

ANALISIS HIDROLIKA BANGUNAN KRIB PERMEABEL PADA SALURAN TANAH (UJI MODEL LABORATORIUM)

Ayu Marlina Humairah

Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang - Prabumulih KM.32 Indralaya, Sumatera Selatan
*Korepondensi Penulis: aiiu_marlina@yahoo.com

Abstrak

Salah satu bangunan pengamanan belokan saluran atau sungai pada umumnya yaitu bangunan krib. Bangunan krib Permeabel berfungsi sebagai pengarah arus air, mengurangi kecepatan dan mengurangi gerusan di dinding saluran. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perubahan dasar saluran, elevasi dasar saluran (morfologi) dan gerusan di hulu krib akibat pemasangan krib permeabel pada belokan saluran tanah. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika Universitas Sriwijaya, penelitian ini merupakan uji model hidrolika, saluran berbentuk trapesium dengan sudut tikungan 90°, terdapat 5 buah krib permeabel pada tikungan dan air tidak bersedimen (clear water). Pengamatan dilakukan dengan debit 63,32 Lt/menit, 3 variasi sudut pemasangan krib permeabel 45°, 90° dan 135° ke arah hulu aliran selama 1 jam, 2,5 jam dan 4 jam setiap variasi sudutnya. Hasil penelitian menunjukkan, kecepatan pada awal tikungan sampai akhir tikungan semakin berkurang dan perubahan yang terjadi hanya pada dasar saluran. Perubahan dasar saluran (Bt/Bo) maksimum untuk sudut pemasangan krib permeabel 45°, 90° dan 135° sebesar 1,376 cm, 1,346 cm dan 1,452 cm. Kedalaman gerusan (ds/y) maksimum untuk sudut pemasangan krib permeabel 45°, 90° dan 135° sebesar 1,05 cm, 0,95 cm dan 1,17 cm. Sehingga sudut pemasangan krib permeabel krib 90° lebih baik karena perubahan dasar salurannya (Bt/Bo) lebih kecil yaitu 1,346 cm (1,346 kali dari saluran awal) dan koefisien determinasi (R^2) hampir mendekati 1 yaitu 0,9384 serta kedalaman gerusannya (ds/y) juga lebih kecil yaitu 0,95 cm dan koefisien determinasi (R^2) hampir mendekati 1 yaitu 0,8317 dibandingkan dengan sudut pemasangan krib permeabel 45° dan 135°.

Kata Kunci : Krib Permeabel, Kecepatan, Lebar Dasar Saluran, Kedalaman Gerusan

Abstract

One of the structures to protect river bank erosion is groyne. Groyne can serve and control water flow, reducing flow velocity and scour of river bank. The purposes of this study is to analyze the changes in the river bed elevation (morphology) and the depth of scour in the upstream groyne caused by the permeable groyne installed at the river meanders. The experiment was conducted at Fluid Mechanics and Hydraulics Laboratory, Sriwijaya University. The study tested the hydraulics models, a trapezoidal channel, meanders angle of 90°, five permeable groynes at meanders, and the water flowing in the channels was clear water. The observations were carried out with a flow rate was 63,32 Lt / min, three variations of permeable groynes angle were 45°, 90° and 135° to the upstream within 1 hour, 2,5 hours and 4 hours for each angle variations. The results of this study showed that the flow velocity of meanders was decreasing to the end of the meanders, and the changes of channel only occurred at the riverbed. Maximum riverbed changes (Bt / Bo) for permeable groyne angle of 45°, 90° and 135° were 1,376 cm, 1,346 cm dan 1,452 cm. The maximum depth of scour (ds/y) for permeable groyne angle of 45°, 90° and 135° were 1,05 cm, 0,95 cm dan 1,17 cm. Thus, permeable groyne with angle of 90 proved to be the best with the smallest riverbed changes (Bt /Bo) was 1,346 cm and the coefficient of determination (R^2) was 0,9384, and also the smallest scour depth (ds/y) was 0,95 cm and the coefficient of determination (R^2) was 0,8317 compared to other groyne permeable angles.

Keywords: Permeable Groyne, Flow Rate, Riverbed Changes, Depth Scours

1. PENDAHULUAN

Sungai merupakan saluran terbuka yang terbentuk secara alamiah di atas permukaan bumi dimana air mengalir dengan muka air bebas. Setiap sungai memiliki karakteristik dan bentuk yang berbeda antara satu dengan yang lainnya, hal ini disebabkan oleh banyak faktor

diantaranya topografi, iklim, maupun segala gejala alam dalam proses pembentukannya. Sungai yang menjadi salah satu sumber air, tidak hanya menampung air tetapi juga mengalirkannya dari bagian hulu ke bagian hilir.

Persoalan sungai yang menarik untuk diamati adalah terjadinya perubahan morfologi sungai. Perubahan ini

terjadi secara alami maupun karena banyaknya perlakuan yang ada di sepanjang sungai, misal adanya bendungan, waduk, jembatan, dan karena kondisi alam yang tidak dapat dihindarkan seperti adanya tikungan sungai. Perubahan yang terjadi pada dasar sungai yang diakibatkan oleh pergerakan sedimen yang terbawa oleh arus sungai dan pengendapan akan terjadi bila material yang akan dipindahkan jauh lebih berat dari pada gaya penyebab pergerakan. Hal ini dapat mempengaruhi kemiringan atau terjadinya erosi pada dinding atau pada tebing atau tanggul yang dapat mengakibatkan terjadinya longsor.

Bangunan pengamanan belokan saluran atau sungai, pada umumnya berupa bangunan krib yang berfungsi sebagai pengarah arus atau berfungsi untuk memperbaiki alinyemen saluran atau sungai. Peningkatan kecepatan aliran pada saat memasuki daerah belokan sungai dan kemampuan krib dalam mengatur, mengubah arah aliran serta memperlambat kecepatan aliran pada daerah yang dipasang krib. Kegagalan konstruksi krib dapat disebabkan oleh adanya arus air yang masih cukup kuat di sekitar krib, sehingga menimbulkan gerusan dasar atau tebing di sekitar krib.

2. DASAR TEORI

2.1 Perilaku Aliran di Tikungan

Gaya sentrifugal pada tikungan akan menyebabkan timbulnya arus melintang sungai yang selanjutnya bersama dengan aliran utama akan membentuk aliran helicoidal. Besarnya kecepatan arus melintang ini berkisar antara 10% - 15% dari kecepatan arah utama aliran (Legono, 1990). Dengan demikian pada sungai yang bermeander, erosi akan terjadi pada sisi luar belokan dan pengendapan terjadi pada sisi dalam belokan. Pada daerah tikungan pengikisan terjadi diawal tikungan dan pengendapan terjadi di akhir tikungan. Dan pengikisan paling banyak di bagian luar tikungan dan pengendapan di bagian dalam tikungan. Pengaruh kemiringan (superelevasi tikungan), memperbesar pengikisan bila superelevasi miring ke arah dalam tikungan dan akan berkurang bila kemiringan sebaliknya. Tetapi pengrusan masih besar akibat aliran yang terputir (turbulensi) di tikungan.

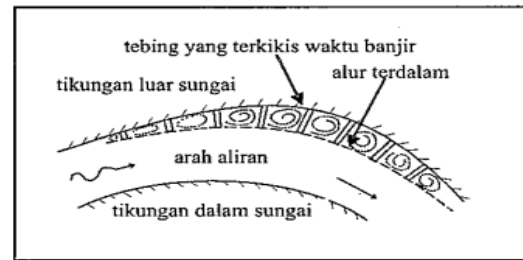
2.2 Proses Erosi Tebing Sungai dan Penanggulangan

Erosi atau pengrusan terjadi akibat adanya turbulensi tambahan yang disebabkan oleh terganggunya aliran baik besar maupun arahnya. Akibatnya terjadi material dasar atau tebing saluran yang hanyut atau bergerak terbawa oleh aliran. Untuk mengatasi erosi pada tebing dapat dilakukan dengan memakai dinding penahan berupa bronjong, krib maupun tiang pancang.

2.3 Bangunan Krib

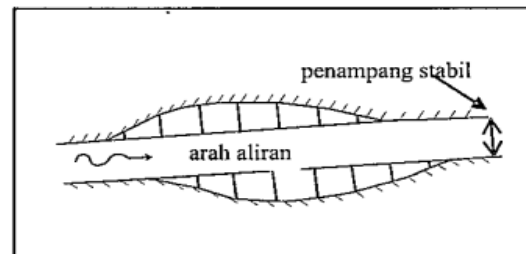
Masalah perbaikan alur sungai yang berubah karena terjadi erosi dan sedimentasi tidak dapat diselesaikan secara teoritis, karena karakteristik alirannya yang sangat kompleks. Pengujian model dan formulasi empirik merupakan alat utama yang digunakan untuk merencanakan alur sungai. Salah satu metode untuk melindungi tebing sungai adalah dengan menggunakan

bangunan krib. Krib adalah bangunan yang dibuat mulai dari tebing sungai ke arah tengah guna mengatur arus sungai (Suryono Sosrodorsono: 2008). Contoh penggunaan krib diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penggunaan Krib

Tujuan utama dalam pemasangan krib adalah sebagai pengatur arah arus sungai, mengurangi kecepatan arus sungai sepanjang tebing sungai, mempercepat sedimentasi dan menjamin keamanan tanggul atau tebing terhadap gerusan dan mempertahankan lebar dan kedalaman air pada alur sungai diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Krib untuk melindungi tebing sungai

Menurut Suryono Sosrodorsono (2008) Pemasangan krib pada sungai mempunyai beberapa klasifikasi yaitu krib *permeable* (krib lolos air), krib *impermeable* (krib tidak lolos air), krib semi permeabel (krib permeabel dan krib padat), dan krib silang dan memanjang.

2.4 Jarak antara Krib

Jarak antara krib ditetapkan secara empiris yang didasarkan pada pengamatan data sungai yang bersangkutan antara lain situasi sungai, lebar sungai, kemiringan sungai, debit banjir, kedalaman air, debit normal, transportasi sedimen dan kondisi sekeliling sungai. Secara empiris (Ernawan: 2007), penentuan jarak antara masing-masing krib adalah:

$$L < \alpha \frac{C^2 h}{2g} \quad (1)$$

di mana:

- L = jarak antar krib, m
- α = parameter empiris ($\approx 0,6$)
- C = koefisien Chezy, $m^{1/2}/dt$
- h = mean (nilai tengah) kedalaman air, m
- g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9,8$)

2.4 Angka Froude

Saluran terbuka dapat dibedakan menjadi aliran sub kritis (mengalir) dan super kritis (meluncur). Penentuan tipe aliran dapat didasarkan pada nilai angka Froude (Fr)

). Aliran adalah sub kritis apabila $Fr < 1$, kritis apabila $Fr = 1$, dan super kritis apabila $Fr > 1$. (Bambang,2008)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}} \quad (2)$$

Dimana :

- Fr = Angka Froude
- Y = kedalaman aliran (m)
- V = Kecepatan (m/s)
- g = gravitasi (m^2/s)

2.5 Gerusan

Proses erosi dan deposisi di sungai pada umumnya terjadi karena perubahan pola aliran, terutama pada sungai. Perubahan tersebut terjadi karena adanya rintangan pada aliran sungai, berupa rintangan bangunan sungai seperti *abutment* jembatan, pilar jembatan, krib sungai, *revetment* dan sebagainya. Bangunan semacam ini dipandang dapat mengubah geometri alur serta pola aliran selanjutnya diikuti dengan terjadinya gerusan lokal di dekat bangunan (Legono: 1990).

2.6 Analisis Regresi dan Korelasi

Analisis regresi dan korelasi bertujuan untuk mempelajari secara kuantitatif hubungan antara berbagai kejadian berupa kumpulan titik-titik yang dapat dihubungkan oleh garis atau kurva yang disebut garis regresi (linier, logaritmik, kuadratik, eksponensial kubik, dll).

3. METODOLOGI

Pemodelan sungai dilaboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika dengan ukuran panjang bak saluran 1200 cm, lebar 300 cm dan tinggi 50 cm, model saluran berbentuk trapesium dengan lebar bawah 10 cm, lebar atas 20 cm dan tinggi 10 cm, model saluran mempunyai 1 tikungan dengan sudut 90° , terdapat 5 buah krib permeabel (krib lolos air) pada tikungan, air tidak bersedimen (*clear water*) dan saluran tidak bercabang. Pengamatan dilakukan sebanyak 9 kali simulasi berdasarkan variasi sudut pemasangan krib permeabel 45° , 90° dan 135° selama 1 jam, 2,5 jam dan 4 jam. Data yang diamati yaitu data kecepatan aliran di hulu krib, kedalaman aliran, perubahan elevasi dasar saluran di hulu krib, lebar dasar saluran dan debit ukur. Dari data yang didapat akan dianalisis pengaruh sudut pemasangan krib permeabel terhadap perubahan dasar saluran (Bt/Bo) dan kedalaman gerusan di hulu krib (ds/y).

4. PROSEDUR

4.1 Persiapan Penelitian

Agar penelitian ini dapat berlangsung, maka persiapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Pembersihan Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika serta mempersiapkan alat dan bahan yang akan diperlukan selama percobaan berlangsung.
- b. Melakukan analisa saringan dan berat jenis tanah.
- c. Mengisi tanah ke dalam model hidrolik.

d. Melakukan perataan tanah pada bak saluran.

e. Membuat alur sungai dengan menggunakan alat pembentuk sungai dengan sketsa yang telah direncanakan yaitu mempunyai satu tikungan dengan sudut meander 90° .

f. Membuat kemiringan saluran agar air bisa mengalir pada saluran yang telah direncanakan yaitu pada daerah hulu lebih tinggi 5 cm dari daerah hilir.

g. Pemasangan 5 krib permeabel pada tikungan saluran dengan variasi sudut pemasnagan 45° , 90° dan 135° ke arah hulu aliran. Layout model hidrolik saluran seperti gambar 3.

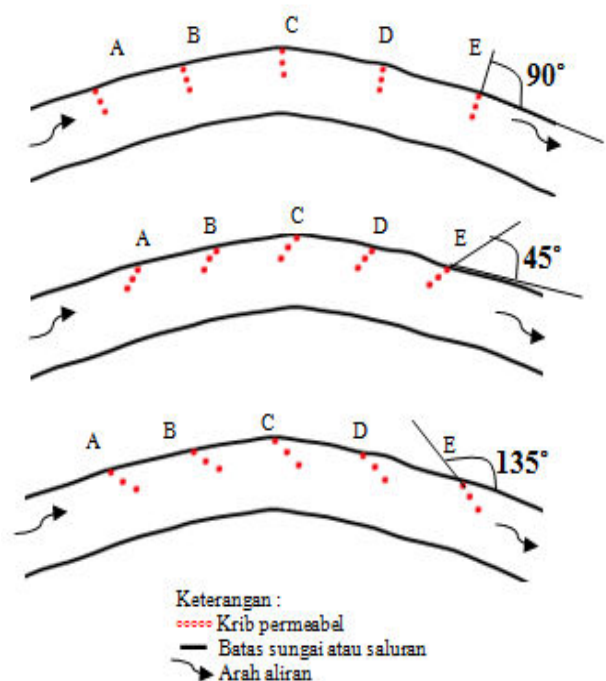


Gambar 3. Layout Model Hidrolik Saluran

4.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Pemasangan 5 krib permeabel pada tikungan saluran dengan variasi sudut pemasnagan 45° , 90° dan 135° ke arah hulu aliran
- b. Jarak antar krib permeabel 40 cm
- c. Alirkan air dengan menghidupkan pompa dari sumber dengan debit tertentu. Setelah aliran melewati pintu *thompson* dengan ketinggian yang sama sebesar 5,5 cm, maka pengamatan dapat dimulai. Penyusunan krib seperti gambar 4



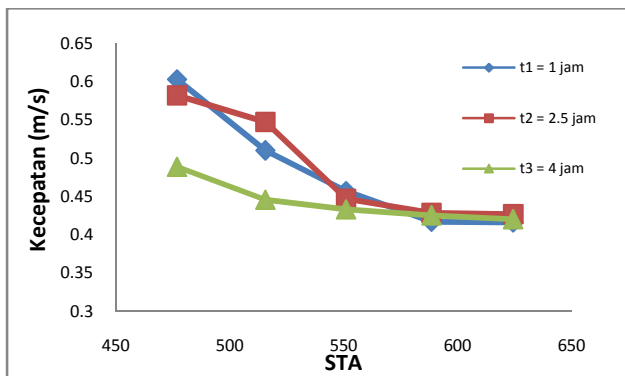
Gambar 4. Penyusunan Krib Permeabel

- d. sedimentasi di hilir aliran per 30 menit
- e. Pengamatan diambil 3 kali dalam 1 variasi sudut yang ditentukan berdasarkan sedimentasi yang terangkut
- f. Catat kecepatan aliran dengan menggunakan mini *current meter* di hulu krib.
- g. Amati ketinggian air (h).
- h. Catat elevasi tinggi dasar saluran.
- i. Catat lebar saluran diukur menggunakan mistar.
- j. Catat kedalaman gerusan di hulu krib.
- k. Catat Koordinat x dan y dengan menggunakan grid.
- l. Ulangi prosedur no.d – no.k untuk setiap variasi sudut pemasangan krib permeabel yang direncanakan.

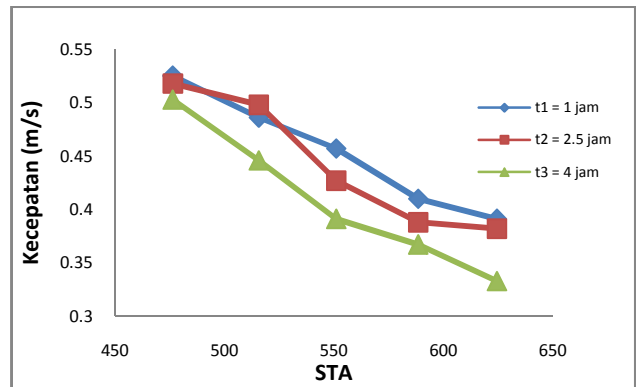
5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan selama 4 jam dan divariasikan dengan sudut 45°, 90° dan 135° ke arah hulu aliran selama waktu 1 jam, 2.5 jam dan 4 jam. Penentuan variasi waktu berdasarkan perubahan sedimentasi yang terangkut di hilir aliran. Besarnya debit ukur aliran yang terjadi dihitung dengan menggunakan persamaan hubungan volume air dengan waktu aliran kemudian didapatkan nilai koefisien debit rata-rata. Dari data koefisien debit rata-rata (cd) sebesar 0,63 dan ketinggian air pada pintu thompson 5,5 cm sehingga didapatkan debit aliran sebesar 63.32 Lt/menit. Untuk setiap variasi sudut mempunyai debit aliran yang sama karena ketinggian air pada pintu air *Thompson* sama yaitu sebesar 5.5 cm.

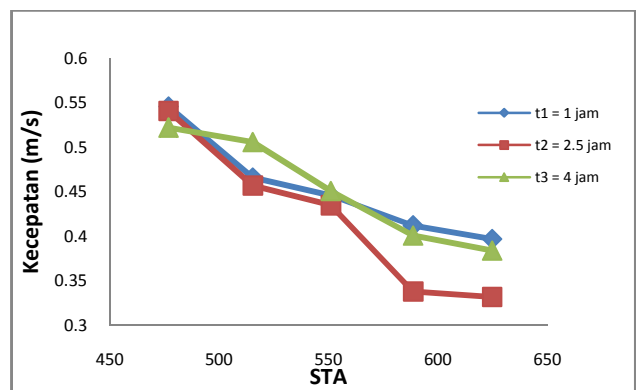
Pemasangan krib tipe permeabel pada bagian tikungan diharapkan dapat mengubah arah dan mengurangi kecepatan aliran. Kecepatan aliran diukur dengan menggunakan mini *current meter*. Mini *Current meter* memberikan data pada *indicator reading* HZ yang kemudian data tersebut dimasukkan ke dalam grafik sehingga mendapatkan data kecepatan (V cm/detik) terhadap aliran pada saluran untuk titik tinjau yang ditentukan. Kecepatan aliran pada awal memasuki belokan sampai belokan akhir mengalami penurunan di hulu krib permeabel yang dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7, sehingga krib permeabel membuktikan dapat berfungsi mengurangi kecepatan arus air.



Gambar 5. Hubungan antara Kecepatan dan Jarak Krib dengan Sudut Pemasangan Krib 45° Ke Arah Hulu

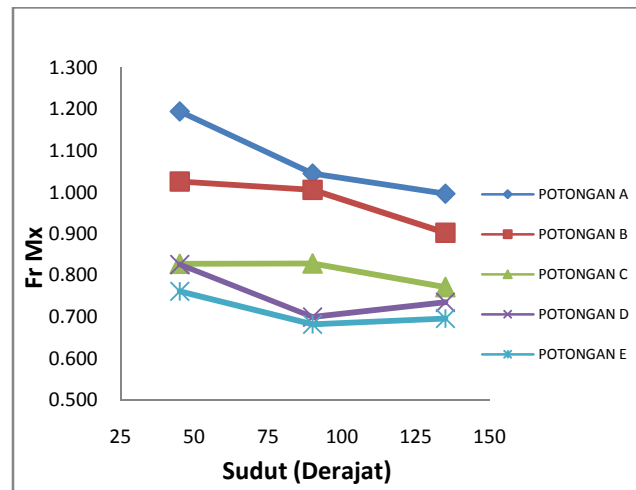


Gambar 6. Hubungan antara Kecepatan dan Jarak Krib dengan Sudut Pemasangan Krib 90° Ke Arah Hulu



Gambar 7. Hubungan antara Kecepatan dan Jarak Krib dengan Sudut Pemasangan Krib 135° Ke Arah Hulu

Hubungan antara Fr_{max} dengan variasi sudut pemasangan krib permeabel dapat dilihat pada Gambar 8,



Gambar 8. Hubungan antara Fr_{Mx} dan Variasi Sudut Pemasangan Krib Permeabel

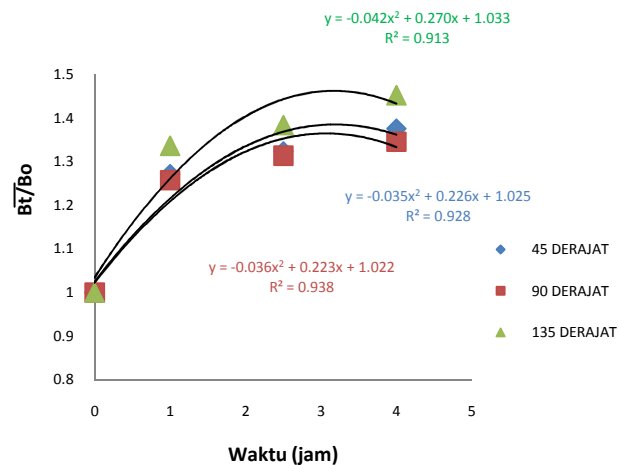
Dari grafik di atas, angka *froude* yang paling maksimum terjadi pada sudut pemasangan krib permeabel 45° ke arah hulu aliran.

Perubahan elevasi dan lebar dasar saluran diamati dan diukur selama dilakukan pengaliran dengan variasi waktu dan sudut pemasangan arah krib yang telah ditentukan. Pengamatan dan pengukuran ditinjau pada daerah tikungan saluran dengan sudut belokan 90°. Perubahan lebar saluran hanya terjadi pada bagian lebar dasar saluran karena ketinggian air lebih kecil daripada ketinggian saluran dan perubahan dasar saluran lebih besar terjadi di tikungan luar dibandingkan dengan di tikungan dalam. Untuk rata-rata perubahan dasar saluran pada setiap jam yaitu 1 jam, 2,5 jam dan 4 jam dapat dilihat pada Tabel 1 seperti di bawah ini:

Tabel 1. Rata-Rata Perubahan Dasar Saluran Pada Setiap Jamnya

Potongan	Bt/Bo dengan Variasi Sudut Pemasangan Krib Permeabel								
	45°			90°			135°		
	Waktu (jam)			Waktu (jam)			Waktu (jam)		
	1	2,5	4	1	2,5	4	1	2,5	4
A	1,280	1,310	1,330	1,210	1,260	1,330	1,300	1,350	1,480
B	1,200	1,250	1,290	1,160	1,230	1,260	1,350	1,430	1,520
C	1,180	1,290	1,370	1,290	1,370	1,370	1,310	1,340	1,370
D	1,360	1,420	1,520	1,320	1,370	1,400	1,330	1,380	1,410
E	1,340	1,350	1,370	1,310	1,340	1,370	1,390	1,420	1,480
Rata-Rata	1,272	1,324	1,376	1,258	1,314	1,346	1,336	1,384	1,452

Dari tabel di atas dibuat grafik analisis regresi untuk mengetahui koefisien determinasi yang dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara $\overline{Bt/Bo}$ dengan Waktu (Jam)

Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa sudut pemasangan krib permeabel krib 90° lebih baik karena perubahan dasar salurannya lebih kecil dan R² lebih

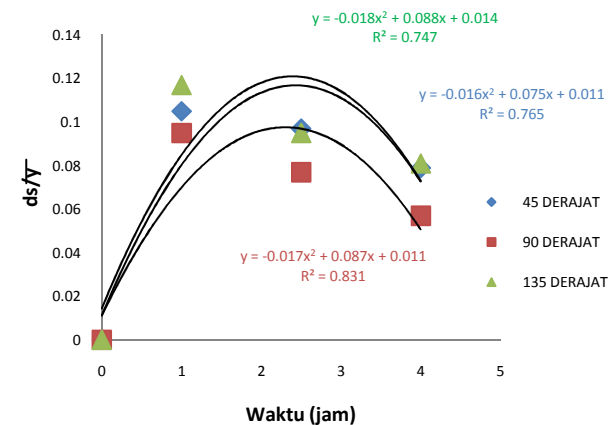
mendekati 1 sebesar 0,9384 dibandingkan dengan sudut pemasangan krib permeabel 45° dan 135°, perubahan dasar saluran maksimum untuk sudut pemasangan krib permeabel 45°, 90° dan 135°sebesar 1,376 cm, 1,346 cm dan 1,452 cm.

Untuk data kedalaman rata-rata pada setiap jam yaitu 1 jam, 2,5 jam dan 4 jam dapat dilihat pada tabel 2 seperti di bawah ini:

Tabel 2. Rata-Rata Kedalaman Gerusan Pada Setiap Jamnya

Potongan	ds/y dengan Variasi Sudut Pemasangan Krib Permeabel								
	45°			90°			135°		
	Waktu (jam)			Waktu (jam)			Waktu (jam)		
	1	2,5	4	1	2,5	4	1	2,5	4
A	0,069	0,069	0,059	0,069	0,059	0,059	0,079	0,049	0,039
B	0,094	0,074	0,074	0,084	0,064	0,054	0,104	0,074	0,064
C	0,119	0,099	0,069	0,109	0,089	0,059	0,139	0,119	0,109
D	0,114	0,104	0,084	0,094	0,084	0,054	0,124	0,114	0,094
E	0,129	0,139	0,109	0,119	0,089	0,059	0,139	0,119	0,099
Rata-Rata	0,105	0,097	0,079	0,095	0,077	0,057	0,117	0,095	0,081

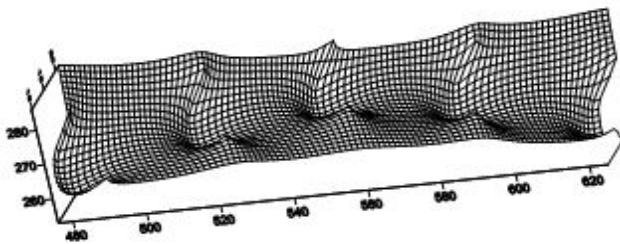
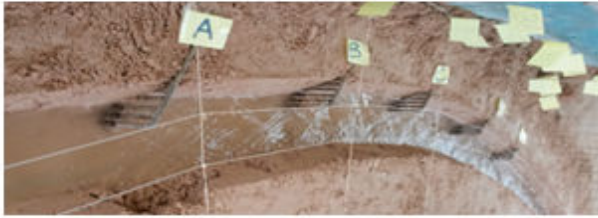
Dari tabel di atas dibuat grafik analisis regresi untuk mengetahui koefisien determinasi yang dapat dilihat pada Gambar 10.



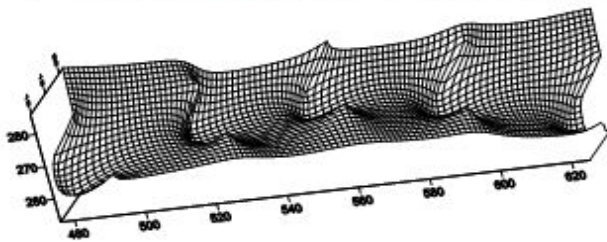
Gambar 10. Grafik Hubungan Antara $\overline{ds/y}$ dengan Waktu (Jam)

Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa sudut pemasangan krib permeabel krib 90° lebih baik karena kedalaman gerusan lebih kecil dan R² lebih mendekati 1 sebesar 0,8317 dibandingkan dengan sudut pemasangan krib permeabel 45° dan 135°, kedalaman gerusan maksimum untuk sudut pemasangan krib permeabel 45°, 90° dan 135°sebesar 1,05 cm, 0,95 cm dan 1,17 cm.

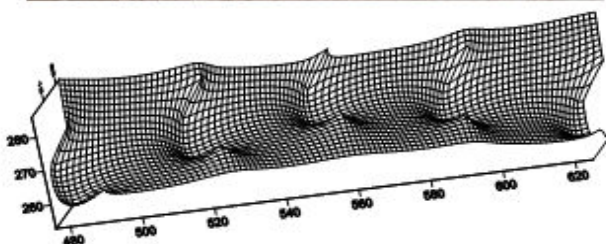
Morfologi lebar dan elevasi dasar saluran dapat dilihat pada Gambar 11 sampai dengan Gambar 13.



Gambar 11. Gambar Perbandingan Morfologi Sungai Dengan Surfer 8 Untuk Sudut Krib 45°



Gambar 12. Gambar Perbandingan Morfologi Sungai Dengan Surfer 8 Untuk Sudut Krib 90°



Gambar 13. Gambar Perbandingan Morfologi Sungai Dengan Surfer 8 Untuk Sudut Krib 135°

Dari hasil penggambaran kontur berdasarkan surfer 8 dan penggambaran secara langsung di lapangan hasilnya berbeda. Hasil yang beda dikarenakan pengambilan data untuk penggambaran kontur tidak terlalu rapat yang diakibatkan data tidak dapat mewakili kontur yang dibuat secara langsung di lapangan.

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian pemodelan sungai yang dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Sudut pemasangan krib permeabel krib 90° lebih baik karena perubahan dasar salurannya lebih kecil yaitu 1,346 cm (1,346 kali dari saluran awal) dan koefisien determinasinya hampir mendekati 1 yaitu 0,9384 dibandingkan dengan sudut pemasangan krib permeabel 45° dan 135°.
2. Kedalaman gerusan dengan sudut pemasangan krib permeabel krib 90° juga lebih kecil yaitu 0,95 cm dan koefisien determinasinya hampir mendekati 1 yaitu 0,8317 dibandingkan dengan sudut pemasangan krib permeabel 45° dan 135°.

6.2 Saran

Dengan data yang diperoleh dari hasil penelitian, saran yang dapat diajukan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian terhadap variasi jarak antar krib agar dapat mengetahui jarak antar krib yang lebih efisien.
2. Hendaknya dilakukan penelitian mendalam tentang perbandingan morfologi lebar dan elevasi dasar saluran pada saat sebelum pengaliran, pengaliran tanpa krib dan pengaliran menggunakan krib langsung di lapangan yang akan dibandingkan dengan hasil program.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T. 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Erlangga. Jakarta.
- Djufri, Hasdaryatmin dkk. 2012. *Pengaruh Krib Hulu Tipe Permeabel Pada Gerusan di Belokan Sungai*, Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanudin, Makasar.
- Luknanto.D. 1999. *Regresi untuk Kalibrasi*. Jurnal penelitian Dosen. Yogyakarta.
- Legono, Djoko. 1999. *Pendidikan Dan Implementasi Penanganan Sungai Berwawasan Terpadu dan Berkelanjutan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J. 2009. *Hidrolika Terapan Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa*. Andi. Yogyakarta.
- Mulyanto, H.R. 2007. *Sungai Fungsi dan Sifat-Sifatnya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

- Raudkivi, AJ. 1991. *Scouring*. AA. Balkema/Rotterdam/Brookfield.
- Santoso. 2004. *Pengaruh Konfigurasi Bangunan Krib Pada Belokan Sungai Dengan Sudut Belokan 90°*, Tesis Program Magister Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Setyono, Ernawan. 2007. *Krib Impermeabel Sebagai Pelindung Pasca Belokan Sungai (Kasus Belokan Sungai Brantas Di Depan Lab.Sipil Umm)*, Media Teknik Sipil Vol 5 No.1 Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sidharta, SK. 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*. Gunadarma. Jakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrolika II*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Universitas Sriwijaya, *Pedoman Kerja Praktek Dan Tugas Akhir (Skripsi)*. Inderalaya, 2010.