

KAJIAN PERGERAKAN SEDIMEN DASAR DAN GERUSAN PADA SALURAN LURUS ALLUVIAL

Azwarman¹

Abstract

The movement of sediment on straight channel especially on altitude area with the alluvial, scour sediment or erosion as well transportation sediments influential to change the form of channel is very. If we see the day of the day flow on the basis of the move will undermined if the speed flow produce voltage critical shear, exceed speed and voltage shear allowable. Scour sediment larger on the stream velocity around the bend if compared to channel on straight.

Big and small scour sediment depend also to stream velocity at the channel and also depend kinds of the material. Research done on straight up for flow in twist destroy the outside of the bend channel cliff always, while on the part in the corner occurred and large depositional hangs from the discharge of channel and morphology a little depositional. Length of time jetting to achieved equilibrium (stable). Stable condition achieved where there is balance between the sediment carried over with sediment incoming balanced and changes shape cross section almost nothing. On probation review channel alluvial this made six different jetting time. but the discharge of the same with $q=0,00354 \text{ m}^3/\text{det}$ and $D50=0,0004$ and the tools sower of sand (sandfeeder) the installed on upstream channel

Key words : *discharge, material, time equilibrium, stream velocity*

PENDAHULUAN

Penelitian tentang gerusan atau erosi pada saluran lurus terbuka serta perubahan bentuk saluran karena penggerusan yang terjadi pada dasar atau pada tepi saluran telah dilakukan di laboratorium. Penggerusan sedimen terbesar terdapat pada bagian tepi luar tikungan, dan penimbunan pada bagian dalam tikungan.

Perubahan bentuk saluran yang terus berkembang sesuai dengan perubahan waktu sampai dicapai kestabilan atau keadaan regim (kesetimbangan), dimana pada saat regim ini saluran kelihatan sudah mulai stabil. Perubahan lebar saluran hampir tidak ada dan pengangkutan sedimen yang keluar dan masuk boleh dikatakan sudah sama. Mekanisme angkutan sedimen ini akan disertai oleh proses erosi dan sedimentasi. Sebagai hasilnya dasar saluran akan mengalami degradasi (perubahan bentuk) maupun aggradasi yang cukup signifikan.

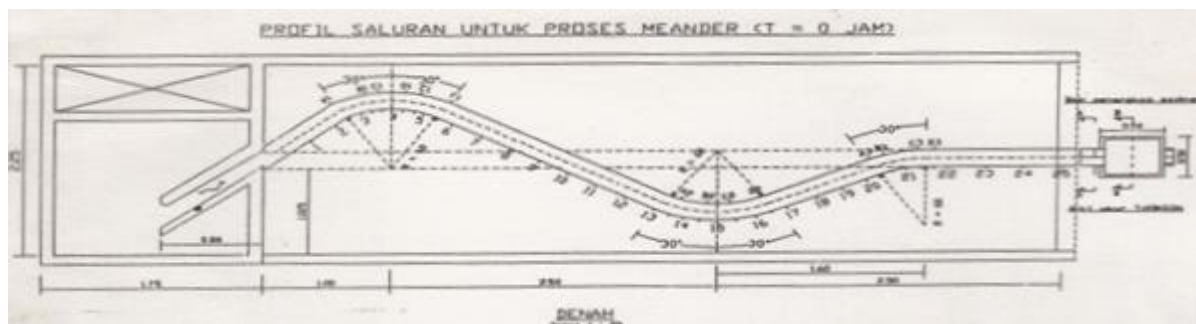
METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan secara deskriptif yang bisa menggambarkan tentang subjek yang diteliti yang dilakukan dengan kajian pemodelan fisik di Laboratorium Uji Model Hidrolika ITB dan kajian literatur sebagai penunjang dalam penyelesaian permasalahan yang ditemukan dalam penelitian tersebut.

Penelitian di laboratorium dilakukan dengan membuat Uji Model fisik dengan memakai material dan peralatan yang ada di laboratorium. Saluran terbuka dibuat dari perataan pasir dengan ukuran yang ditentukan sendiri. Variabel yang berubah adalah waktu, jadi kita tentukan waktu T1, T2, T3, T4 dan T5 dan seterusnya sampai didapatkan aliran yang stabil (equilibrium). Debit pengaliran awal saluran dilakukan secara trial and error sehingga terjadi erosi.

Saluran awal dibuat saluran lurus dan menikung dengan bentuk empat persegi panjang

- Panjang saluran lurusnya : 6.00 m
- Lebar saluran : 0.20 m
- Dalam saluran : 0.10 m



Gambar 1. Bentuk awal penampang saluran sbelum diairi.

¹ Dosen Fak. Teknik Universitas Batanghari

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan perubahan bentuk karakteristik saluran lurus atau sungai kecil, setelah dicapai pengaliran yang stabil (equilibrium) dan kemiringan dasar saluran setelah pengaliran yang sudah Stabil juga. Gerusan atau erosi dasar saluran terjadi karena ada pergerakan sedimen dasar saluran tersebut.

Untuk mengetahui letak daerah terjadinya gerusan dan pengendapan material serta kedalaman gerusan maksimum diukur dan digambarkan kontur atau topografi dasar dari saluran yang diteliti.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada sungai alamiah (alluvial river), yaitu saluran atau sungai yang terdiri lebih banyak material pasir daripada material lain yaitu tanah dan kerikil ataupun tanah/lumpur. Atau dengan kata lain boleh dikatakan materialnya hampir semua pasir. Demikian juga tebing dan dasar sungainya, sehingga akan mudah tererosi, selanjutnya terbawa oleh aliran sebagai angkutan sedimen dan kemudian diendapkan pada suatu tempat di sebelah hilir Kironoto (2001).

Barunadri (2000) melaporkan bahwa material pasir di sepanjang saluran, tebing sungai serta daerah sekitar sungai yang masuk ke sungai akibat proses erosi pada musim penghujan. Hasil analisis menunjukkan bahwa komposisi material dasar sungai dari hulu ke hilir sebagian besar berupa pasir diikuti lumpur. Menurut studi Barunadri (2000), material yang mencapai hilir sungai berdiameter kecil dan seragam.

Hasil kajian Indra Karya (1999), mendeskripsikan karakteristik sedimen di sungai Progo dari hulu ke hilir. Proses erosi dan sedimentasi sangat berpengaruh terhadap keseimbangan konfigurasi dasar sungai.

Menurut Suwartha (2001), faktor pembentuk konfigurasi dasar sungai sangat dipengaruhi oleh kecepatan, lama pengaliran serta kedalaman aliran.

Dengan mencermati material dasar dan kondisi aliran, maka dapat diprediksi kemungkinan terjadinya sedimentasi dan erosi atau gerusan di dasar sungai pada lokasi tertentu di alur sungai (Barunadri, 2000).

Tergerusnya dasar sungai pada pondasi Jembatan menandakan turunnya elevasi dasar sungai pada mulut pengambilan intake Sipon merupakan gambaran kondisi kritis dari degradasi yang terjadi (Indra Karya, 1999).

Dari beberapa laporan atau studi terdahulu, maupun literatur mengenai perkembangan konfigurasi dasar saluran, disebutkan bahwa kondisi alur sungai mencerminkan aliran dominan yang berlangsung dari tahun ke tahun, Suwartha (2001).

Maulani (2003) dalam penelitiannya yang menggunakan debit dominan dengan probabilitas 70% memperoleh besaran kecenderungan degradasi pada beberapa debit. Perubahan karakteristik morfologi saluran mempengaruhi aliran disaluran

, terutama pada saluran didaerah dataran Alluvial yang bermeander (berkelok).

Perubahan tersebut berhubungan erat dengan transportasi sedimen yang terjadi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji fenomena perubahan morfologi saluran yang meliputi topografi dasar dan tepi saluran dan dalam saluran lurus Alluvial untuk mencapai keadaan stabil sesuai dengan perubahan waktu.

Proses pergerakan sedimen dasar (bedload) pada saluran terjadi akibat pengikisan dasar saluran, pengikisan terbesar memang terjadi bagian luar di belokan saluran bagian luar, dan pengendapan pada bagian dalam tikungan sehingga bagian sungai ini agak dangkal.

Dalam Proses stabilnya saluran Alluvial didapat empat variabel tak bebas yakni lebar, kedalaman, *bank slope*, dan *channel slope*. Analisa bentuk penampang stabil saluran alluvial dengan Formula Chang dilakukan dengan pendekatan *rational variables independence* meliputi debit air (Q), debit sedimen (Qs) dan diameter rata-rata (ds).

Metoda Chang ini membagi perhitungan saluran menjadi tiga bagian yaitu:

- Saluran lurusnya
- Saat memasuki Tikungan
- Pada puncak Tikungan

Penelitian ini khusus membahas fenomena pada saluran lurusnya.

Formula Chang untuk saluran lurus mengasumsikan debit angkutan sedimen seperti pada saluran terbuka.

Perhitungan debit sedimen (Qs) dengan Duboys ditulis sebagai berikut:

$$Q_s = q_s \cdot b = \frac{0.173}{d^{4/3}} \gamma \cdot R \cdot S (\gamma R \cdot S - \tau_c) b \dots\dots\dots(1)$$

Dapat disusun dalam bentuk persamaan kwadrat dalam S

$$c1 \cdot S^2 - c2 \cdot S - c3 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$$c1 = \gamma^2 \cdot R^2,$$

$$c2 = \gamma \cdot R \cdot \tau_c$$

$$\text{dan } c3 = \frac{Q_s \cdot d^{3/4}}{0.173 \cdot b}$$

$$S' = \frac{c2 + (c2^2 + 4 \cdot c1 \cdot c3)^{1/2}}{2 \cdot c1} \dots\dots\dots(3)$$

$$S'' = \left[F^2, \left(\frac{D}{Rc} \right), \frac{B}{D} \cdot f, \text{cross sectional shape} \right]$$

Pendekatan yang dilakukan oleh Chang,

$$S'' = \left[\frac{2.07 \cdot f + 4.68 \cdot f^{1/2} - 1.83 \cdot f^{3/2}}{0.565 + f^{1/2}} \right] \left[\frac{D}{Rc} \right] F^2 \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$F = \frac{U}{(gd)^{1/2}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$f = (8 \cdot g \cdot D \cdot S / U)^2 \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$S = S' + S'' \quad \dots\dots\dots(7)$$

Dimana:

- S'=Kemiringan saluran longitudinal (Gradien energi akibat aliran Longitudinal)
- S''=Kemiringan Transversal (gradien akibat aliran transversal)
- S=Kemiringan Energi minimum yang dicari.
- f=Faktor gesekan
- B=Lebar saluran
- F=Bilangan Froud
- Q=Debit aliran

Saluran awal masuk tikungan, Chang mengasumsikan bentuk penampang yang bukan bentuk trapesium dengan rumus lainnya sampai perhitungan S' adalah sama dengan formula pada saluran lurus.

Formula chang untuk Tranverse Bed adalah:

$$\sin \beta = \frac{3 \cdot \alpha \cdot D \cdot U^2 \cdot (1 + m')}{2 \cdot Rc \cdot [(S - 1) \cdot g \cdot d]^{1/2} \cdot m' \cdot (2 + m')} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$m' = K \frac{U}{[(s - 1) \cdot g \cdot d \cdot \tau \cdot c]^{1/2}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$\tau_{*c} = \frac{\tau_c}{[(\rho_{s-} - \rho) \cdot g \cdot d]^{1/2}} \quad \dots\dots\dots(10)$$

di mana :

- β = sudut kemiringan transversal bed
- $\square\square$ = rasio perbandingan luas proyeksi dibagi volume dari suatu partikel
- m' = reciprocal dari eksponen kecepatan untuk kekasaran butir
- K = konstanta Kapman = 0,4
- $\tau \cdot c$ = Critical Shields Stress

Gradien energi total akibat aliran longitudinal dan aliran transversal dipakai persamaan Leo Van Rijn.

Faktor partikel (d_*)

$$d_* = d_{50} \left[\frac{(s - 1)g}{\nu^2} \right]^{1/3} \quad \dots\dots\dots(11)$$

Parameter transport (T)

$$T = \frac{(U_*)^2 - (U_{*cr})^2}{(U_{*cr})^2} \quad \dots\dots\dots(12)$$

- Dimana:

- $U_* = (g^{1/2} / C') u$
- U_* = Kecepatan geser butiran
- u = Kecepatan rata-rata
- U_{*cr} = Kecepatan geser dasar kritis oleh Shield
- $C' = \text{Koefisien Chezy} = 18 \log(12 Rb / 3D_{90})$

Mencari kecepatan kritis butiran:

$$U_{*,cr} = [\theta_r (\Delta - 1)gd]^{1/2} \quad \dots\dots\dots(13)$$

Dimana:

- Jika $d_* \leq 4$, maka $\theta_r = 0.24 \cdot (d_*)^{-0.64}$
- Jika $4 < d_* \leq 10$, maka $\theta_r = 0.14 \cdot (d_*)^{-0.64}$
- Jika $10 < d_* \leq 20$, maka $\theta_r = 0.04 \cdot (d_*)^{-0.1}$
- Jika $d_* > 20 < d_* \leq 150$, maka $\theta_r = 0.013 \cdot (d_*)^{0.29}$
- Jika $d_* > 150$, maka $\theta_r = 0.055$

Kemudian cari intensitas sedimen dasar:

$$qb = 0.053 (\Delta g)^{1/2} d_{*50}^{1.5} \cdot D_*^{-0.3} T^{2.1} \quad \dots\dots\dots(14)$$

qb= Bed load transport per-unit lebar (m^3/det)

Awal pengaliran dipantau dengan teliti dan pengamatan pengaliran dilakukan dengan bantuan kamera dan Handycam supaya mudah dalam mengamati penambahan.

Pengukuran awal dilakukan setelah beberapa saat setelah pengaliran awal, sebelum terjadi perubahan penampang saluran akibat gerusan pengaliran.

Pengaliran saluran pertama rentang waktu nya lebih pendek, dan meningkat waktunya hampir dua kali untuk pengaliran berikutnya.

Setiap akhir pengaliran dibuatkan gambar topografinya, air dikeringkan dengan diturunkan debit kemudian diukur ketinggian konturnya dan ditandai dengan paku atau kawat, dan seterusnya. Kemudian tanda-tanda tersebut dihubungkan dengan benang secara memanjang sehingga terdapat kountur saluran tersebut.

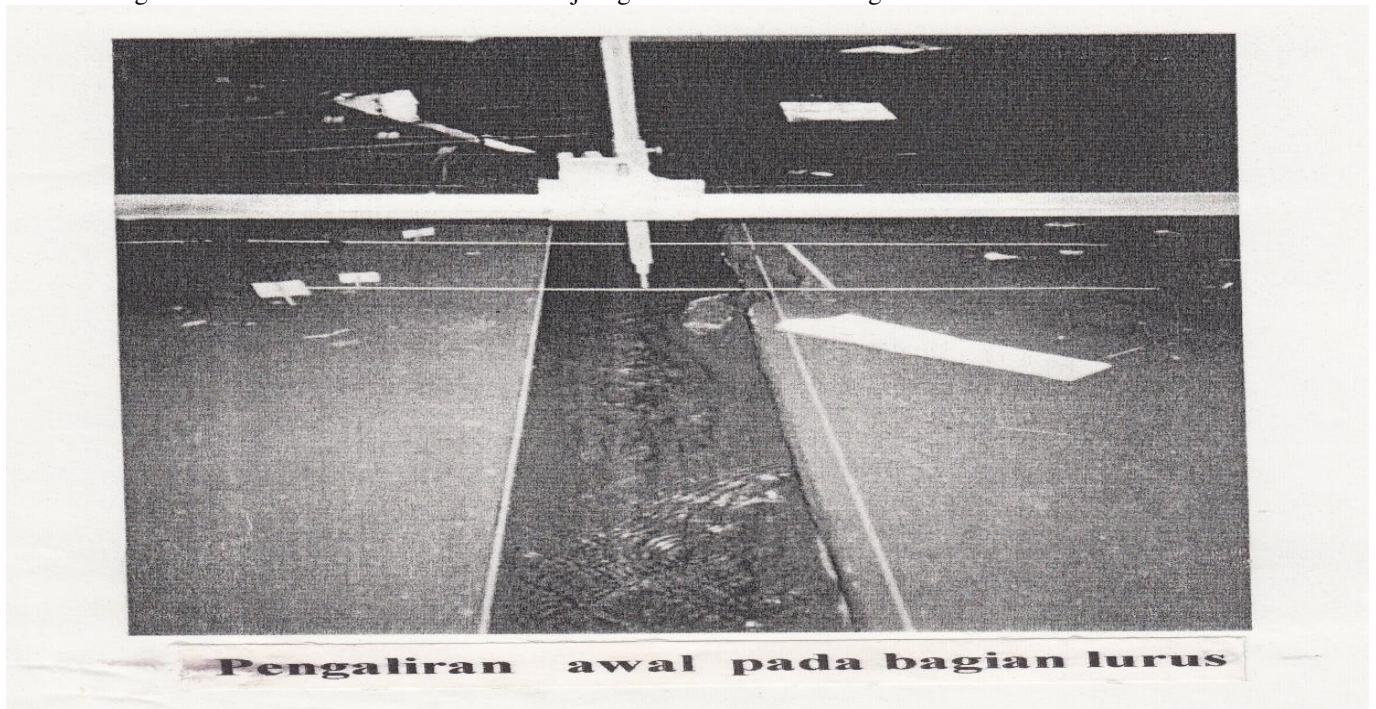
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum pengaliran dilakukan, dilaksanakan uji saringan material yang akan digunakan untuk mengetahui bahan material yang dipakai di saluran tersebut. Dalam penelitian ini digunakan ukuran D50 dari material. Awal pengaliran kita tentukan bagaimana cara mengairi saluran supaya tidak seperti aliran banjir. Dibuat alat pengukur debit saluran dan penempatan alat-alat untuk mengukur kecepatan aliran dan kedalaman saluran yang bisa digeser-geser. Sebelum dialirkan saluran diukur dulu kedalaman

dan lebarnya. Setiap titik diberi tanda untuk pengamatan.

Sebelum pengaliran ($T=0$ Jam), bentuk saluran masih belum berubah. Setelah pengaliran secara perlahan-lahan diberikan sampai mencapai debit yang diperkirakan, waktu pengaliran dicatat. Waktu pengaliran dibagi beberapa bagian yaitu : $T_1 = 6.5$ jam, $T_2 = 13$ Jam, $T_3=27$ Jam dan $T_4=54$ Jam dan sampai dengan $T_5 = 108$ jam dan $T=Equilibrium$ Pada kondisi stabil ini penampang saluran tidak berubah lagi yang ditandai dengan tidak terjadi lagi gerusan pada tepi dan dasar saluran. saluran .

Gambar Pengaliran awalan saluran lurus sebelum terjadi gerusan dasar dan tebing .



Pada awal pengaliran dengan debit yang ditentukan terlebih dahulu debitnya, kemudian kita alirkan apakah debit yang dialirkan itu bisa membuat gerusan (erosi) pada saluran tersebut, dengan dicoba dengan perhitungan tegangan gesernya seperti berikut :

Untuk Debit = $0.00354 \text{ M}^3/\text{det}$, dan $U=0,334 \text{ m/det}$.

Tegangan geser dasarnya :

$$\tau_b = \rho g \frac{\bar{u}^2}{C^2} = 1000 \times 9,81 \times \frac{0,334^2}{62^2}$$

$$(\text{kg} / \text{m}^3)(\text{m} / \text{det}^2)(\text{m} / \text{det})^2 (\text{m}^{1/2} / \text{det})^2$$

$$\tau_b = 0,503 \text{ N} / \text{m}^2$$

$$\tau_c = \frac{u_c^2}{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) g \cdot D_{50}}$$

$$u_* = \sqrt{gRS} = \sqrt{9,81 \cdot 0.430 \cdot 0.000671} = 0,0532 \text{ m/det}$$

$$\tau_c = \frac{(0,0532)^2}{\left(\frac{2,754}{1} - 1\right) 9,81 \cdot 0,00040} = 0,4112 \text{ N/m}^2$$

Jadi: $\tau_b > \tau_c = 0,4112 \text{ N/m}^2 \rightarrow$ terjadi erosi

Dalam eksperimen ini didapat keseimbangan mulai batas $T=13$ dan selama lebih kurang 2 jam dan kemudian berubah lagi. Untuk pengamatan $T=6,5$ Jam, setelah pengukuran dilakukan untuk lebar saluran (B), kedalaman aliran (H) dan kecepatan aliran (U), bisa dihitung angkutan sedimennya (qb) .

Perhitungan angkutan sedimen pada saluran

Diketahui saluran pertama dengan waktu pengaliran $T = 6,5$ jam ,kecepatan(U) = 0.0324

m/det. dan $B = 0.37 \text{ m}$, $\rho_s = 2,714 \text{ kg/m}^3$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ dan $d_{50} = 0,0004 \text{ m}$, diperoleh:

$$\Delta = (\rho_s - \rho) / \rho = \frac{2,714 - 1}{1} = 1,714$$

$$d_* = d_{50} \cdot \left(\frac{\Delta g}{\nu^2} \right)^{1/3} = 0,0004 \left[\frac{(1,714 \cdot 9,81)}{1 \cdot 10^{-6}} \right]^{1/3} = 10.247$$

Dengan adanya erosi dasar saluran dapat di perhitungkan besar atau berat sedimen yang diangkut per satuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} q_b &= 0.053 \cdot (\Delta g)^{0.5} \cdot d_{50}^{1.5} \cdot D_*^{-0.3} \cdot T^{2.1} \cdot 2714 \cdot 60 \\ &= 0.053 (1.714 \cdot 9.81)^{0.5} \cdot 0.0004^{1.5} (10.144)^{-0.3} \cdot 0.3716094^{2.1} \cdot 2714 \cdot 60 = 0.0176 \text{ kg/menit} \end{aligned}$$

Dari Curva Shield

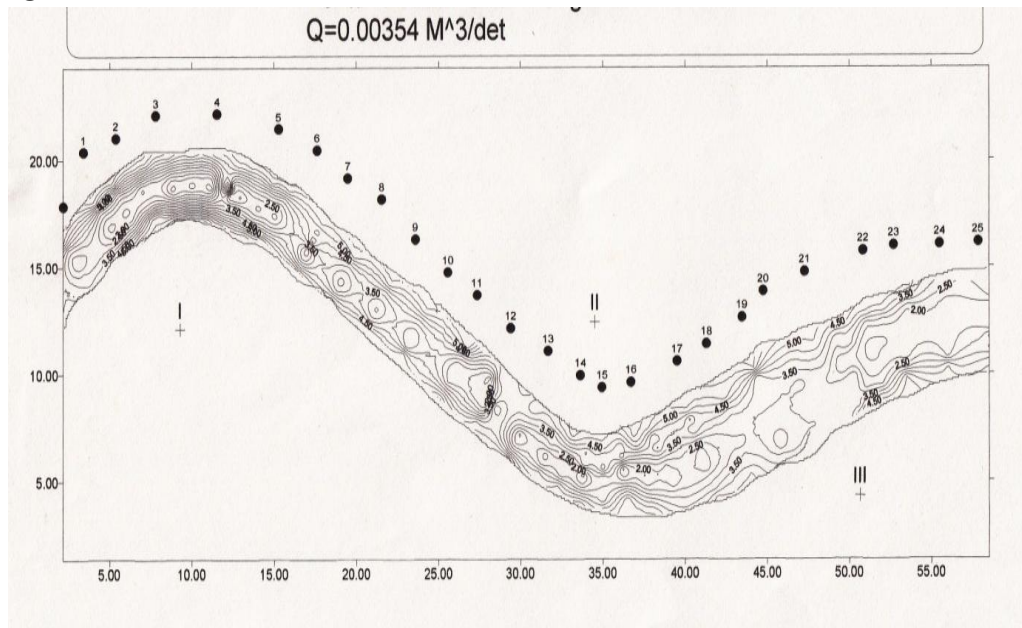
$$\theta_r = 0.04 \cdot D_*^{-0.1} = 0.031695697$$

$$U_{*cr}^2 = \theta_r \cdot (S - 1) g \cdot D_{50} = 0.00037909$$

Data kontur saluran lurus dari titik 4 s/d 14 yang diukur manual di plot ke program computer dengan Program Surver. Hasil seperti tergambar dibawah ini :

$$C = 18 \log \left(\frac{12h}{3D_{90}} \right) = 37.2818$$

$$U_* = \left(\frac{g^{1/2}}{C} \right) U = 0,2280065$$

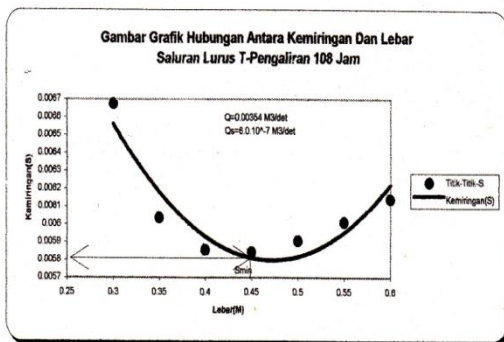


Gambar 2. Kontur dengan Program Surver

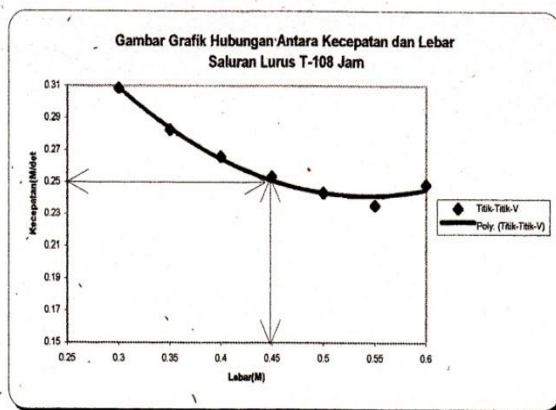
KESIMPULAN DAN SARAN

- 1) Gambar Bentuk stabil Sal.Lurus

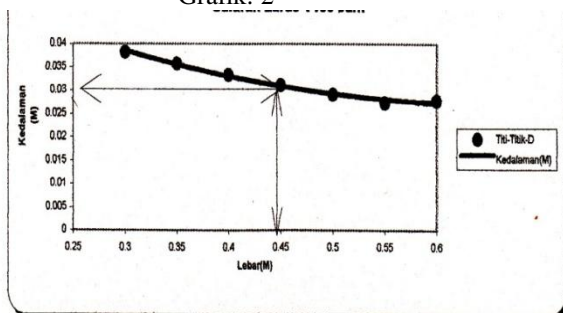
Saluran Lurus Pada T=108 Jam



Grafik: 1.



Grafik: 2



Grafik : 3

Gambar untuk saluran lurus hubungan dengan (H vs lebar (B), S vs lebar (B), V vs lebar (B), dimana H=dalam, S=Kemiringan, B=Lebar. Dari hasil itu dapat diprediksi dimana kesetabilan kemiringan(S), yang paling minimum dengan lebar saluran dapat ditentukan dengan menarik garis pada grafik tersebut.

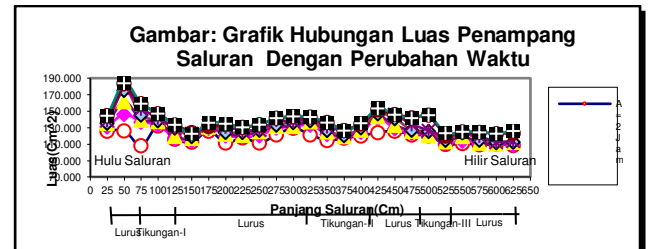
Keterangan gambar Grafik:

1. Saluran Lurus dalam keadaan Stabil

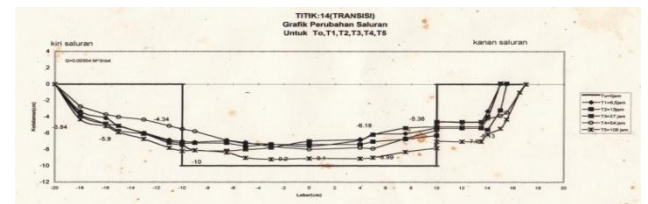
Terlihat hubungan dalam Grafik antara kemiringan gerusan dan lebar saluran. Keadaan stabil dicapai

bila perubahan penampang dan gerusan hampir tak berarti dan debit gerusan(Q_s) seimbang dengan debit

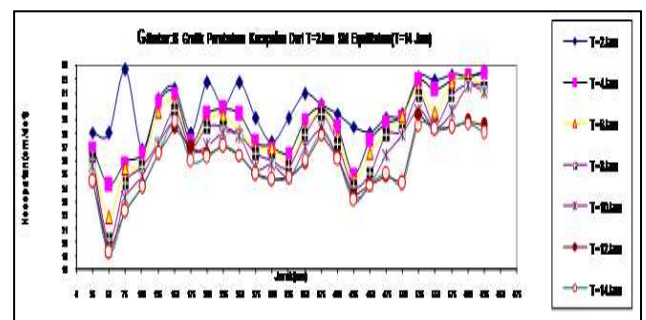
2. Dalam keadaan stabil Saluran Lurus terdapat hubungan dalam Grafik antara kecepatan di saluran dan lebar saluran
3. Dalam keadaan stabil Saluran Lurus terdapat hubungan dalam Grafik antara kedalaman aliran dengan lebar saluran



- 2) Dari hasil gambar Dalam saluran lurus gerusan dasar terbesar terjadi pada bagian hilir saluran .



- 3) Dari hasil gambar pelebaran saluran menunjukkan bahwa gerusan terbesar terjadi pada bagian tepi saluran , disini terdapat daerah aliran lurus yang panjang sebelum masuk tikungan ,dan kemudian tiba-tiba menikung dan terjadi perubahan aliran sekunder yang besar dan meruntuhkan dinding saluran .



- 4) Dari gambar diatas perubahan kecepatan aliran dari awal sampai dengan dicapainya kesetimbangan (Equilibrium) tidak terjadi lagi gerusan dan tidak banyak lagi perubahan kecepatan aliran dan angkutan sedimen yang masuk dan keluar sudah sama .Dari tabel dibawah ini didapat untuk saluran

lurus dengan lebar dan kecepatan sudah stabil

Hasil Perh.Grff	Sal.Lurus	Msk Tikungan	Puncak Tikungna	Ket.
	T=108	T=108	T s/d stabil	
S	0.0058	0.0076	0.0079	
B	0.45	0.51	0.56	
V	0.24	0.26	0.25	

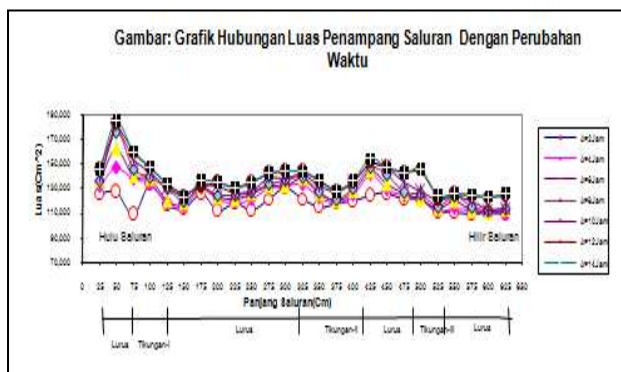
S=Kemiringan

B=Lebar

V=Kecepatan

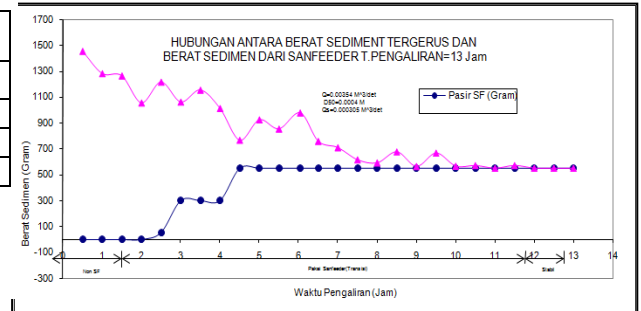
- 5) Hasil akhir pengukuran terlihat bahwa :
 - Kemiringan saluran terbesar : pada puncak tikungan dan terkecil pada saluran lurus .
 - Lebar saluran terbesar terbentuk pada puncak tikungan dan mengecil pada saat memasuki tikungan dan terkecil pada saluran lurus.
 - Kecepatan yang terjadi berkembang dari dari saluran lurus dan mencapai terbesar pada saat memasuki tikungan dan kemudian mengecil kembali pada puncak tikungan.

Hal ini sesuai dengan yang dihasilkan di lapangan dan dapat dilihat pada *gambar perubahan profil saluran*.



- 6) Dari grafik di bawah ini terlihat, bahwa perubahan dimensi saluran terbesar terjadi pada awal pengaliran dan perubahan tersebut mengecil mengikuti perubahan waktu. Perubahan dimensi tersebut ditandai dengan penggerusan dasar dan tebing saluran, Pada saat mulai stabil, dimana terdapat keseimbangan antara pasir yang keluar dari

Sandfeeder (penabur pasir), dengan jumlah sedimen yang tergerus.



- 7) Gambar saluran benar-benar telah stabil digambarkan dengan jumlah sedimen yang masuk dan yang keluar telah terlihat sama dimana grafiknya telah berimpit pada mulai waktu tertentu.

Daftar Pustaka

- Horward H. Chang. "Fluvial Processes in River Engineering" A. Willy Interscience Publication San Diego State University New York (1987).
- Indratmo Soekarno (1991), "Mathematical and Experimental Modeling of Flow and Transverse Bed Slope in 180° Channel Bends", PhD thesis, Strathclyde University, UK.
- Indratmo, "Bahan Kuliah Morphologi dan Hidrolika Sungai". Program Pasca Sarjana ITB Jurusan Teknik Sumber Air, Bandung, Semester Ganjil, (1995).
- Ikeda, S., Yamasaka, M. And Chiyoda, M. (1987), "Flow and Bed Topographi and Sorting in Bends" , Jour. Hydr. Engrg, Vol 112, No. 7, hal. 562-579.
- Odgaard. A. Jacob, M. ASCE. "Bed Topography in Shallow River Bends". PhD Thesis, Communications on Hydraulic and Geotechnical Engineering.
- Rezovskii, I.L. (1963), "Flow of Water in Bends of Open Channels" Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.
- Simon D.B., & Senturk F., "Sediment Transport Technology" Water Resources Publication Fort Colline, Colorado 80552, USA 1977.