ISBN : 978-979-98805-1-2

Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) HATHI ke-XXV
Palembang, Sumatera Selatan,
21-23 Agustus 2008

PROSIDING

TEMA :
STRATEGI PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR TERPADU DALAM MENYIKAPI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL.

PUSDATARAWA
palembang-indonesia

visitmusi2008
palembang-indonesia

KUMPULAN MAKALAH SEMINAR

PENGARUH LAMA ALIRAN TERHADAP PERUBAHAN BENTUK SALURAN

Dr. Ir. Anis Saggaff, MSCE[3],
Ir. Sarino, MSCE[4],
Ir. Rozaidin Noor, MT[5],
[1] Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Sriwijaya University, Palembang-Indonesia.
E-mail: Anissaggaf@Yahoo.com
Researcher, Steel Technology Centre (STC), Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 UTM Skudai, Johor.
[1] Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Sriwijaya University, Palembang-Indonesia.
E-mail:
[1] Master's Student at Civil Engineering Department, Graduate Program, Faculty of Engineering, Sriwijaya University, Palembang.

ABSTRACT

Morphology deformation often occurs at meandering river. The deformation includes depth and width of channel. The changes of channel formation are affected by water flow and geometry of the channel. This research studies the morphologic changes through laboratory hydraulic modeling test. The objectives of the research are; (1) to find out the effect of flow duration on channel depth and width changes, (2) to find out the stability of the channel when equilibrium is reached, and (3) to get topographic of channel bed. The result shows that effect of flow duration on channel depth changes is presented by polynomial equation which varies for each cross section and channel curvature. Based on the ratio of channel width at time t over initial one and the ratio of channel width over channel depth, it shows that the stability of the channel is not reached yet.

I. PENDAHULUAN

Pada daerah dataran dimana saluran terbuka yang menikung dengan dasar bergerak, jika diberi aliran dengan debit tertentu akan mengakibatkan perubahan bentuk saluran karena "Penggerusan pada dasar dan tepi saluran". Penggerusan terbesar terdapat pada bagian tepi luar tikungan dan penimbunan pada bagian dalam tikungan. Perubahan bentuk saluran tadi terus berkembang sesuai dengan perubahan waktu sampai dicapai keadaan kesetimbangan, dimana pada saat kesetimbangan ini saluran kelihatan sudah mulai stabil.

Perubahan morfologinya mempengaruhi karakteristik aliran sungai, terutama pada daerah sungai yang bermeander (berbelok), perubahan tersebut berhubungan erat dengan transportasi sedimen yang terjadi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji fenomena perubahan saluran yang meliputi perubahan dasar dan tepi saluran untuk mencapai keadaan stabil (*Equilibrium*) sesuai dengan perubahan waktu.

Sehubungan dengan masalah tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan suatu kajian laboratorium terhadap perubahan-perubahan yang mungkin terjadi pada dasar saluran pada tikungan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi suatu masukan yang dapat membantu mempredikasi berapa lama terjadinya keseimbangan pada dasar sungai serta pendangkalan yang mungkin terjadi pada bagian-bagian tertentu sungai. Penelitian dilakukan dengan evaluai awal dasar sungai yang bervariasi.

II. Perumusan Masalah

Proses transportasi sedimen sangat berpengaruh terhadap perubahan bentuk saluran. Aliran sungai di tikungan selalu menghancurkan tepi bagian luar dari belokan-belokan sungai tersebut, sedangkan bagian dalam terjadi pengendapan, besar kecilnya pengikisan dan pengendapan tersebut tergantung dari debit sungai dan morfologi daerah aliran serta lamanya perubahan waktu sampai dicapainya keadaan stabil. Kondisi kesetabilan ini dicapai dimana terdapat keseimbangan antara sedimen yang terangkut dengan sedimen yang masuk dan perubahan bentuk penampang hampir tidak ada.

Bagian sungai yang banyak mengalami perubahan adalah pada tikungan saluran. Perubahan tersebut berupa gerusan yang terjadi pada tikungan luar dan sedimentasi pada tikungan dalam. Gerusan dan sedimentasi tersebut dapat menimbulkan erosi tebing dan penyempitan saluran. Tetapi bila kita dapat mempredikasi kapan gerusan dan sedimentasi terjadi maka permasalahan dapat diatasi. Untuk itu maka diadakan kajian laboratorium untuk mengkaji sejauh mana pengaruh lama aliran terhadap perubahan bentuk saluran.

III. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian meliputi; kajian perubahan, pembuatan model hidrolika, pengamatan di laboratorium dan analisis. Dalam penelitian ini hanya dibatasi pada perubahan dasar saluran akibat debit yang terjadi, material dasar sungai merupakan pasir yang homogen, dalam kajian ini hanya dibatasi oleh lamanya aliran dalam kondisi air yang mengangkut sedimen.

IV. Landasan Teori

Sebagian besar air hujan yang turun ke permukaan tanah mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah dan setelah mengalami bermacam-macam perlawanan akibat gaya berat, akhirya melimpah ke danau atau ke laut. Suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air berasal dari hujan disebut alur sungai. Bagian yang senantiasa tersentuh aliran ini disebut alur sungai.

1.Defenisi Sungai

Sungai didefinisikan sebagai aliran terbuka dengan ukuran geometrik (tampak lintang, profil memanjang dan kemiringan lembah) berubah seiring waktu, tergantung pada debit, material dasar dan tebing, serta jumlah dan jenis sedimen yang terangkut oleh air (Lengono, 1992.).

Mulai dari mata airnya di bagian yang paling hulu di daerah pegunungan dalam perjalanannya ke hilir di daerah daratan, aliran sungai secara berangsur-rangsur berpadu dengan banyak sungai lainnya. Sehingga lambat laun tubuh sungai menjadi semakin besar. Kadang sungai yang bermuara disebuah danau atau laut terdiri beberapa cabang. Apabila sungai semacam ini mempunyai lebih dari dua cabang, maka sungai yang paling penting adalah sungai yang daerah pengalirannya panjang sedangkan cabang-cabang lainnya disebut anak sungai *(tributary)*. Biasanya

sebelum aliran berakhir di sebuah danau atau laut, sungai membentuk beberapa buah cabang sungai *(enffluent)*.

2.Geometri Sungai / Saluran

Pembentukan sungai merupakan proses yang rumit, melibatkan banyak variabel. Secara garis besar merupakan gabungan antara aliran air dengan transportasi sedimen. Sungai sendiri merupakan terbuka dengan ukuran geometrik (penampang melintang, profil memanjang dan kemiringan lembah) berubah seiring dengan waktu, tergantung dengan debit, material dasar dan tebing serta jumlah dan jenis sedimen yang diangkut air. Di dalam perancangan geometerik saluran terbuka dikenal adanya variabel bebas *(dependent variabel)*.

Variabel bebas adalah merupakan masukan yang terdiri dari :

1). Debit air
2). Debit Sedimen
3). Diameter partikel kasar

Variabel tak bebas merupakan hasil dari perhitungan, terdiri dari:

1). Lebar
2). Kedalaman
3). Bank slope
4). Channel slope

3.Aliran Saluran Terbuka

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran saluran terbuka *(open flow channel)* maupun aliran pipa *(pipe flow)*. Aliran terbuka memiliki permukaan bebas *(free surface)* yang dipengaruhi oleh tekanan udara.

Aliran saluran terbuka dapat digolongkan menjadi beberapa jenis dan diuraikan dengan berbagai cara. Penggolongan berikut dibuat berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan waktu dan ruang.

1. Aliran Tunak *(steady flow)* yaitu aliran yang mana kedalamannya tidak berubahn atau dapat dianggap konstan selama selang waktu tertentu. Aliran ini terbagi lagi menjadi:
   a. Aliran Seragam
   b. Aliran Berubah

2. AliranTak Tunak *(Unsteady flow)* yaitu aliran yang kedalamannya berubah sesuai dengan waktu. Aliran ini terbagi lagi menjadi:
   a. Aliran Seragam Tak Tunak
   b. Aliran Tak Tunak.

4.Morphology Sungai

Morfologi sungai adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang geometri (bentuk dan ukuran), jenis, sifat dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam matra ruang dan waktu. Dengan demikian menyangkut sifat dinamik sungai dan lingkungannya yang saling terkait. Sungai akan leluasa dalam menyesuaikan ukuran-ukuran dan bentuknya, sebagai reaksi oleh adanya perubahan kondisi hidraulik dari aliran. Dengan demikian maka bagian dasar dan tebing sungai akan dibentuk oleh material yang diangkut oleh aliran sungai berasal dari keruntuhan geologi

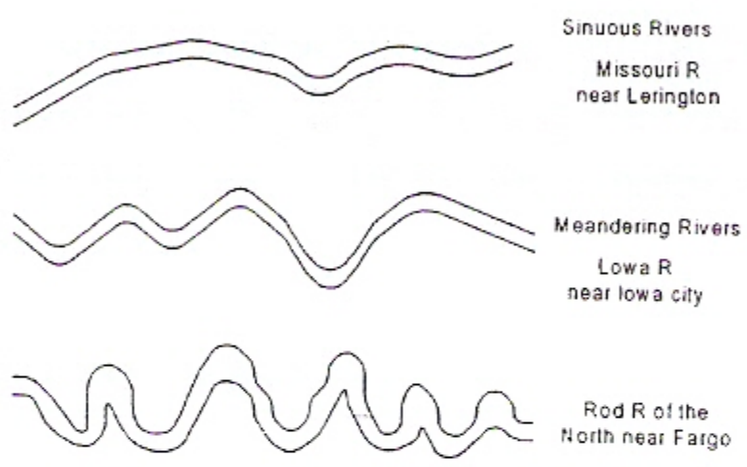
pada periode yang panjang. Ukuran dan bentuk sungai tersebut selanjutnya disebut morfologi sungai (Legono, 1989). Jadi dalam morfologi dan hidrolika sungai ini mengkaji perilaku sungai dan proses pembentukan alur sungai yang merupakan suatu agen yang merubah permukaan bumi (Soekarno Indratmo, 1977). Sifat-sifat sungai sangat dipengaruhi oleh luas dan bentuk daripada daerah pengaliran serta kemiringannya. Parameter sungai yang mempengaruhi terjadi perubahan alur (morfologi) suatu sungai menurut Legono (1989) adalah :

a. Kecepatan aliran (v,u)
b. Kedalaman aliran (h)
c. Kemiringan dasar sungai/slope (I , Sf)
d. Rapat massa air (ρ)
e. Kekentalan air (μ)
f. Diameter median partikel (d_{50})
g. Bentuk dari butiran (SF)
h. Jenis pola alur sungai (Flan form sungai) (Sr)
i. Bentuk penampang sungai (A)
j. Daya rembesan (fs)
k. Kosentrasi aliran (Ct)

5.Pola Alur Sungai

Bentuk sungai adalah tidak tetap, selalu berubah sesuai dengan pengaruh air dan sedimen, topografi daerah aliran sungai, formasi bantuan, iklim river. perubahan bentuk akan lebih mungkin terjadi karena adanya kegiatan pengaturan atau pemanfaatan sungai, misalnya: gerusan atau erosi. Selain perubahan bentuk tampang melintang juga terjadi perubahan bentuk pada arah memanjang. Sehingga geometeri sungai akan memberikan bentuk-bentuk spesifik, misalnya; meander, meander dengan pulau, braided dan sebagainya.

Ada tiga jenis pola alur sungai berdasarkan Leopold dan Walman (1957) dalam Indratmo (1997), yaitu lurus (*straight* atau *sinous*), berkeloh (*meandering*), dan beranyam (*braided*).



Gambar 2.1. Jenis Pola Alur Air

Sungai disebut lurus apabila kelokannya ≤ 1,5. Sedangkan sungai disebut berkelok apabila kelokannya > 1,5, terdiri dari tikungan-tikungan silih berganti arah. Walau ada macam-macam jenis kelokan, nilai perbandingan antara jari-jari tikungan dan lebar saluran cenderung tertentu. Leopold et all. (1964) dalam Indratmo (1997) mendapatkan bahwa 2/3 dari sungai ber-meander, nilai $r_{c/b}$ berkisar antara 1,5 – 4,3 dengan nilai tengah 2,7. Dikatakan bahwa sungai dengan $r_{c/b}$ tertentu tersebut telah melakukan kerja yang minimum dalam memutar.

Total kelengkungan (TS) adalah panjang alur sungai dibagi jarak langsung, dan Valley Simosity (VS) adalah panjang lembah dibagi jarak langsung.
Mueller (1968) mendapatkan :

$$\text{Hydraulic Sinousity} = \frac{(TS - VS)100}{TS - 100} \quad \text{.....} (2.1)$$

$$\text{Tepographic Sinousity} = \frac{(TS - 1)100}{TS - 100} \quad \text{.....} (2.2)$$

Ada tiga jenis utama pola alur sungai menurut *Leopold dan Walman (1957)* dan *Knighton* yaitu: lurus *(Straight atau sinous)*, berkelok *(meandering)* dan beranyam *(braided)*. Contoh pola alur sungai deberikan pada gambar 2.1.

Sungai lurus biasanya juga merupakan penghubung dari meander-meander atau sering disebut crossing, sehingga seolah-olah merupakan bagian transisi dari meander sati ke meander lain. Kedalaman air pada crosing relatif lebih dangkal dibanding kedalaman air pada bagian meander. Sebagaian material hasil erosi pada sisi luar belokan kadang juga terbawa crossing oleh arus melintang, karena pengaruh arus melintang masih terasa pada saat memasuki bagian lurus. Perlu diketahui bahwa sesungguhnya arus melintang dapat terjadi pada sembarang saluran/sungai. Pada waktu yang lama keberadaan aliran yang terus-menerus ini akan menyebabkan sungai lurus ini berubah.

Sungai yang terbentuk meander adalah sungai yang mempunyai belokan yang secara (kurang lebih) teratur membentuk fungsi sinus pada bagaian daratannya. Biasanya terdiri dari beberapa seri belokan yang dihubungkan oleh bagian yang lurus yang disebut crossing. Umumnya meander sungai akan mempunyai kemiringan dasar landai. Dasar sungai pada sisi luar belokan umunya akan lebih dalam karena adanya kecepatan yang lebih besar daripada sisi luar belokan tersebut. Kemudian gaya sentrifugal pada belokan membentuk aliran helicoidal.

Sungai teranyam terdiri dari banyak alur yang saling menjalin (anabranches) yang dipisahkan oleh pulau-pulau. Sungai teranyam cenderung menjadi sangat lebar dan relatif dangkal bila dasarnya berbahan kasar. Tidak adanya ketentuan yang resmi yang memungkinkan bagi geometri sungai teranyam. Sedikit alur lurus panjang yang ada di alam, namun kurang kelengkungan yang memadai untuk disebut sebagai sungai berkelok, karena pada dasarnya sungai teranyam terbentuk dari sebuah proses yang panjang dari sungai lurus dan bermeander yang dialiri terus menerus dan dipengaruhi oleh faktor-faktor yang mempengaruhi morfologi sungai.

V. Analisis Hasil dan Pembahasan

Pengamatan yang dilakukan di laboratorium meliputi; analisa saringan, kalibrasi sand feeder, debit dan perubahan kedalaman serta lebar saluran

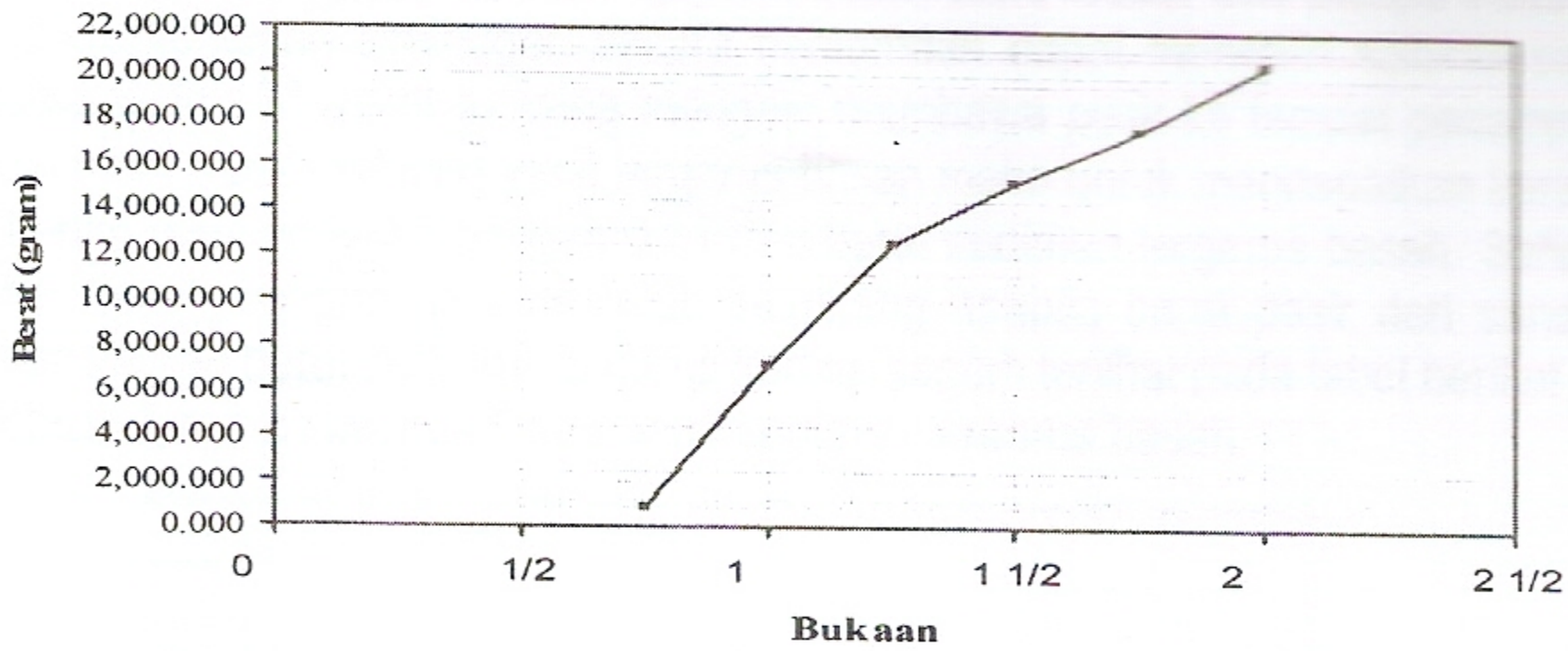
Pengukuran dengan menggunakan alat sand feeder dilakukan dengan putaran yang bervariasi dan dalam selang waktu yang sama selama 5 menit. Adapun hasil pengukuran alat sand feeder dapat dilihat pada tabel 5.1. berikut.

Tabel 5.1. Kalibrasi Sand feeder

No	Putaran	Waktu (menit)	Berat (gram)
1	¾	5	860,867
2	1	5	7.166,915
3	¼	5	12.481,645

4	1½	5	15.232
5	1¾	5	17.531,122
6	2	5	20.491,045

Sumber: Hasil pengamatan dan pengolahan data Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan T. Sipil, FT Unsri, 2004.



Gambar 5.1. Hubungan antara putaran dan berat tampungan pasir pada sand feeder selama 5 menit.

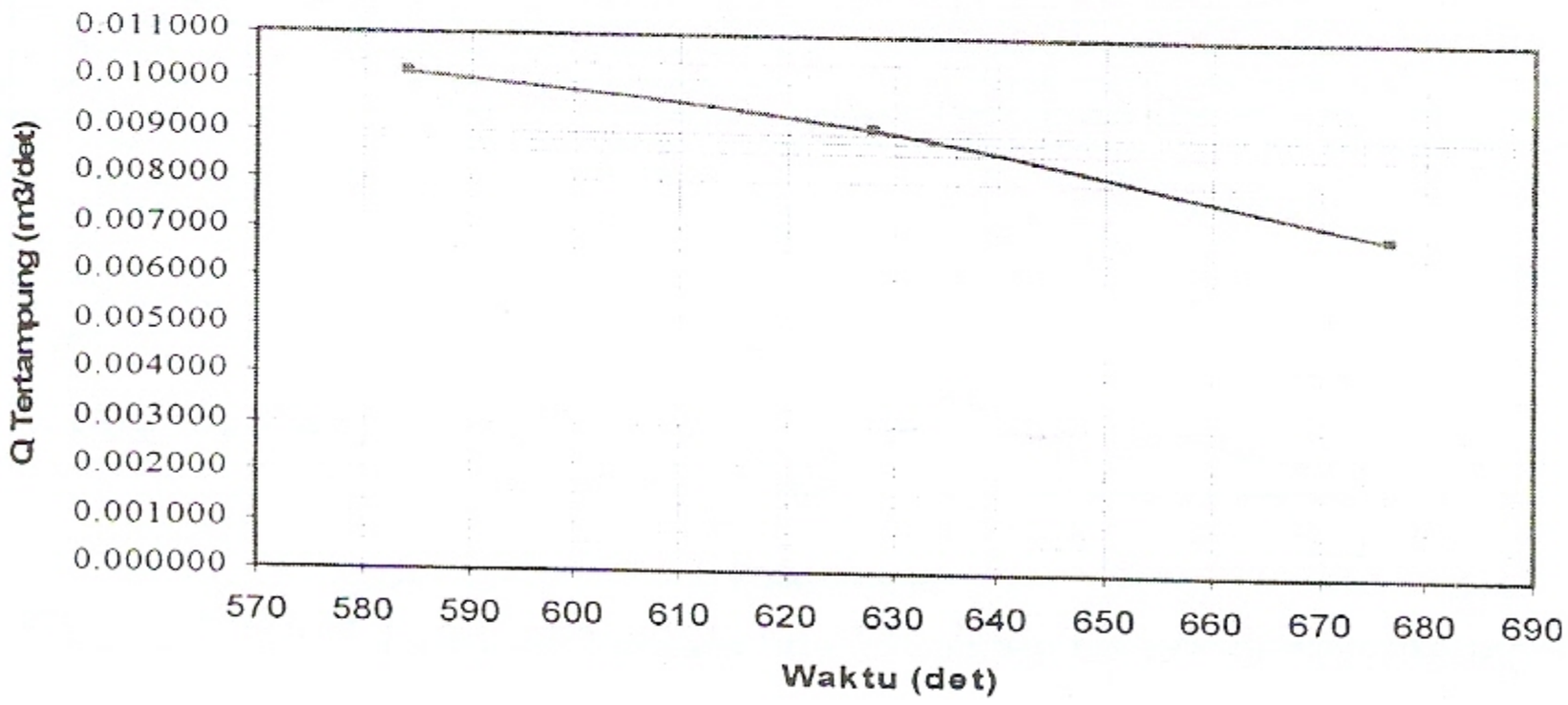
Dari grafik tersebut menunjukan hubungan antara banyaknya pasir yang keluar dengan putaran pada sand feeder, dimana absis x adalah bukaan pada sand feeder dan ordinat y adalah banyaknya pasir yang keluar dari sand feeder (gram) selama 5 menit. Dari gambar dapat dilihat semakin besar bukaan semakin banyak jumlah pasir yang keluar dari sand feeder. Pada penelitian ini digunakan bukaan 1 (satu).

Pegukuran debit air dilakukan dimaksudkan untuk mengetahui besarnya debit pada setiap putaran. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dengan waktu yang berbada. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 5.2 dan hasil pengukuran secara grafis

Tabel. 5.2. Hasil Pengukuran Debit Pompa

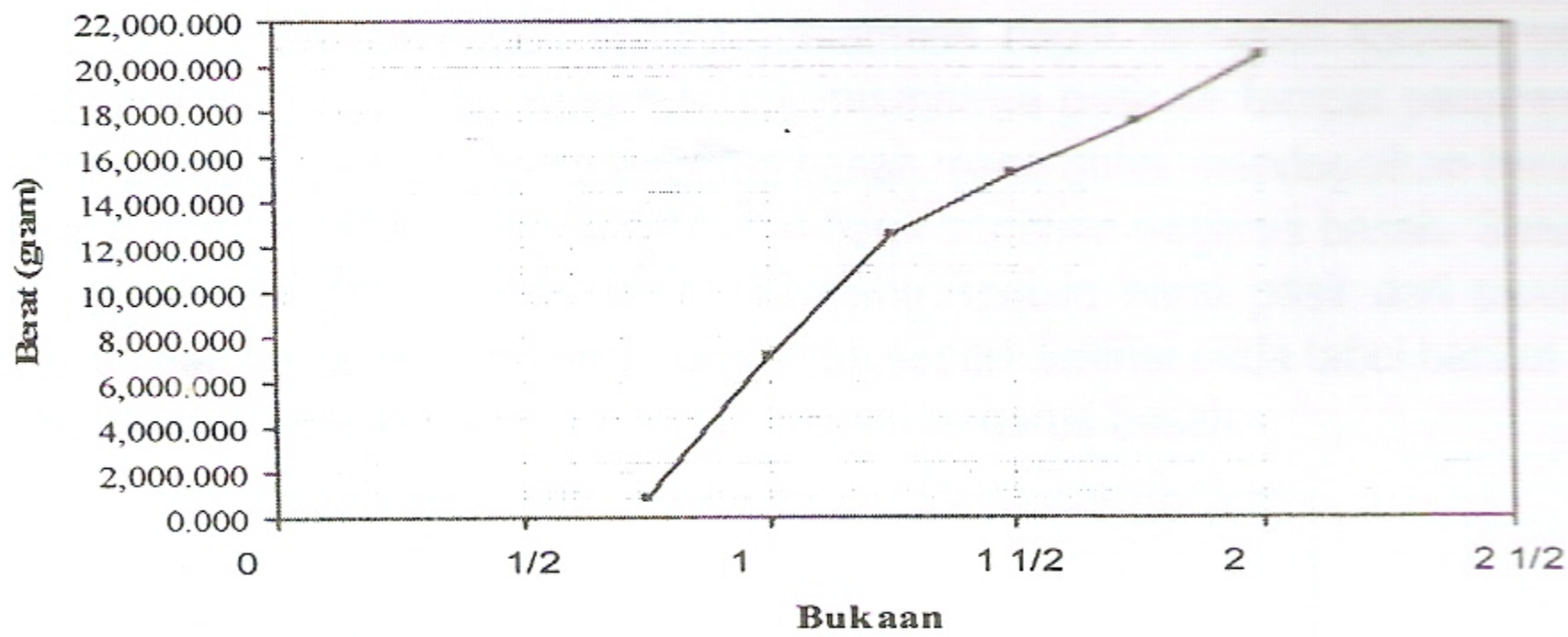
Bukaan	Air yang Tertampung (liter)	Waktu (detik)	Q Tertampung	CD	Q Akhir (liter/detik)
1	4,7	676,7	0,006945	9,097E-07	0,0069
2	6,43	628,2	0,009106	1,193E-00	0,009106
3	5,32	584,2	0,0102	1,336E-06	0,0102

Sumber: Hasil pengamatan dan pengolahan data Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan T. Sipil, FT Unsri, 2004.



4	1½	5	15.232
5	1¾	5	17.531,122
6	2	5	20.491,045

Sumber: Hasil pengamatan dan pengolahan data Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan T. Sipil, FT Unsri, 2004.



Gambar 5.1. Hubungan antara putaran dan berat tampungan pasir pada sand feeder selama 5 menit.

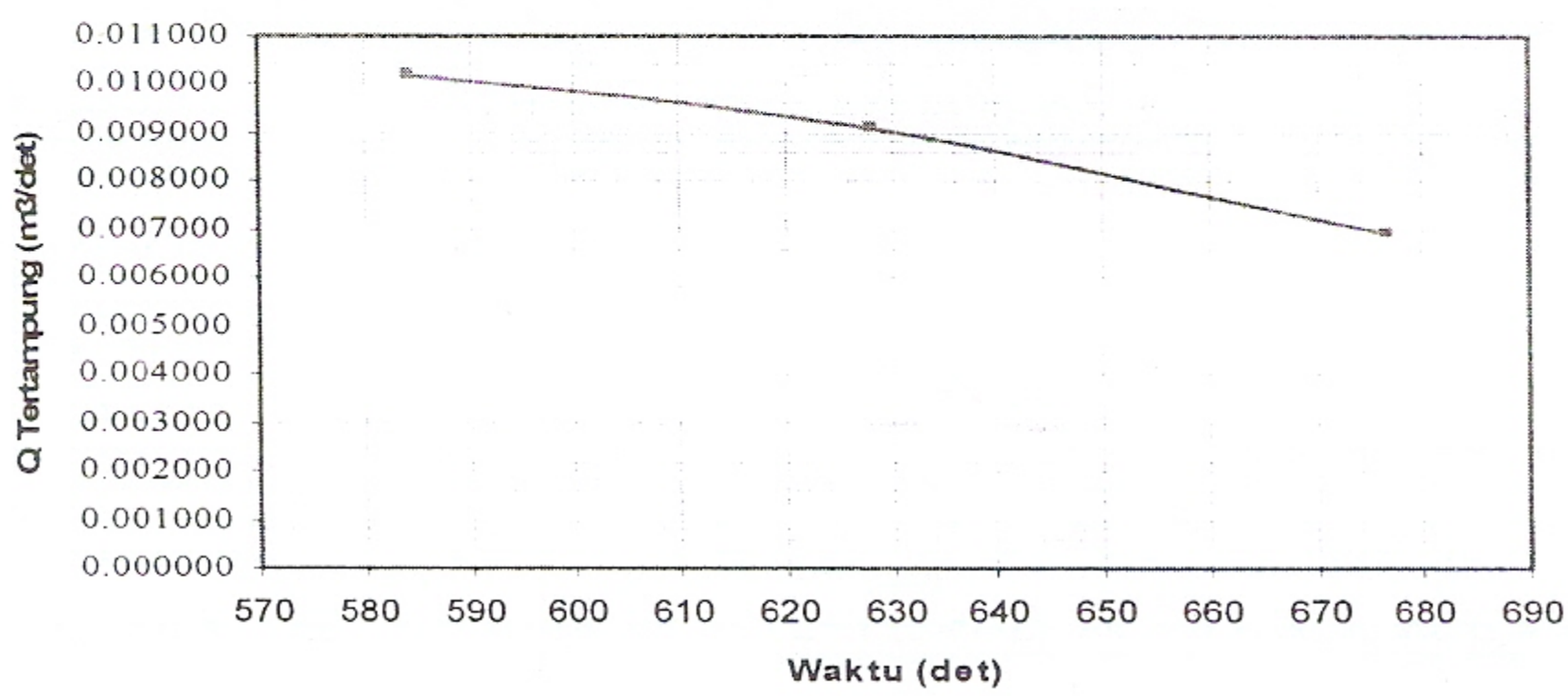
Dari grafik tersebut menunjukan hubungan antara banyaknya pasir yang keluar dengan putaran pada sand feeder, dimana absis x adalah bukaan pada sand feeder dan ordinat y adalah banyaknya pasir yang keluar dari sand feeder (gram) selama 5 menit. Dari gambar dapat dilihat semakin besar bukaan semakin banyak jumlah pasir yang keluar dari sand feeder. Pada penelitian ini digunakan bukaan 1 (satu).

Pegukuran debit air dilakukan dimaksudkan untuk mengetahui besarnya debit pada setiap putaran. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dengan waktu yang berbada. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 5.2 dan hasil pengukuran secara grafis

Tabel. 5.2. Hasil Pengukuran Debit Pompa

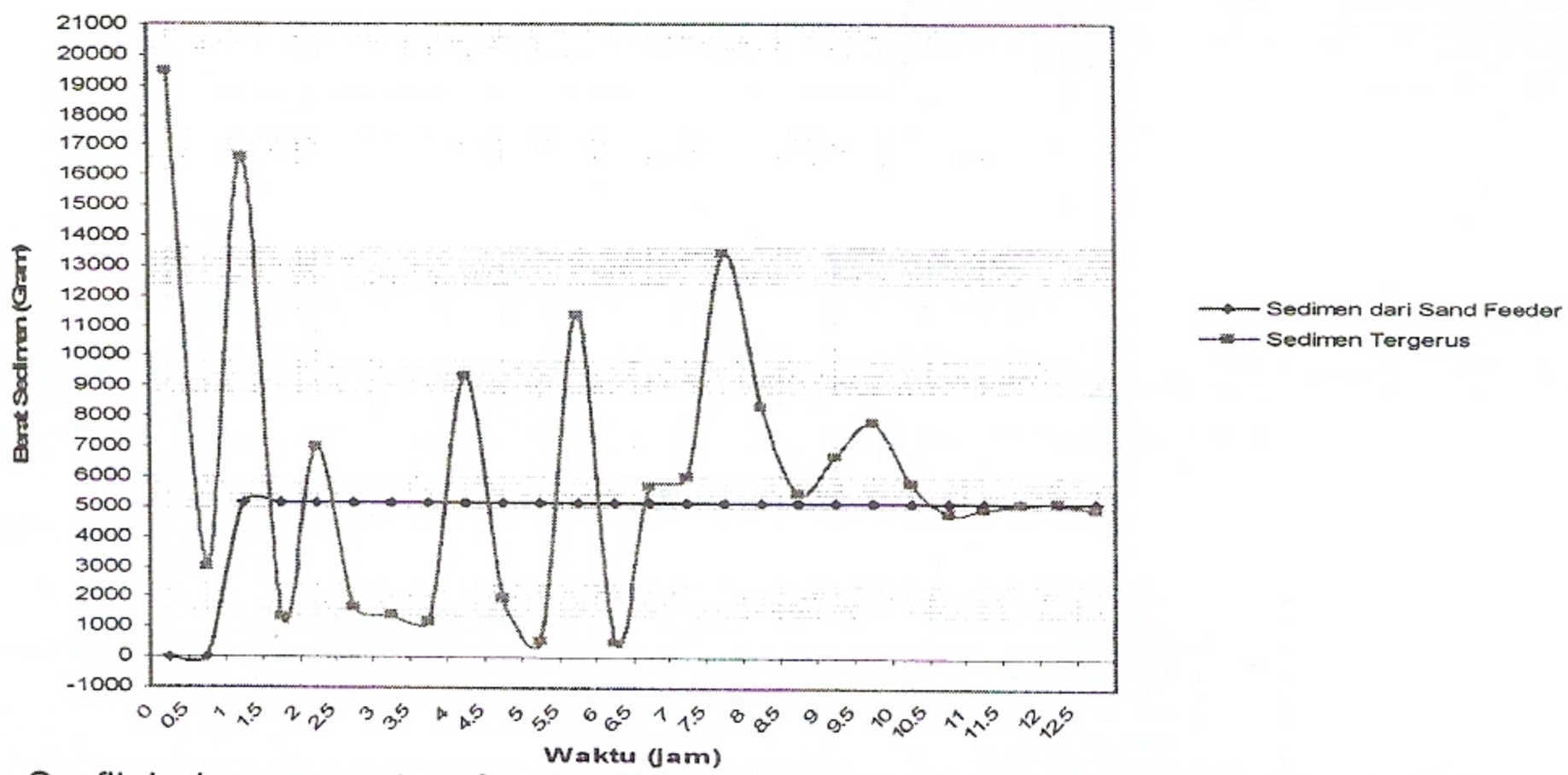
Bukaan	Air yang Tertampung (liter)	Waktu (detik)	Q Tertampung	CD	Q Akhir (liter/detik)
1	4,7	676,7	0,006945	9,097E-07	0,0069
2	6,43	628,2	0,009106	1,193E-00	0,009106
3	5,32	584,2	0,0102	1,336E-06	0,0102

Sumber: Hasil pengamatan dan pengolahan data Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan T. Sipil, FT Unsri, 2004.



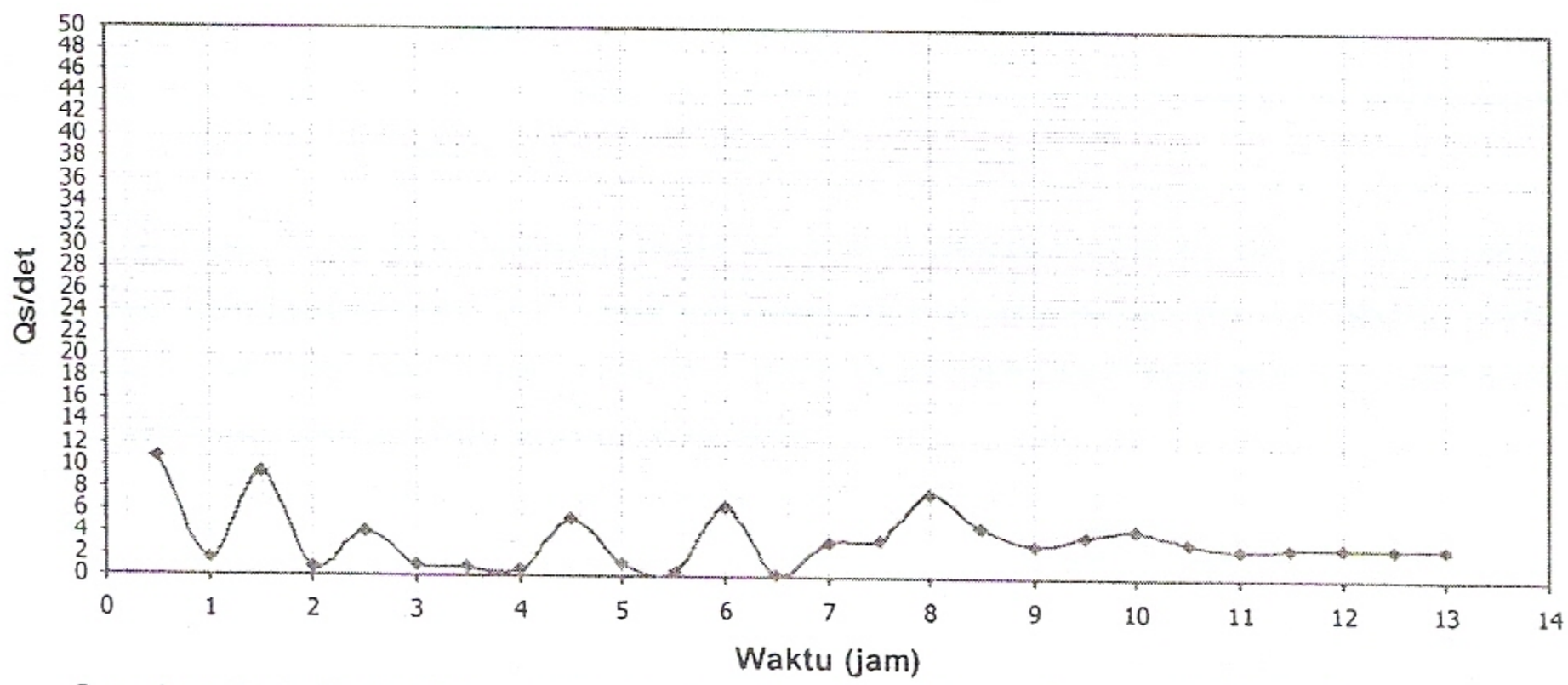
Gambar. 5.2. Grafik hubungan debit terhadap waktu

Keseimbangan gerusan mulai dihitung pada saat pengujian di mulai, berat pasir dari sand feeder diambil pada saat kalibrasi sand feeder (digunakan putaran I) dan menggunakan debit yang konstan pada saat kalibrasi pompa (digunakan debit 1) dan pada bagian hilir diletakan tempat penampungan sedimen. Pada saat pengujian dimulai sand feeder dan pompa diatur sesuai dengan bukaan yang ditentukan sehinggan secara bersamaan dapat mengalir saluran selama waktu 30 menit. Setiap waktu 30 menit air yang mengalir membawa pasir ke tempat penampungan sedimen sehingga didapat berat sedimen yang tergerus basah maka untuk mendapatkan berat sedimen yang tergerus kering dikonversikan dengan 0,81 dari berat sedimen tergerus basah. Sehingga kita dapat mengetahui keseimbangan gerusan telah seimbang apabila berat pasir dari sand feeder hampir sama besarnya dari berat sedimen tergerus kering, seperti terlihat pada tabel berikut ini:
Berat Sedimen tergerus kering= 0,81x berat sedimen tergerus basah



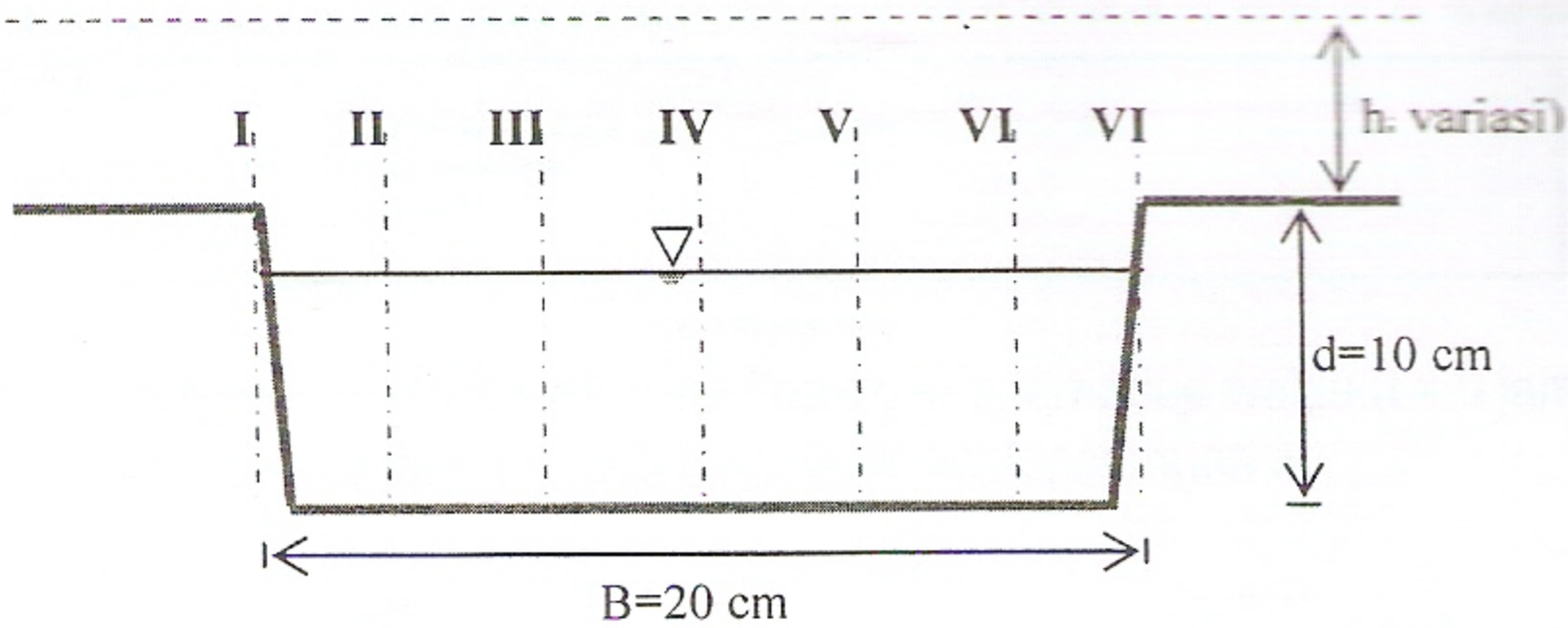
Gambar 5.3. Grafik hubungan antara berat sedimen tergerus kering dan berat sedimen dari Sand Feeder (gram) terhadap waktu (jam)

Gambar 5.3. menunjukan Grafik hubungan antar Berat Sedimen Tergerus Kering dan Berat Sedimen dari Sand Feeder (gram) terhadap waktu (jam), dimana absis x adalah waktu (jam) dan ordinat y adalah berat sedimen (gram). Dari gambar terlihat bahwa berat sedimen tergerus Kering hampir seimbang dengan berat pasir yang dikeluarkan oleh Sand Feeder pada saat akhir pengujian. Keseimbangan terjadi pada saat t = 12,5 jam. Keseimbangan dicapai dengan mengatur keluaran pasir dari sand feeder.



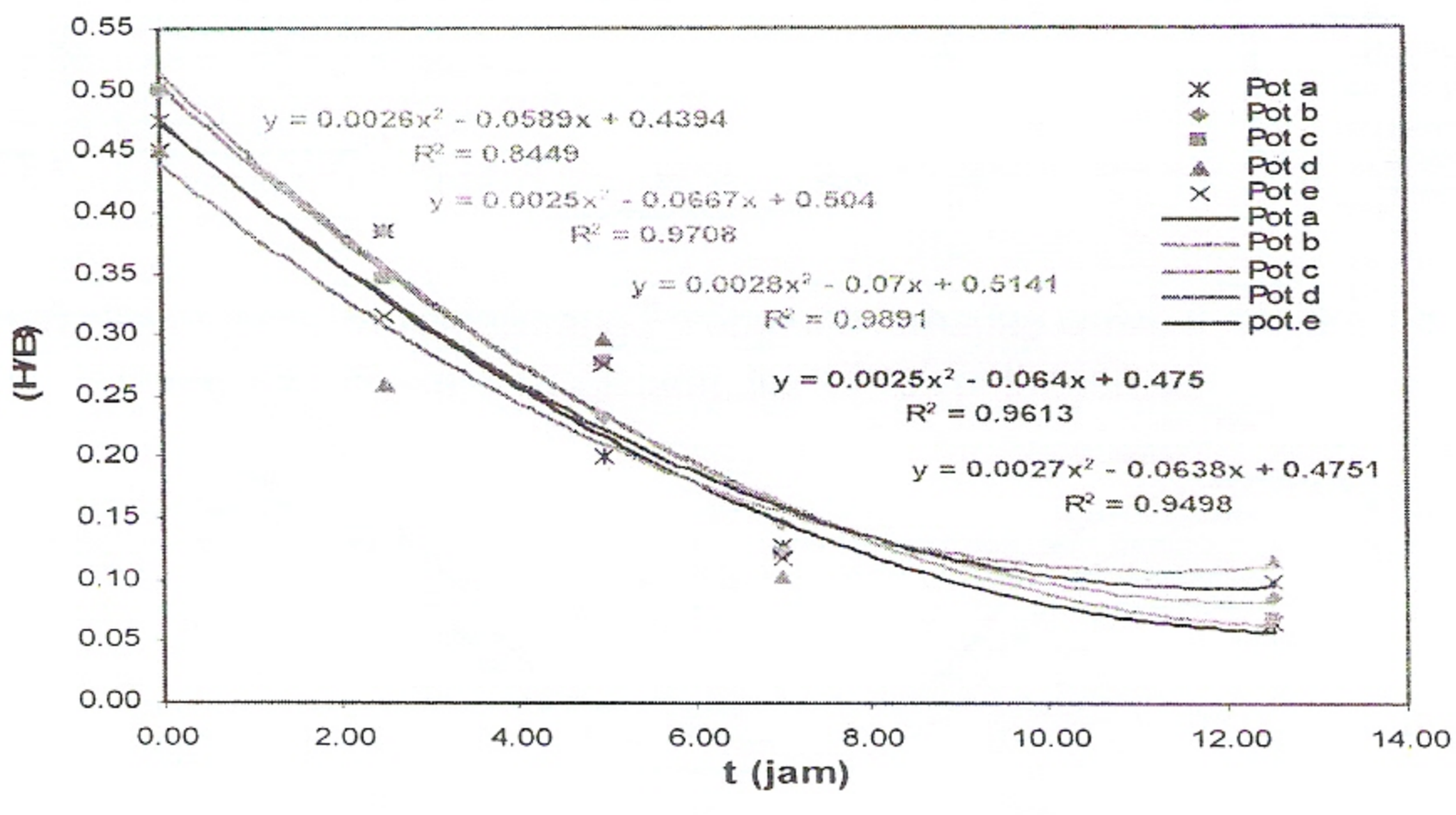
Gambar 5.4. Grafik hubungan antara berat sedimen Qs per detik terhadap waktu (jam)

Dalam penelitian ini dibuat model penampang saluran berbentuk trapesium dengan lebar sebelum dialiri (0 jam) rata-rata 20 cm dan kedalaman bervariasi, penampang dibagi menjadi 7 titik (I – VII). Pada keadaan 0 jam, 2,5 jam, 5 jam, 7,5 jam dan 12,5 jam dilakukan pengukuran kedalaman dan lebar penampang.



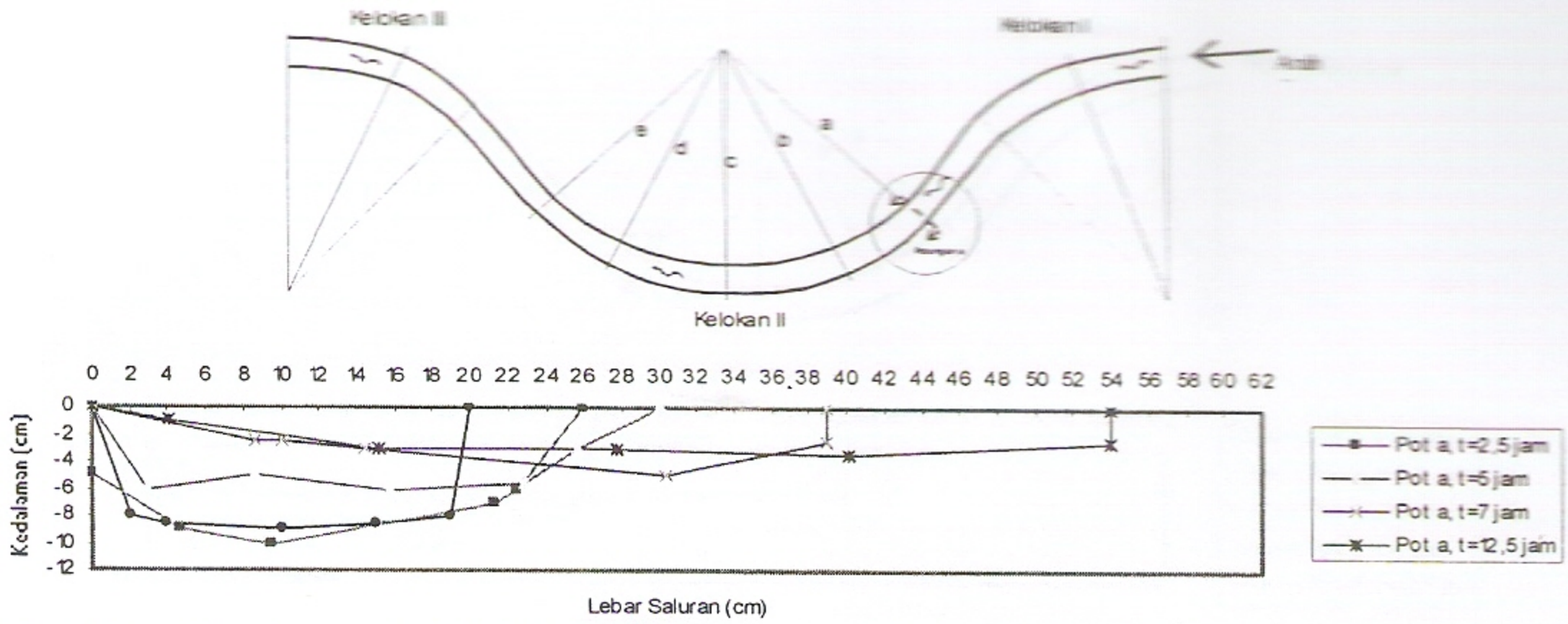
Gambar 5.5. Titik Pengamatan Elevasi pada Profil Melintang Saluran

Hubungan antara Kedalaman Maksimum (H_{maks}) dan Lebar Saluran (B) terhadap Waktu (t = 0 jam, t = 2,5 jam, t = 5 jam, t = 7 jam dan t = 12, 5 jam.) dapat dilihat pada gambar 4.6.

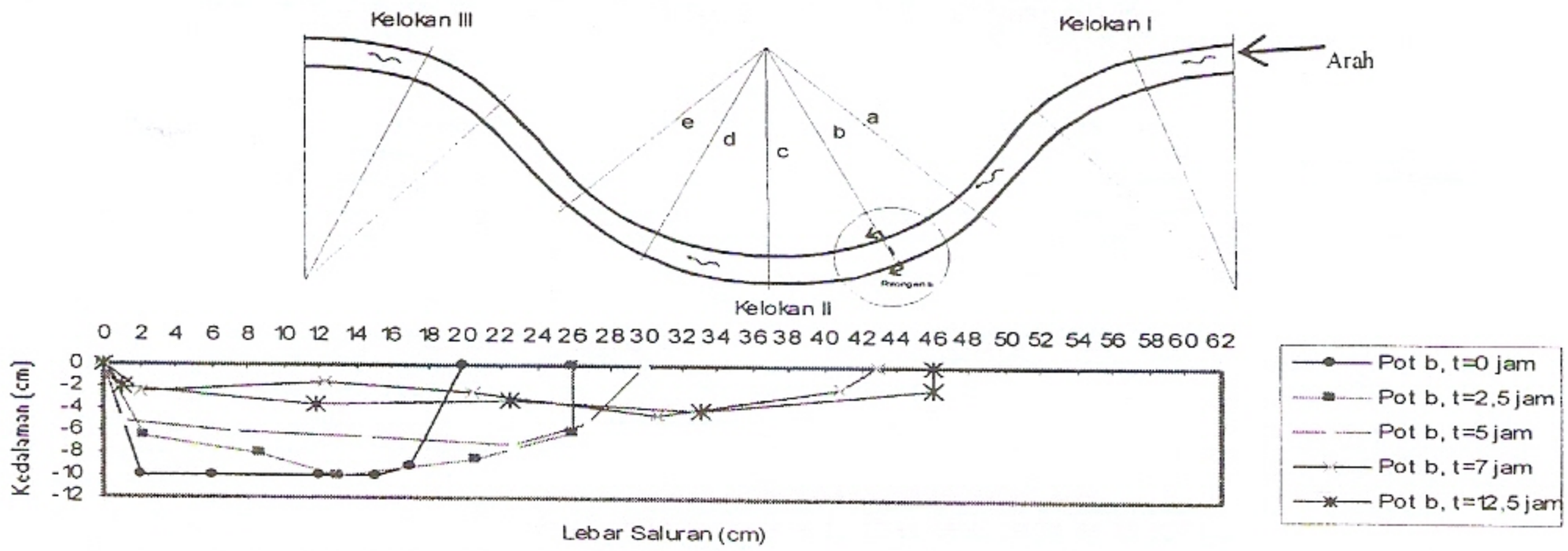


Gambar 5.6. Hubungan antara Kedalaman Maksimum dan Lebar Saluran terhadap Waktu (t = 0 s/d t = 12,5 jam).

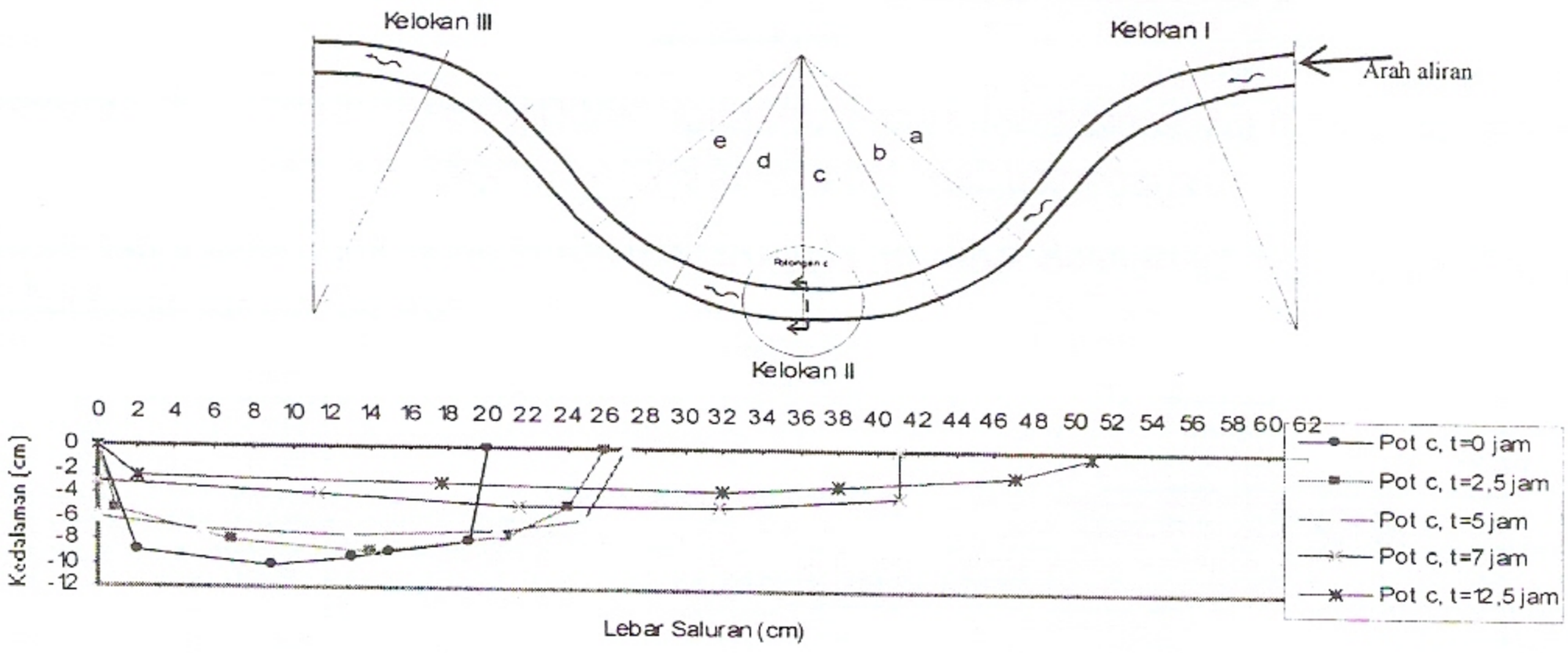
Pengamatan muatan sedimen pada penelitian dkinyatakan dalam perhitungan berat sedimen. Dari pengamatan muatan sedimen yang merupakan hasil dari percobaan pada kantong lumpur yang terdapat pada model hidroulik sungai diperoleh berat sedimen sebesar 4.941, 405 gram per 30 menit jadi berat sedimen 0,00275 kg/detik



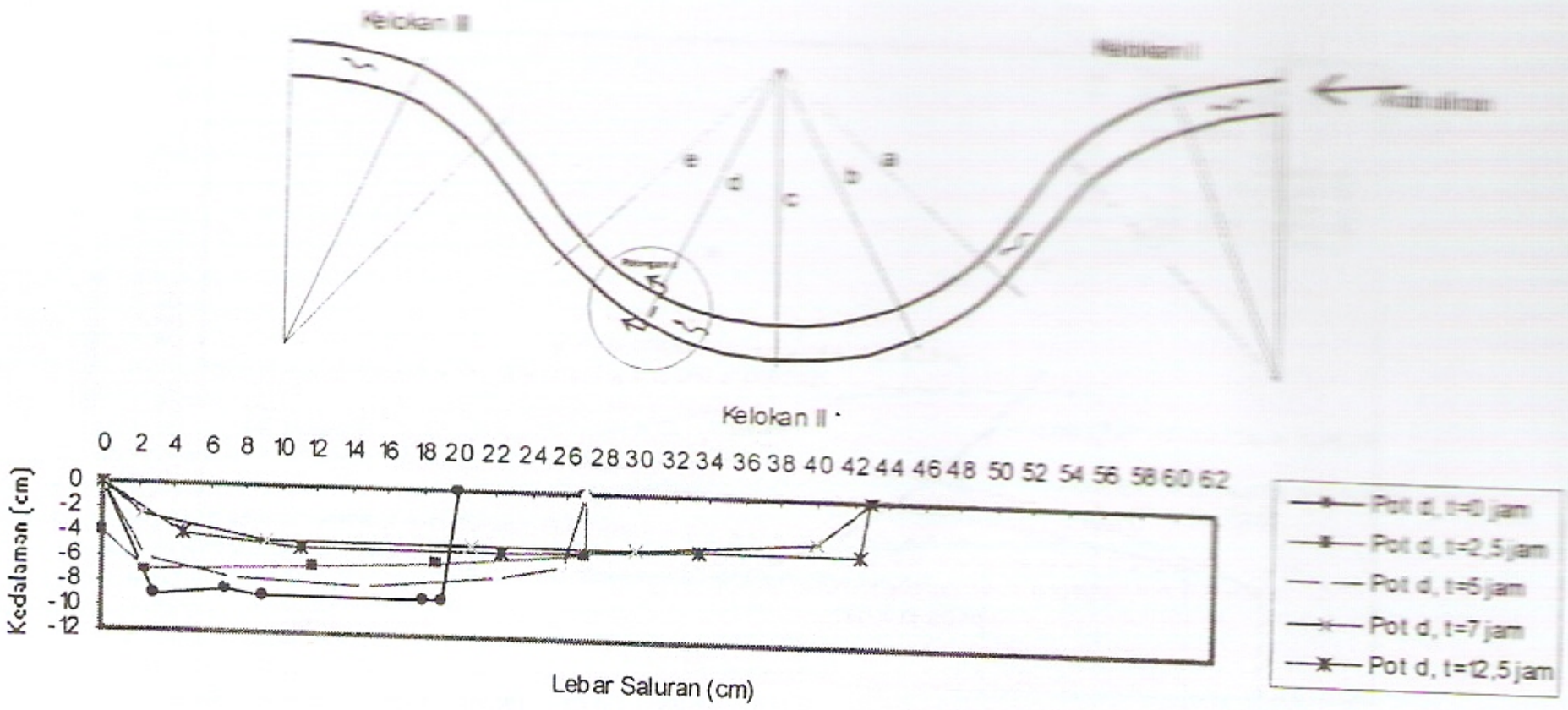
Gambar 5.7. Perubahan Profil Melintang Potongan a terhadap waktu (t = 0 jam, t = 2,5 jam, t = 5 jam, t = 7,5 jam, t = 12,5 jam), Inset letak potongan a.



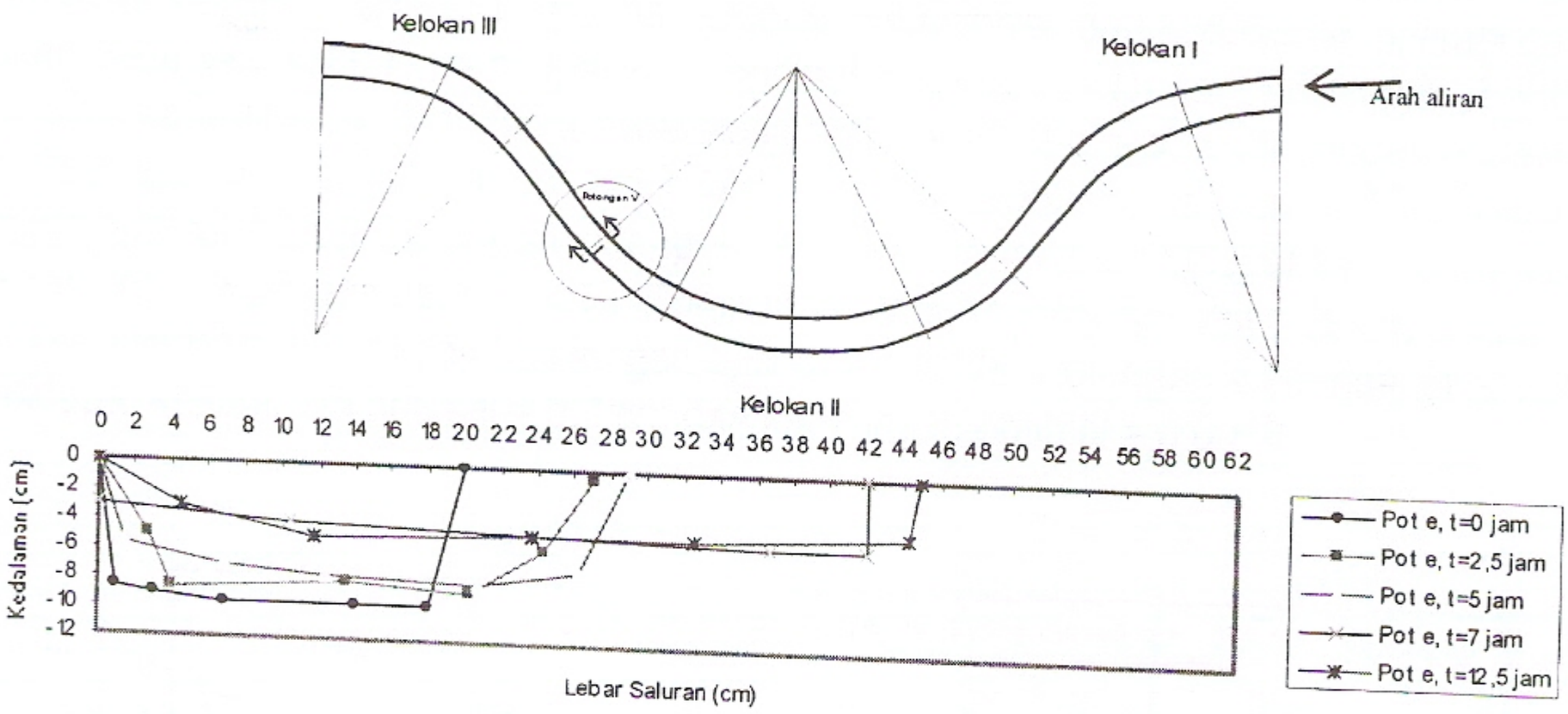
Gambar 5.8. Perubahan Profil Melintang Potongan b terhadap waktu (t = 0 jam, t = 2,5 jam, t = 5 jam, t = 7,5 jam, t = 12,5 jam), Inset letak potongan b.



Gambar 5.9. Perubahan Profil Melintang Potongan c terhadap waktu (t = 0 jam, t = 2,5 jam, t = 5 jam, t = 7,5 jam, t = 12,5 jam), Inset letak potongan c pada.

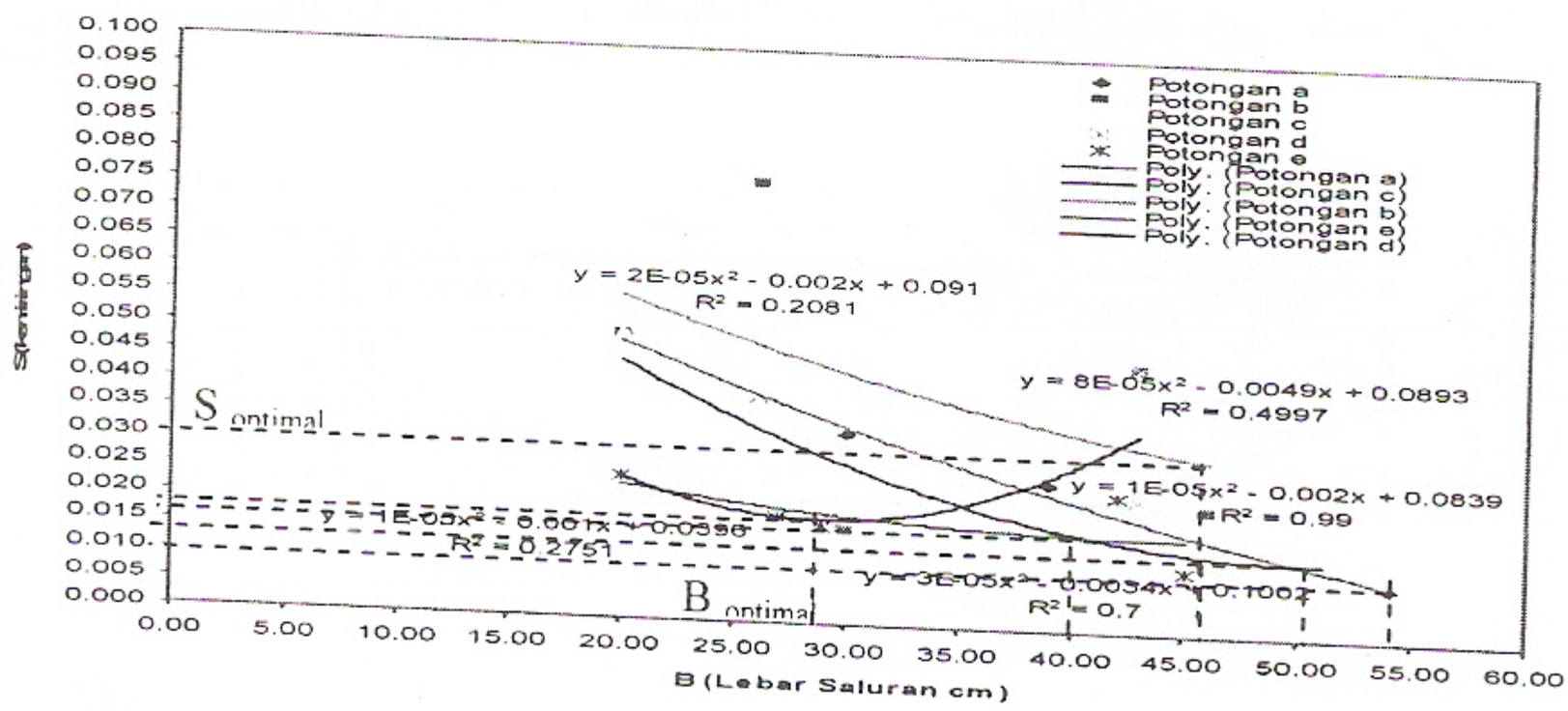


Gambar 5.10. Perubahan Profil Melintang Potongan d terhadap waktu (t = 0 jam, t = 2,5 jam, t = 5 jam, t = 7,5 jam, t = 12,5 jam), Inset letak potongan d.

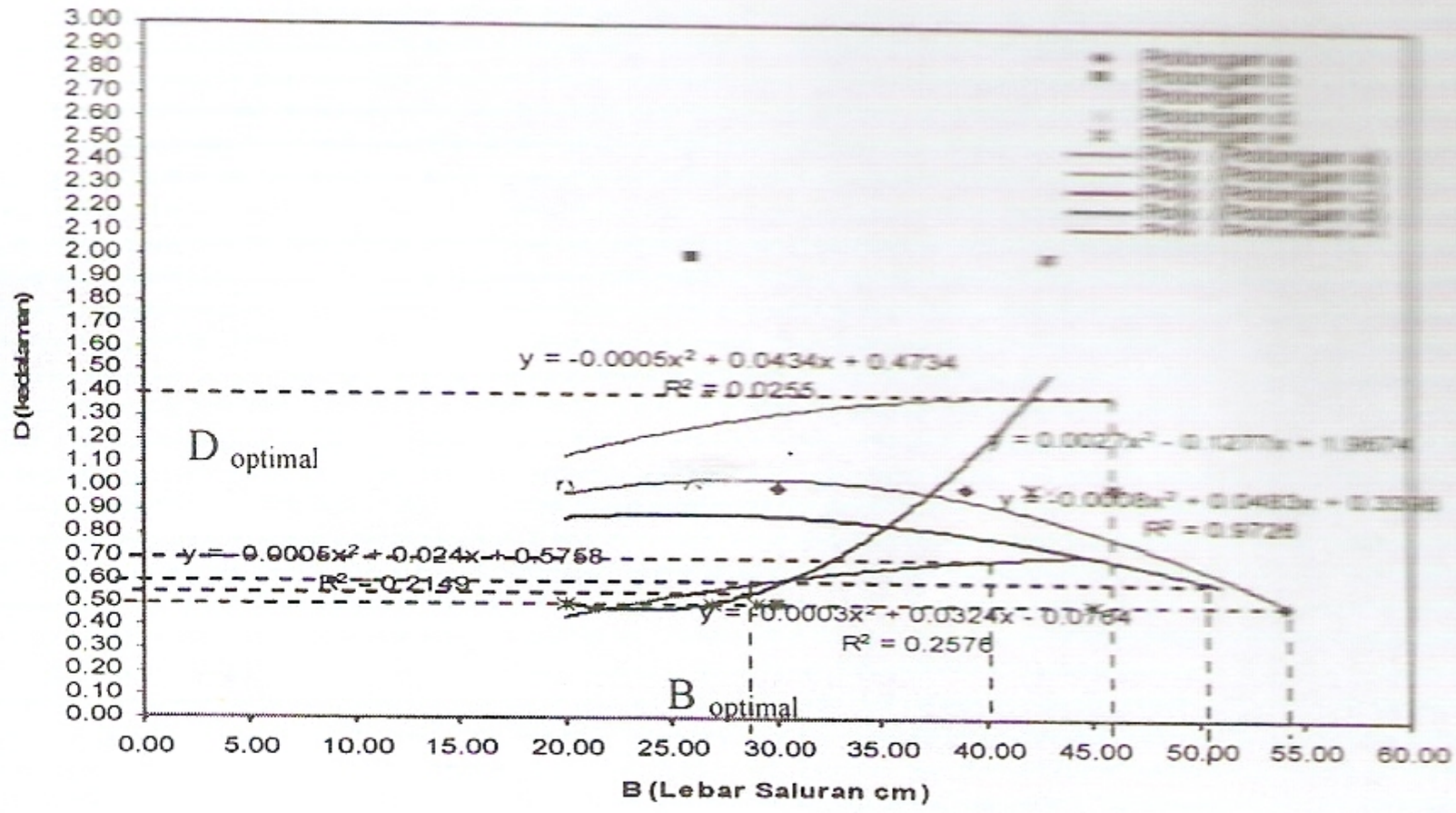


Gambar 5.11. Perubahan Profil Melintang Potongan e terhadap waktu (t = 0 jam, t = 2,5 jam, t = 5 jam, t = 7,5 jam, t = 12,5 jam), Inset letak potongan e.

Hubungan antara Kedalaman Maksimum (H_{maks}) dan Lebar Saluran (B) terhadap Waktu dapat dilihat pada gambar berikut.

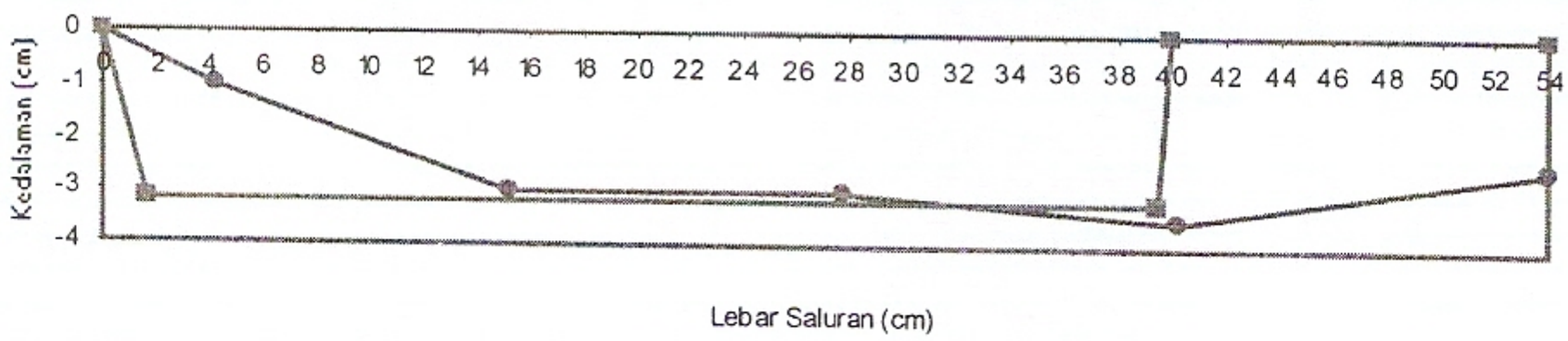


Gambar 5.12. Grafik hubungan Kemiringan S (cm) terhadap Lebar Saluran(cm)

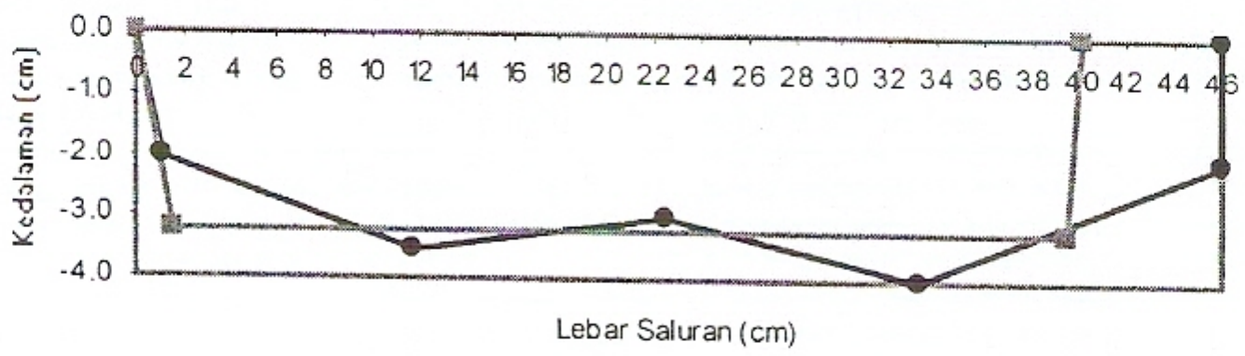


Gambar 5.13. Grafik hubungan kedalaman saluran (cm) terhadap lebar saluran (cm)

Gambar 5.12 dan 5.13 menunjukanGrafik hubungan antara kedalaman dan kemiringan terhadap lebar saluran. Dari kedua gambar tersebut, kemiringan dan kedalaman optimal dapat ditentukan pada saat saluran mencapai lebar optimal pada tiap potongan. Adapun nilai potongan a dengan lebar optimal = 54 cm didapat kedalaman optimal = 0,50 cm dan kemiringan optimal = 0.0085. Potongan b dengan lebar optimal = 47 cm didapat kedalaman optimal = 1,4 cm dan kemiringan optimal = 0.03. Potongan c dengan lebar optimal = 51 cm didapat kedalaman optimal = 0,6 cm dan kemiringan optimal = 0.0012. Potongan d dengan lebar optimal = 28 cm didapat kedalaman optimal = 0,5 cm dan kemiringan optimal = 0.0175. Potongan e dengan lebar optimal = 40 cm didapat kedalaman optimal = 0,7 cm dan kemiringan optimal = 0.0016.



Gambar 5.14. Perubahan penampang saluran (fisik dan teori) keadaan seimbang t = 12,5 jam pada pot a.



Gambar 5.15. Perubahan penampang saluran (fisik dan teori) keadaan seimbang t = 12,5 jam.