilakukan pada Saluran Kaca Laboratorium Hidrologi/Hidraulika, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya dan untuk pemilihan gradasi butiran serta pemeriksaan berat jenis bahan dasar penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Penelitian ini terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Persiapan bahan dan alat

Laboratorium Mekanika Tanah

- a. Bahan dasar saluran diperoleh dari Tangkiling, 45 km dari kota Palangka Raya. Bahan dasar saluran yang dipergunakan terdiri dari 2 jenis yaitu pasir (ϕ 0,43 mm sampai ϕ 0,58 mm) dan kerikil (ϕ 2,40 mm sampai ϕ 4,75 mm).

b. Alat yang dipergunakan adalah :

- 1. Pemilihan gradasi butiran menggunakan unit saringan Standar Amerika dan mesin pengguncang saringan (*sieve shaker*).
- 2. Alat untuk pemeriksaan berat jenis pasir dan kerikil antara lain oven, neraca/timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, piknometer, corong plastik dan gelas ukur.

Laboratorium Hidrologi/Hidraulika

Persiapan yang dilakukan meliputi :

- a. Membersihkan saluran kaca baik pada bagian dasar saluran maupun dinding-dinding saluran dari kotoran/debu-debu yang menempel serta melakukan pengurusan bak-bak penampung air.
- b. Menyiapkan ambang setinggi 2,00 cm dari bahan plastik, yang dipasang di ujung saluran sebagai penghalang bahan dasar saluran seperti terlihat pada Gambar 3.2.
- c. 1. Menyiapkan alat ukur model Thomson (ambang tajam tampang segi tiga) yang dipasang pada 0,50 m dari awal saluran seperti terlihat pada Gambar 4.
2. Alat ukur model Franchis (ambang tajam tampang segi empat), dipasang pada bak penampung II seperti terlihat pada Gambar 4.
- d. Memasang alat ukur dari kertas millimeter di beberapa tempat pada dinding saluran kaca untuk pembacaan tinggi aliran.

- e. Menyiapkan dan membuat beberapa kantong dari kain untuk menampung hasil angkutan sedimen.
- f. Melakukan uji aliran awal, tanpa bahan dasar terlebih dahulu dengan maksud untuk mengetahui debit aliran dan memastikan bahwa saluran tidak mengalami kebocoran pada bagian dasar maupun dinding salurankaca sehingga debit dapat mengalir dengan lancar.

2. Pemilihan gradasi butiran bahan dasar

Pemilihan gradasi butiran dilakukan dengan melakukan analisa saringan (*sieve analysis*) menurut standar Amerika Serikat, seperti ditunjukkan dalam Tabel 1 berikut ini, dengan material pasir (ϕ 0,43 mm sampai ϕ 0,58 mm) dan kerikil (ϕ 2,40 mm sampai ϕ 4,75 mm).Tabel 1. Standar saringan Amerika Serikat

Nomor Saringan Standar Amerika Serikat	Ukuran lubang dalam mm
No. 4	4,78
No. 8	2,36
No. 30	0,59
No. 40	0,42

Sumber : Syufherini dkk, 2007

Saringan yang dipakai untuk pemilihan gradasi pasir terdiri dari No. 30 dan No. 40 serta pan, kemudian pasir dimasukkan ke dalam saringan sesuai susunan tadi. Letakkan susunan saringan tersebut pada alat pengguncang saringan (*sieve shaker*) \pm 15 menit kemudian diamkan sesaat agar butiran mengendap lalu ambil saringan No. 40 berikut pasir yang tertahan. Saat proses pengayakan oleh alat pengguncang saringan, pasir yang berdiameter kurang dari 0,59 mm dari saringan No. 30 akan jatuh/lolos ke dalam saringan No. 40 bercampur dengan pasir yang tertahan pada saringan tersebut dengan diameter lebih dari 0,42 mm. Maka, pasir yang tertahan pada saringan No. 40 merupakan pasir yang lolos dari saringan No.30 dan pasir yang tertahan saringan No.40, sehingga pasir tersebut memiliki diameter antara 0,43 mm sampai 0,58 mm.

Sedangkan untuk kerikil, kerikil harus dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran-kotoran/tanah yang menempel, lalu dikeringkan di dalam oven selama \pm 24 jam, selanjutnya pemilihan gradasi butiran. Saringan disusun dari No.4 dan No. 8 serta pan. Caranya sama seperti pada pasir. Pada saat proses pengayakan oleh alat pengguncang saringan, kerikil yang berdiameter kurang dari 4,78 mm dari saringan No. 4 akan jatuh/lolos ke dalam saringan No. 8 bercampur dengan kerikil yang tertahan pada saringan tersebut dengan diameter lebih dari 2,36 mm. Maka, kerikil yang tertahan pada saringan No. 8 merupakan gabungan kerikil yang lolos dari saringan No. 4 dan kerikil yang tertahan saringan No. 8, sehingga kerikil tersebut memiliki diameter antara 2,40 mm sampai 4,75 mm.

3. Berat jenis bahan dasar

Berat jenis (*weight density*) dinyatakan dengan perkalian rapat massa (ρ) dengan gravitasi (g).

Pemeriksaan berat jenis butiran pasir maupun kerikil di laboratorium terlebih dahulu dicari nilai rapat massa butiran (ρ_s) menggunakan piknometer dengan langkah kerja sebagai berikut :

- a. Pasir dan kerikil yang sudah dikeringkan masing-masing ditimbang menggunakan neraca (M_s).
- b. Piknometer yang kosong diisi air sampai bagian leher piknometer, letakkan di dalam gelas ukur. Kemudian masukkan pasir dan kerikil tadi masing-masing ke dalam piknometer dengan menggunakan corong plastik perlahan-lahan sehingga air di dalam piknometer akan tumpah ke dalam gelas ukur.
- c. Volume air yang tumpah di gelas ukur sama dengan volume pasir/kerikil yang dimasukkan ke dalam piknometer berisi air tadi sehingga didapatkan volume pasir/kerikil dari bacaan pada gelas ukur (V_b).

Dengan demikian, berat pasir/kerikil = M_s

Volume air yang tumpah = Volume pasir/kerikil yang dimasukkan = V_b

Maka rapat massa butiran :

$$(\rho_s) = \frac{M_s}{V_b} \quad (3)$$

Sehingga didapatkan berat jenis $\gamma_s = \rho_s \cdot g \quad (4)$

4. Pengamatan aliran dan angkutan sedimen

Pengamatan aliran dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui debit aliran yang akan digunakan dalam percobaan sedangkan pengamatan angkutan sedimen dilakukan untuk mengetahui jumlah sedimen yang terangkut dan kondisi dasar saluran.

Percobaan ini dilakukan lima kali percobaan untuk masing-masing bahan dasar dengan debit yang berbeda-beda dan interval waktu : 120 detik, 240 detik, 360 detik, 480 detik dan 600 detik.

Hal-hal yang dilakukan untuk pengamatan aliran dan angkutan sedimen yaitu sebagai berikut :

Percobaan pertama :

- 1. Bahan dasar saluran homogen berupa pasir dan kerikil masing-masing ditaburkan di sepanjang saluran sampai rata dengan ketebalan 2,00 cm.
- 2. Pompa dinyalakan (diaktifkan) sambil melakukan pengamatan.
- 3. Waktu aliran dihitung mulai dari saat pompa dinyalakan sampai dengan saat pompa dimatikan.
- 4. Pengukuran tinggi aliran yang terlihat pada alat ukur Thomson dan di alat ukur Franchis.
- 5. Selama proses pengaliran pada akhir saluran, dipasang kantong dari kain untuk menampung hasil angkutan.
- 6. Setelah waktu pengaliran 120 detik, pompa dimatikan.
- 7. Mengamati kondisi dasar saluran setelah berakhir waktu aliran.
- 8. Hasil angkutan yang tertampung pada kantong kain dikeringkan kemudianditimbang.

Percobaan kedua sampai dengan percobaan kelima untuk bahan dasar pasir maupun kerikil langkah-langkahnya sama dengan langkah-langkah pada percobaan pertama.

5. Analisis data

Metode analisis data digunakan untuk mencapai tujuan dalam penelitian angkutan sedimen terhadap bahan dasar homogen berupa pasir dan kerikil.

Terjadinya angkutan sedimen dipengaruhi debit (Q), besarnya debit (Q) yang digunakan pada saat penelitian berbeda-beda/bervariasi untuk setiap bahan dasar baik pasir maupun kerikil yang masing-masing material dilaksanakan lima kali percobaan.

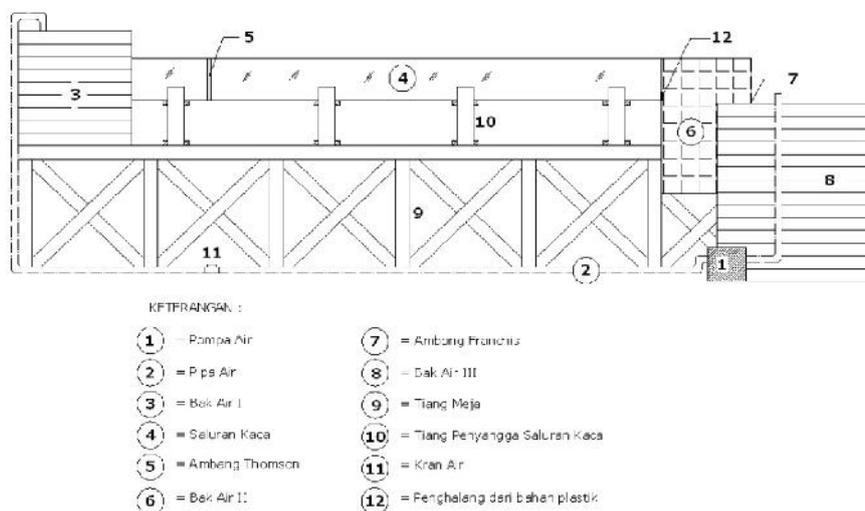
Jumlah sedimen yang terangkut (T) diketahui dari banyaknya bahan dasar yang mengendap pada alat penampung angkutan. Butiran hasil angkutan dikeringkan kemudian ditimbang untuk mengetahui beratnya.

Pada saat debit mengalir dan terjadi proses angkutan sedimen bahan dasar, tidak semua butiran bahan dasar yang dimasukkan ke dalam saluran kaca akan terangkut dan dapat mengendap pada alat penampung angkutan di ujung saluran, namun ada butiran yang hanya menggeser/menggelinding di sepanjang saluran dari kedudukan semula atau mengendap pada dasar saluran sehingga hal tersebut

mempengaruhi bentuk dasar saluran yang semula rata akan nampak tidak rata, bergelombang atau berbukit-bukit maupun beriak-riak seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 3 Pembentukan dasar saluran, Kodoatie, 2002.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan berat jenis bahan dasar saluran berupa tanah homogen baik pasir dengan diameter butiran 0,43 mm sampai 0,58 mm dan kerikil dengan diameter 2,40 mm sampai 4,75 mm, yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya selengkapnya disajikan seperti dalam Tabel 2. Sedangkan hasil pengukuran tinggi aliran dan pengamatan bentuk dasar saluran setelah proses sedimen terangkut dengan bahan dasar saluran homogen berupa pasir dan kerikil selengkapnya seperti tersaji dalam Tabel 3 dan Tabel 4. Sedangkan hasil perhitungan debit dengan rumus Franchis (Pers 1) dan Thomson (Pers 2) serta jumlah sedimen yang terangkut dan mengendap pada kantong kain dan telah ditimbang untuk bahan dasar saluran berupa pasir dan kerikil, selengkapnya tersaji dalam Tabel 5 dan Tabel 6. Besarnya debit (Q) dan jumlah sedimen yang terangkut (T) selengkapnya disajikan dalam Tabel 7 untuk bahan dasar saluran tanah homogen berupa pasir dan kerikil.



Gambar 4

Gambar 4. Sistem operasi saluran kaca

Tabel 2. Hasil pemeriksaan berat jenis bahan dasar saluran

No.	Uraian	Bahan Dasar	
		Pasir	Kerikil
1.	Berat Piknometer kosong	43,65 gram	43,65 gram
2.	Volume air dalam piknometer	75 ml	75 ml
3.	Berat sampel (M_s)	100 gram	100 gram
4.	Volume air yang tumpah dalam gelas ukur = volume sampel yang dimasukkan (V_s)	32 ml = 0,000032 m ³	30 ml = 0,00003 m ³
5.	Rapat massa butiran (ρ_s) = M_s / V_s	3125 kg/m ³	3333 kg/m ³
6.	Gaya gravitasi (g)	9,81 m/d ²	9,81 m/d ²
7.	Berat Jenis Butiran (γ_s) = $\rho_s \cdot g$	30656 N/m ³	32700 N/m ³
8.	Berat Jenis Butiran γ_s	30,656 kN/m ³	32,70 kN/m ³

Sumber : Hasil Uji Laboratorium (2007)

Tabel 3. Pengamatan tinggi aliran (H) pada alat ukur dan tinggi aliran di saluran (h) serta bentuk dasar saluran dengan bahan dasar berupa pasir

No	t (d)	$h_{rata-rata}$ (m)	$H_{Thomson}$ (m)	$H_{Franchis}$ (m)	Bentuk Dasar Saluran
1.	120	0,0400	0,0450	0,0220	plane bed
2.	240	0,0425	0,0485	0,0250	washed-out dunes
3.	360	0,0450	0,0500	0,0260	washed-out dunes
4.	480	0,0460	0,0510	0,0270	riak-riak (ripple)
5.	600	0,0470	0,0515	0,0275	riak-riak (ripple)

Sumber : Data Hasil Pengukuran dan Pengamatan Laboratorium (2007)

Tabel 4. Pengamatan tinggi aliran (H) pada alat ukur dan tinggi aliran di saluran (h) serta bentuk dasar saluran dengan bahan dasar berupa kerikil

No	t (d)	$h_{rata-rata}$ (m)	$H_{Thomson}$ (m)	$H_{Franchis}$ (m)	Bentuk Dasar Saluran
1.	120	0,0400	0,0450	0,0220	plane bed
2.	240	0,0415	0,0465	0,0230	washed-out dunes
3.	360	0,0430	0,0480	0,0245	riak-riak (ripple)
4.	480	0,0450	0,0500	0,0260	riak-riak (ripple)
5.	600	0,0460	0,0510	0,0270	dunes

Sumber : Data Hasil Pengukuran dan Pengamatan Laboratorium (2007)

Tabel 5. Hasil Perhitungan debit (Q) dan jumlah sedimen yang terangkut (T) dengan bahan dasar berupa pasir

No	$H_{Thomson}$ (m)	$H_{Franchis}$ (m)	$Q_{Thomson}$ (m ³ /detik)	$Q_{Franchis}$ (m ³ /detik)	$Q_{Rata-rata}$ (m ³ /detik)	T (gram)
1	0,0450	0,0220	$5,97 \cdot 10^{-4}$	$6,00 \cdot 10^{-4}$	$6,00 \cdot 10^{-4}$	56,43
2	0,0485	0,0250	$7,20 \cdot 10^{-4}$	$7,26 \cdot 10^{-4}$	$7,23 \cdot 10^{-4}$	78,87
3	0,0500	0,0260	$7,77 \cdot 10^{-4}$	$7,71 \cdot 10^{-4}$	$7,74 \cdot 10^{-4}$	91,30
4	0,0510	0,0270	$8,16 \cdot 10^{-4}$	$8,15 \cdot 10^{-4}$	$8,16 \cdot 10^{-4}$	145,83
5	0,0515	0,0275	$8,36 \cdot 10^{-4}$	$8,38 \cdot 10^{-4}$	$8,37 \cdot 10^{-4}$	206,10

Sumber : Hasil Perhitungan (2007)

Tabel 6. Hasil perhitungan debit (Q) dan jumlah sedimen yang terangkut (T) dengan bahan dasar berupa kerikil

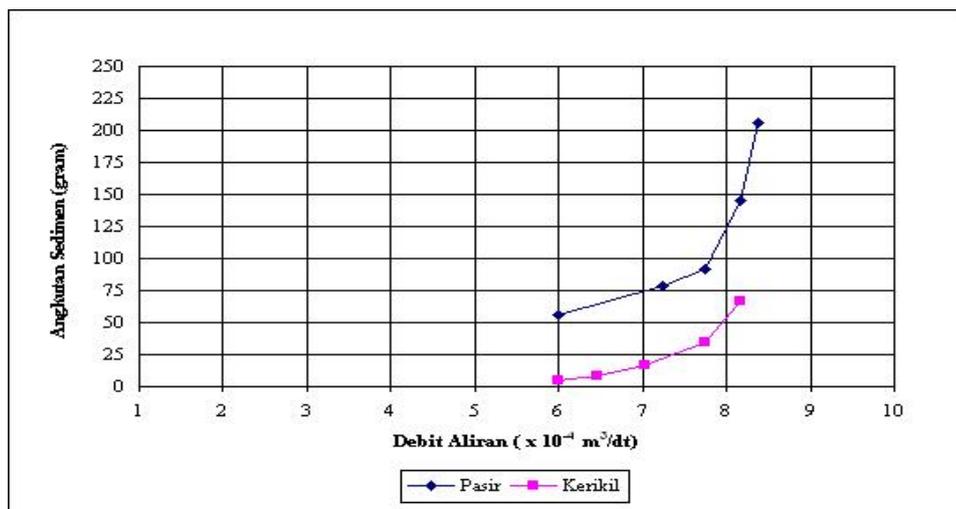
No	$H_{Thomson}$ (m)	$H_{Franchis}$ (m)	$Q_{Thomson}$ (m ³ /detik)	$Q_{Franchis}$ (m ³ /detik)	$Q_{Rata-rata}$ (m ³ /detik)	T (gram)
1	0,0450	0,0220	$5,97 \cdot 10^{-4}$	$6,00 \cdot 10^{-4}$	$6,00 \cdot 10^{-4}$	4,62
2	0,0465	0,0230	$6,48 \cdot 10^{-4}$	$6,41 \cdot 10^{-4}$	$6,45 \cdot 10^{-4}$	8,05
3	0,0480	0,0245	$7,02 \cdot 10^{-4}$	$7,04 \cdot 10^{-4}$	$7,03 \cdot 10^{-4}$	16,55
4	0,0500	0,0260	$7,77 \cdot 10^{-4}$	$7,71 \cdot 10^{-4}$	$7,74 \cdot 10^{-4}$	35,00
5	0,0510	0,0270	$8,16 \cdot 10^{-4}$	$8,15 \cdot 10^{-4}$	$8,16 \cdot 10^{-4}$	66,25

Sumber : Hasil Perhitungan (2007)

Tabel 7. Debit (Q) aliran dan jumlah sedimen yang terangkut (T)

No	Pasir		Kerikil	
	Q (m ³ /det)	T (gram)	Q (m ³ /det)	T (gram)
1.	6,00 . 10 ⁻⁴	56,43	6,00 . 10 ⁻⁴	4,62
2.	7,23 . 10 ⁻⁴	78,87	6,45 . 10 ⁻⁴	8,05
3.	7,74 . 10 ⁻⁴	91,30	7,03 . 10 ⁻⁴	16,55
4.	8,16 . 10 ⁻⁴	145,83	7,74 . 10 ⁻⁴	35,00
5.	8,37 . 10 ⁻⁴	206,10	8,16 . 10 ⁻⁴	66,25

Sumber : Hasil Analisis (2007)



Gambar 5. Grafik hubungan debit (Q) dan jumlah sedimen yang terangkut (T) dengan bahan dasar saluran tanah homogen

Hasil analisis debit (Q) dan jumlah sedimen yang terangkut (T) yang tersaji pada Tabel 7 dapat juga ditunjukkan dalam Gambar 5 di atas berupa grafik hubungan debit dan jumlah sedimen yang terangkut untuk bahan dasar saluran berupa pasir diameter 0,43 mm sampai 0,58 mm dan kerikil diameter 2,40 mm sampai 4,75 mm.

Dari Gambar 5 grafik hubungan debit (Q) dan jumlah sedimen yang terangkut (T) dengan bahan dasar saluran tanah homogen, yaitu pasir dan kerikil diperoleh debit sangat berpengaruh terhadap jumlah angkutan sedimen. Semakin besar debit semakin banyak jumlah sedimen yang terangkut sebaliknya semakin kecil debit maka jumlah sedimen yang terangkut semakin kecil/sedikit.

Walaupun debit masing-masing bahan dasar saluran dalam setiap percobaan relatif hampir sama, pasir dengan diameter 0,43 mm sampai 0,58 mm lebih banyak terangkut daripada kerikil diameter 2,40 mm sampai 4,75 mm. Hal ini menandakan bahwa semakin besar gradasi butiran, semakin sukar terangkut sehingga jumlah sedimen yang terangkut sedikit, sebaliknya semakin kecil/halus gradasi butiran semakin mudah terangkut sehingga jumlah sedimen yang terangkut semakin banyak pula.

Pengamatan bentuk dasar saluran dilakukan setelah mengetahui regime aliran. Penentuan regime aliran didasarkan atas bilangan Froude (F). Pada Tabel 8 dan 9 berikut dapat dilihat bentuk dasar saluran akibat angkutan sedimen untuk masing-masing bahan dasar.

Berdasarkan Tabel 8 dan Tabel 9 dapat diketahui bahwa bilangan Froude, $F < 0,4$ menunjukkan bahwa aliran termasuk regime aliran rendah baik untuk bahan dasar saluran berupa pasir maupun kerikil. Akibat adanya sedimen yang terangkut oleh aliran maka bentuk dasar saluran yang semula rata di sepanjang saluran dengan ketebalan 2,00 cm mengalami perubahan bentuk dasar saluran pada setiap percobaan masing-masing bahan dasar saluran berupa pasir dan kerikil.

Berdasarkan Tabel 8 dan Tabel 9 dapat diketahui bahwa bilangan Froude, $F < 0,4$ menunjukkan bahwa aliran termasuk regime aliran rendah baik untuk bahan dasar saluran berupa pasir maupun kerikil. Akibat adanya sedimen yang terangkut oleh aliran maka bentuk dasar saluran yang semula rata di sepanjang saluran dengan ketebalan 2,00 cm mengalami perubahan bentuk dasar saluran pada setiap percobaan masing-masing bahan dasar saluran berupa pasir dan kerikil.

Tabel 8. Bentuk dasar saluran dengan bahan dasar berupa pasir

No	Q (m ³ /d)	h rata-rata (m)	A (m ²)	V (m/d)	F	Regime Aliran	Bentuk Dasar Saluran
1.	6,00 . 10 ⁻⁴	0,0400	0,0040	0,1500	0,0239	Regime aliran rendah	plane bed
2.	7,23 . 10 ⁻⁴	0,0425	0,0043	0,1681	0,0268	Regime aliran rendah	washed-out dunes
3.	7,74 . 10 ⁻⁴	0,0450	0,0045	0,1721	0,0275	Regime aliran rendah	washed-out dunes
4.	8,16 . 10 ⁻⁴	0,0460	0,0046	0,1773	0,0283	Regime aliran rendah	riak-riak (ripple)
5.	8,37 . 10 ⁻⁴	0,0470	0,0047	0,1780	0,0284	Regime aliran rendah	riak-riak (ripple)

Sumber : Data Perhitungan dan Pengamatan Laboratorium (2007)

Tabel 9. Bentuk dasar saluran dengan bahan dasar berupa kerikil

No	Q (m ³ /d)	h rata-rata (m)	A (m ²)	V (m/d)	F	Regime Aliran	Bentuk Dasar Saluran
1.	6,00 . 10 ⁻⁴	0,0400	0,0040	0,1500	0,0239	Regime aliran rendah	plane bed
2.	6,45 . 10 ⁻⁴	0,0415	0,0042	0,1536	0,0245	Regime aliran rendah	washed-out dunes
3.	7,03 . 10 ⁻⁴	0,0430	0,0043	0,1635	0,0261	Regime aliran rendah	riak-riak (ripple)
4.	7,74 . 10 ⁻⁴	0,0450	0,0045	0,1720	0,0275	Regime aliran rendah	riak-riak (ripple)
5.	8,16 . 10 ⁻⁴	0,0460	0,0046	0,1773	0,0283	Regime aliran rendah	dunes

Sumber : Data Perhitungan dan Pengamatan Laboratorium (2007)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil analisis data angkutan sedimen terhadap bahan dasar saluran berupa tanah homogen yang terdiri dari pasir dengan diameter butiran 0,43 mm sampai 0,58 mm dan kerikil dengan diameter 2,40 mm sampai 4,75 mm yang dilakukan di saluran kaca Laboratorium Hidrologi/Hidraulika Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya dengan dimensi saluran panjang 400 cm, lebar 10 cm dan tinggi 25 cm, maka hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besarnya debit sangat mempengaruhi jumlah sedimen yang terangkut. Hal ini dapat dilihat dari hasil percobaan yang dilakukan baik pada bahan dasar saluran berupa pasir maupun kerikil. Semakin besar debit semakin banyak jumlah sedimen yang terangkut, sebaliknya semakin kecil debit maka jumlah sedimen yang terangkut semakin kecil/sedikit.
2. Pengamatan bentuk dasar saluran yang dilakukan terhadap bahan dasar berupa pasir pada percobaan pertama bentuk dasar saluran *plane bed*, percobaan kedua dan ketiga bentuk *washed-out dunes/transition*, percobaan keempat dan kelima bentuk dasar saluran riak-riak (*ripple*). Sedangkan penelitian dengan bahan dasar saluran berupa kerikil, pada percobaan pertama bentuk dasar saluran *plane bed*, percobaan kedua bentuk dasar saluran *washed-out dunes/transition*, percobaan ketiga dan keempat bentuk dasar saluran riak-riak (*ripple*) serta percobaan yang kelima bentuk dasar saluran *dunes*.

Saran:

1. Diperlukan dimensi saluran kaca yang lebih besar, agar pengukuran dan pengamatan pada penelitian selanjutnya lebih teliti dan akurat.
2. Perlu ditambahkan pompa agar debit yang dialirkan dapat diatur dan debit yang masuk ke saluran kaca relatif lebih besar.
3. Peralatan yang ada di Laboratorium Hidrologi/Hidraulika Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya masih kurang sehingga perlu dilengkapi seperti timbangan/neraca, unit saringan agar peralatan lebih mendukung untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini, (2005), *Hidrolika Saluran Terbuka*, Srikandi, Surabaya.
- Asdak, Chay, (2002) , *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Fakultas Pertanian – Lembaga Ekologi Universitas Padjajaran, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Bardan, Mochammad, (2007), *Bahan Kuliah Sedimentasi*, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, Palangka Raya.
- Bardan, Mochammad, (2007), *Irigasi I*, Abu Haris, Yogyakarta.
- Bardan, Mochammad, (2007), *Irigasi II*, Abu Haris, Yogyakarta.

- Bowles, Joseph E, (1997), *Analisis Dan Desain Pondasi*, Erlangga, Jakarta, Edisi Keempat Jilid 1.
- Chow, Ven Te dan E. V. Nensi Rosalina, (1992), *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*, Erlangga, Jakarta.
- Kodoatie, Robert J, (2002), *Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa*, Andi, Yogyakarta.
- Linsley, Ray K.Jr, (1996), *Hidrologi Untuk Insinyur*, Erlangga, Jakarta, Edisi Ketiga.
- Mardjikoan, Pragnyono dan Adam P. R., (1988), *Bahan Kuliah Transportasi Sedimen*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Maryono, Agus, (2001), *Hidrolika Terapan*, PT. Pradyna Paramita, Jakarta.
- Menteng, Salonten B, (2005), *Bahan Kuliah Transpor Sedimen*, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, Palangka Raya.
- Raju, K. G. Ranga, (1986), *Aliran Melalui Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
- Soemarto, C. D., (1995), *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono, (1977), *Hidrologi Untuk Pengairan*, Pradyna Paramita, Jakarta.
- Subarkah, Iman. (1984), *Vademekum Lengkap Teknik Sipil*, Idea Dharma, Jakarta.
- Syufherini dkk. (2007), *Laporan Praktikum Mekanika Tanah I*, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.
- Triatmodjo, Bambang, (1996), *Hidrolika I*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, (1993), *Hidrolika II*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Vanoni, Vito A, (1977), *Sedimentation Engineering*, Headquarters of The Society, New York.
- Wesley, L. D, (1977), *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, Cetakan Keenam.
- Yupi, Haiki Mart, (2004), *Hand Book Transpor Sedimen*, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, Palangka Raya.