

STUDI KEDALAMAN DAN POLA GERUSAN LOKAL YANG TERJADI DI HILIR BENDUNG DENGAN KOLAM OLAKAN TIPE BUCKET DAN USBR III

Oleh

Wisafri¹⁾, Indra Agus²⁾, Apwiddhal³⁾

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang
Kampus Limau Manis Padang
Email: wisafrikoto@yahoo.co.id

Abstract

Most of spillways failure in Indonesia are caused by local scouring that happens continuously at downstream, and at time local scouring get the foot of spillway will dangerous for its operational. This scour occurs because of advanced value of specific energy overflow with high head relatively so that it appear unbalance velocity flow and turbulence flow. An effort to protect foot spillway is build the structure energy dissipator. From this concept at foot spillway is designed with one, two, or more energy dissipator agree with condition and many variables at deform process mechanism appropriately. At laboratory two dimensional physical test had done the consideration of spillway with bucket of type stilling basin to conventional spillway and having USBR III stilling basin at many discharges pattern and its influence for hydraulic jump bucket flow, energy reduction, along with local scour at downstream. This local scouring was caused by major water flowing passing the dam where there is a high difference level between the top and the end of the dam. Furthermore, it generates inbalancing water flow speed and additional water turbulence. There are different approaches to prevent such damage, and for example by providing one or more additional construction at the end part of the dam. This structure is designed and installed at the bottom part of the dam. Various empirical functions have been developed to design this structure, and one of them is developed by Lacey, Laursen, Froehlich, Mellvile and so on. However, that function has some limitation. For examples are the local river and dam construction characteristics. Therefore, it is required to be validated by developing a model of dam constructed in a laboratory. Experiments was undertaken by using the model with different characteristics of water flow in order to investigate the scouring pattern

Key word : local scouring, dam

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagian negara agraris sebagian besar rakyatnya masih bermata pencaharian di bidang pertanian. Dengan kondisi tersebut secara tidak langsung pemerintah harus mengembangkan infra struktur dibidang sumber daya air (SDA). Jaringan irigasi lengkap dengan bendungnya untuk mengairi areal pertanian yang ada sekarang dan untuk

kebutuhan di masa datang. Untuk memenuhi kebutuhan suplai air tersebut sejak tahun 70-an hingga kini telah dibangun ribuan bangunan air dengan berbagai jenis fungsi dan ragamnya. Bangunan air tersebut antara lain bangunan irigasi (bendung, bangunan jaringan irigasi), bangunan penanggulangan erosi, bangunan persungai, bangunan muara pantai, bangunan untuk air bersih dan bangunan jembatan dan lain-lain.

Sebagai bangunan irigasi, fungsi utama dari suatu bendung adalah menaikkan elevasi muka air dari sungai yang dibendung sampai kepada taraf tertentu, sehingga air yang dibendung dapat mengalir secara aliran gravitasi sampai ke areal pertanian yang akan diairi. Kenaikan muka air tersebut menyebabkan perbedaan elevasi muka air antara hulu dan hilir bendung menjadi tinggi. Perbedaan elevasi ini akan menimbulkan limpasan atau terjunan yang mempunyai energi besar dan kecepatan yang lebih tinggi dari aslinya, sehingga mengganggu keseimbangan aliran.

Konsentrasi kecepatan jatuh aliran yang besar dengan gradien tekanan ke tanah yang abnormal, serta turbulensi aliran akan menyebabkan peluang besar terjadinya erosi. Gejala yang terjadi pada kaki bendung dengan hanyutnya material dasar sungai tersebut dikenal dengan gejala gerusan lokal (*local scouring*). Penggerusan setempat serta terjadinya proses degradasi dasar sungai akan berpengaruh terhadap terjadinya rembesan (*seepage*) dari hulu ke hilir tubuh bendung, sehingga secara keseluruhan mengurangi kestabilan struktur bendung. Aliran super kritis yang melimpas dari *Spillway* akan menyebabkan terjadinya profil loncatan hidraulik (*hydraulic jump*) dan hal ini akan mempengaruhi juga besarnya penggerusan setempat di hilir bendung, sehingga bangunan air tersebut bisa menurun fungsinya, dan tingkat keamanannya disamping itu bisa mengalami rusak ringan, rusak sedang dan rusak berat. Penyebab utama kerusakan dan

menurunnya fungsi bangunan air karena factor hidraulik, non hidraulik dan bencana alam. Untuk menjaga agar tubuh bendung aman dari bahaya gerusan lokal biasanya pada kaki bendung diberi blok-blok beton atau batu-batu besar sebagai langkah pengamanannya. Kedalaman dan jarak blok-blok beton dari kaki bendung dihitung dengan menggunakan rumus-rumus yang dibuat oleh para ahli. Permasalahan dari segi perencanaan, terdapat kesalahan dalam hal memanfaatkan formula-formula dari referensi/*Text-Books* luar negeri, terutama yang berhubungan dalam meramalkan kedalaman penggerusan setempat, proses degradasi, serta agradasi dasar sungai. Hal ini terjadi mengingat parameter-parameter seperti kondisi alam, iklim, hidraulik, tanah (geologis), serta angkutan sedimen di Indonesia umumnya berbeda dengan kondisi di luar negeri. Jika formula-formula tersebut diterapkan di Indonesia tentunya harus di teliti kembali tingkat keakuratannya. Penelitian-penelitian untuk memahami mekanisme penggerusan setempat melalui serangkaian uji model fisik di laboratorium seharusnya dilakukan, karena penggerusan setempat tersebut mempunyai banyak variabel-variabel yang saling berinteraksi secara langsung. Mengingat literatur yang membahas masalah bendung dengan konstruksi kolam olakan tipe *Bucket dan USBR III* masih relatif sedikit, bahkan sampai saat ini sudah banyak para ahli yang mencoba mengeluarkan rumusan untuk Meramalkan kedalaman penggerusan setempat berdasarkan parameter-parameter yang

dapat ditentukan dari sungai. Tetapi rumus-rumus tersebut sering dibatasi oleh kondisi-kondisi pada waktu penentuan rumus tersebut dan hanya berlaku dengan batasan bentuk, ukuran konstruksi tertentu dan juga jenis atau sifat material dasar sungai yang tergerus, oleh karena itu rumus-rumus tersebut harus digunakan dengan hati-hati karena memiliki validitas dan akurasi terbatas. Ada beberapa rumus dari persamaan matematis atau persamaan differensial seringkali tidak menyelesaikan masalah dan tidak sesuai dengan kenyataan di lapangan. Selain itu perkembangan proses penggerusan di hilir bangunan *Spillway* juga hampir tidak dapat dihitung secara teoritis. Penyelidikan uji model fisik mungkin merupakan salah satu alternatif terbaik untuk memahami proses penggerusan, serta menguji parameter-parameter yang diperlukan untuk melindungi dasar sungai dari proses deformasi yang terjadi. Uji Model ini juga relevan untuk mempelajari mekanisme penggerusan, karena informasi perubahan interaksi antara dasar sungai yang berdeformasi dan aliran air dapat ditentukan secara langsung.

II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam hal mendesain bangunan bangunan hidraulik di sungai terutama bendung, perlu diketahui gejala gejala alam dengan parameter-parameternya yang berhubungan dengan rencana bangunan tersebut. Selain itu juga harus memikirkan kemungkinan terjadinya perubahan dihilir dan hulu bendung. Disamping karena pengaruh

beberapa peneliti (ahli) yang sering digunakan sebagai dasar untuk meramalkan kedalaman gerusan antara lain : Veronese, Prof Wu, dan Schoklitsch

Walaupun banyak proses aliran yang dapat ditelusuri pada tingkat teoritisnya, masih banyak hubungan dengan variabel-variabel lain yang rumit. Melalui pendekatan

struktur bangunan, kondisi parameter tersebut bisa juga berubah karena perilaku alam itu sendiri. Sebagai contoh, akibat pembendungan suatu sungai akan menyebabkan perubahan parameter morfologi yang menyangkut hal-hal hidrologis dan angkutan sedimen, baik dihilir maupun dihilir bendung.

Degradasi dan penggerusan setempat (*local scouring*) yang merupakan bagian dari ilmu angkutan sedimen (*sediment transport*), berkaitan erat dengan pembangunan konstruksi bendung di sungai. Degradasi adalah penurunan dasar sungai yang terjadi apabila volume sedimen yang masuk lebih kecil dari volume sedimen yang keluar melalui suatu satuan waktu tertentu. Jadi degradasi ini terjadi karena sedimen yang hanyut lebih banyak dari pada sedimen yang masuk terutama pada dasar sungai bagian hilir bendung, akibat angkutan sedimen tertahan oleh pembendungan. Penggerusan setempat (*Local Scouring*) terjadi karena adanya turbulensi yang disebabkan oleh terganggunya aliran dan degradasi yang terjadi dihilir bendung juga diakibatkan masalah lanjutan dari peristiwa *Local Scouring*. Penggerusan setempat dari

material dasar atau tebing saluran (sungai) dapat terjadi oleh kecepatan aliran yang menimbulkan gaya seret (Tractive Force) yang besarnya melampaui daya tahan material dasar atau tebing saluran untuk tidak tergerus. Masalah degradasi pada hilir bendung, apabila terjadi terus menerus akan mengarah kebagian konstruksi bendung dan apabila kedalaman gerusan tersebut telah melebihi pondasi bendung, maka bendung tidak lagi berpijak pada tanah dasarnya dan selanjutnya bisa menyebabkan keruntuhan tubuh konstruksi bendung tersebut, selain itu juga membuat bangunan peredam energi tidak berfungsi lagi sebagai ruang olakan.

Secara umum untuk memenuhi permasalahan diatas diperlukan sekali pengenalan hal-hal pokok yang harus diketahui terhadap gejala-gejala dan parameter- parameternya

Hal-hal pokok tersebut adalah :

1. Keadaan geometri dan morfologi dengan parameter nya seperti :
ketinggian, panjang (jarak), lokasi (koordinat). Dimana kondisi medan dengan segala parameter nya diukur dan dituangkan kedalam bentuk gambar berupa peta atau potongannya.
2. Kondisi air yang dapat dilihat dari sudut :
 - a. Hidrologis dengan parameter nya tinggi air, debit sebagai fungsi waktu yang dipengaruhi oleh parameter geometri dan morfologi medan.
 - b. Hidrolika dengan parameter nya tinggi air, debit, kecepatan aliran, arah aliran, tekanan, atau gaya aliran dan sifat-sifat

aliran subkritis, kritis, dan superkritis, loncatan air, terjunan, pusaran, gelombang balik, dan sebagainya.

3. Angkutan Sedimen

Yaitu hal-hal yang berhubungan dengan proses Bergeraknya material tanah dari dan di medan termasuk didalam sungai. Gejala angkutan sedimen ini

antara lain meliputi :

- Erosi, dengan parameter nya ketinggian, berat atau volume persatuan waktu
- Degradasi, aggradasi, sedimentasi, penggerusan setempat, dan penggerusan tebing mempunyai parameter dimensi ketinggian / kedalaman lebar sebagai fungsi dari waktu atau volume persatuan waktu.
- Angkutan sedimen dan perkolasi yang mempunyai parameter berupa volume, atau persatuan waktu atau besarnya debit sedimen.

Disamping parameter-parameter di atas, parameter lain yang harus diketahui dalam masalah pengelolaan air dan prasarannya adalah parameter-parameter tanah.

Parameter

Parameter yang dimasukkan kedalam perumusan yang disederhanakan terbatas pada

$$f(q, v, H, d_s, g, D) = 0$$

dimana : q = debit persatuan lebar.

v = kecepatan aliran

H = total head antara muka air di hulu dan muka air di hilir

d = h = kedalaman air di hilir

d_s = gerusan terdalam di bawah muka air hilir

g = percepatan gravitasi

D= diameter rata-rata material dasar

Parameter ini dapat disederhanakan lagi sehingga persamaan menjadi :

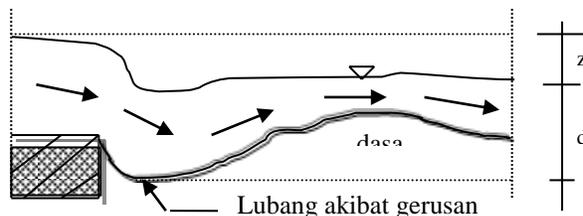
$$f\left\{\frac{d_s}{H}, \frac{q}{(gH)^{1/2}}, \frac{d}{H}\right\} = 0$$

Untuk sungai-sungai terutama di bagian hulu dan tengah kemiringan dasarnya cukup besar, dan alirannya adalah aliran kritis atau super kritis. Untuk harga d dibandingkan dengan H relatif kecil, maka parameter d/H dapat diabaikan dalam analisa. Dengan demikian fungsi di atas menjadi :

$$f\left\{\frac{d_s}{H}, \frac{q}{(gH)^{1/2}}\right\} = 0$$

atau :

$$\frac{d_s}{H} = f\left\{\left(\frac{q}{gH^3}\right)^{1/2}\right\}$$



Gambar 2.1 Penggerusan di kaki bendung

Pemodelan Fisik Dua Dimensi

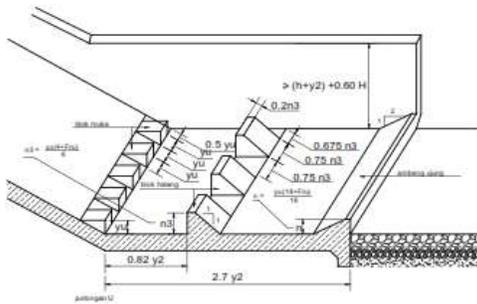
Untuk mendisain suatu kontruksi pengendali erosi suatu bendung, para ahli rancang rekayasa (insinyur) akan berhadapan dengan sejumlah variabel disamping variabel keadaan arus itu sendiri. Karena adanya hubungan-hubungan dari berbagai variabel tersebut, sulit untuk melakukan standarisasi desain lantai spillway atau menjamin dicapainya hasil memuaskan dengan cara mengasumsikan sama dengan struktur yang sudah ada.

Walaupun banyak proses aliran yang dapat ditelusuri pada tingkat teoritisnya, masih banyak hubungan dengan variabel-variabel yang rumit. Melalui pendekatan persamaan matematis atau persamaan differensial sering kali tidak menyelesaikan masalah dan tidak sesuai dengan kenyataan di lapangan. Selain itu perkembangan proses penggerusan di hilir bangunan spillway juga hampir tidak dapat dihitung secara teoritis. Penyelidikan uji model fisik karena itu merupakan alternatif terbaik untuk memahami proses penggerusan, serta menguji parameter parameter yang diperlukan untuk melindungi dasar sungai dari proses deformasi yang terjadi. Oleh karena itu model test ini sangat relevan untuk mempelajari mekanisme penggerusan, karena informasi perubahan interaksi antara dasar sungai yang berdeformasi dan aliran air dapat ditentukan secara langsung. Penggerusan yang terjadi relatif dekat ke struktur hidraulik akan mempengaruhi stabilitasnya dan merupakan masalah keamanan yang serius. Dari berkali kali pengujian model fisik tiga dimensi yang telah dilakukan, hasilnya yang terbaik akan dijadikan sebagai acuan untuk

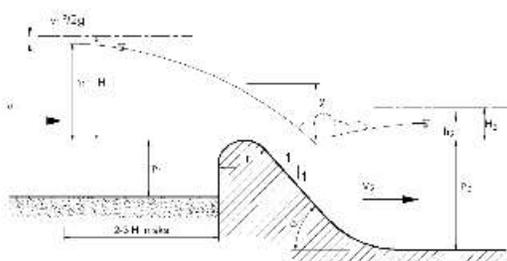
pengujian model fisik tiga dimensi yang disesuaikan dengan rancangan akhir dari prototipe.

Hal yang perlu diperhatikan dalam membuat sebuah pemodelan fisik adalah harus sesuai dengan kondisi prototipenya. Dengan demikian sifat-sifat model diharapkan akan mewakili sifat-sifat prototipenya. Dalam menentukan skala model fisik hidraulik, beberapa hal yang harus dipertimbangkan adalah :

- ❖ Ruang laboratorium yang tersedia
- ❖ Suplai air
- ❖ Ketersediaan waktu .



Gambar bendung USBR Tipe III



Gambar 3.6. Alat ukur mercu bulat

Skala Pemodelan

1. Skala Kecepatan (n_v)

Karena gaya gravitasi prototipe dan di laboratorium sama, maka pemodelan diturunkan berdasarkan bilangan *Froude*,

dimana bilangan *Froude* di prototipe dan di model harus sama .

$$(Fr)_m = (Fr)_p$$

dimana :
$$\left(\frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \right)_m = \left(\frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \right)_p$$

V = kecepatan

g = percepatan gravitasi

L = jarak

Karena $g_p = g_m$, maka :

$$n_v = \frac{V_m}{V_p} = \left(\frac{L_m}{L_p} \right)^{1/2}$$

maka n_v adalah skala geometriknnya.

2. Skala Debit (n_Q)

Hubungan Q dan Volume :

$$V = \frac{Q}{L^2}$$

Substitusi ke (a) menjadi :

$$n_Q = \frac{Q_m}{Q_p} = \left(\frac{L_m}{L_p} \right)^{5/2}$$

3. Skala waktu (n_T)

Berdasarkan waktu, hubungan V dan T adalah :

$$V = \frac{L}{T}$$

Disubstitusikan ke persamaan (a), menjadi :

$$n_t = \frac{T_m}{T_p} = \left(\frac{L_m}{L_p} \right)^{1/2}$$

4. Skala Volume (n_v)

Hubungan Volume dengan Q :

$$Q = \frac{Vol}{T}$$

Disubstitusikan ke persamaan (a) menjadi :

$$n_v = \frac{Vol_m}{Vol_p} = \left(\frac{L_m}{L_p} \right)^3$$

5 Skala Diameter Butir (n_d)

Perumusan diambil berdasarkan kurva Shields. Untuk diameter butir rata-rata

$d > 4\text{mm}$, maka tegangan geser kritis τ_{cr} adalah $800 d$. Dengan demikian skala butir dapat dihitung sebagai berikut :

dan untuk Undistorted Model

III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh angka-angka dan grafik-grafik dalam rangka :

1. Mengamati pola aliran di hulu, di atas, bendung termasuk pola aliran pada konstruksi peredam energi yang ditinjau dengan melakukan percobaan pengaliran
2. Mempelajari dan memeriksa karakteristik penggerusan setempat atau pola gerusan di hilir bendung untuk berbagai variasi debit, dan memberikan solusi pengamanannya
3. Mempelajari dan memeriksa pengaruh tipikal hidrolis konstruksi peredam energ, bahan dasar percobaan serta pola aliran dari pemodelan fisik dua dimensi yang ditinjau berkaitan dengan

Jika kerapatan spesifik butir di prototipe sama dengan model maka

$$\frac{\rho_m}{\rho_p} = 1, \quad \frac{i_m}{i_p} = 1 \quad n_d = \left[\frac{L_m}{L_p} \right]$$

sehingga

$$\left(\frac{\tau}{\tau_{cr}} \right)_p = \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}} \right)_m$$

$$\frac{\rho_p \cdot g_p \cdot h_p \cdot i_p}{800 \cdot d_p} = \frac{\rho_m \cdot g_m \cdot h_m \cdot i_m}{800 \cdot d_m}$$

$$\frac{d_m}{d_p} = \frac{\rho_m}{\rho_p} \cdot \frac{h_m}{h_p} \cdot \frac{i_m}{i_p}$$

Persamaan-persamaan diatas digunakan untuk skala geometrik yang sama, baik skala vertikal maupun horizontal atau pemodelan tanpa distorsi.

besarnya penggerusan setempat yang terjadi di hilir bendung. Hasil uji model tersebut kemudian diperbandingkan dengan formula-formula penggerusan setempat yang telah ada (*Text Books*).

Sedangkan manfaat umum penelitian :

- Menunjang swadaya pangan, dengan menjamin ketersediaan air untuk irigasi.
- Pengamanan sungai dari kerusakan akibat penggerusan.
- Efisiensi pemanfaatan sumber daya air.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan hasil pengamatan pada bendung dengan kolam olakan tipe bucket

4.1 Perhitungan Debit

Perhitungan debit berdasarkan debit (Q) hasil pengamatan elevasi muka air yang melimpas pada alat ukur segitiga *Thompson*. Besarnya debit (Q) berdasarkan rumus :

$$Q = 1,38 H_t^{5/2}$$

dimana : H_t = Kedalaman aliran air yang melewati alat ukur segitiga *Thompson* (m).

Untuk debit per satuan lebar (q) berdasarkan rumus : $q = Q/B$

dimana : Q = Debit *Thompson*.

B = Lebar saluran percobaan.

4.2 Perhitungan kecepatan aliran jatuh di awal loncatan dan pada saluran percobaan.

Perhitungan kecepatan aliran yang melewati saluran terbuka, yaitu berdasarkan perbedaan elevasi muka air di hulu dan di hilir bendung dengan rumus :

□ Tinggi jatuh air

$$Z = (P + 1/2 H_e) - (1/2 X + E_{l.dasar \text{ Bucket}})$$

□ Rumus untuk mendapatkan kecepatan awal loncatan air :

$$V = \sqrt{2.g.Z}$$

□ Untuk kecepatan aliran pada saluran percobaan, berdasarkan hasil hitungan debit *Thompson*.

$$Q = A.V, \quad A = B.y_n$$

4.3 Perhitungan Bilangan Froude (F_1)

Perhitungan Bilangan *Froude* diperoleh dengan rumus :

$$F_1 = \frac{V}{\sqrt{g.y}}$$

dimana : V = Kecepatan aliran.

g = Percepatan gravitasi bumi.

y = Kedalaman aliran.

4.4 Perhitungan Energi dan Efisiensi Loncatan

Energi yang terjadi pada loncatan hidraulik diperhitungkan terhadap suatu bidang persamaan (datum) yaitu persamaan sebelum dan sesudah terjadi loncatan hidraulik seperti :

$$E_1 = \frac{y_1}{2} (2 + F_1^2)$$

$$E_2 = \frac{y_2}{2} \left[\frac{(1 + 8F_1^2)^{3/2} - 4F_1^2 + 1}{8F_1^2} \right]$$

Efisiensi loncatan adalah rasio antara energi spesifik setelah loncatan dengan sebelum loncatan, yaitu :

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{(1 + 8F_1^2)^{3/2} - 4F_1^2 + 1}{8F_1^2 (2 + F_1^2)}$$

4.5 Rasio Terhadap Energi Spesifik Semula

Dengan melakukan perbandingan terhadap energi spesifik semula terhadap besaran-besaran berikut:

- 1) Kehilangan energi : $\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4 \cdot y_1 \cdot y_2}$
- 2) Kehilangan energi relatif : $\Delta E/E_1$
- 3) Elevasi permukaan relatif : h_i/E_1
- 4) Kedalaman maksimum relatif : y_2/E_1
- 5) Kedalaman awal relatif : y_1/E_1
- 6) Panjang loncatan per kedalaman air hilir : L/y_n
 dimana : L = panjang loncatan

4.6 Kedalaman Konyugasi

Hubungan antara kedalaman sebelum loncatan dan setelah loncatan $\left(\frac{y_2}{y_1}\right)$ dengan bilangan *Froude* (F_1) diperhitungkan berdasarkan rumus:

$$\frac{y_n}{y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1 \right)$$

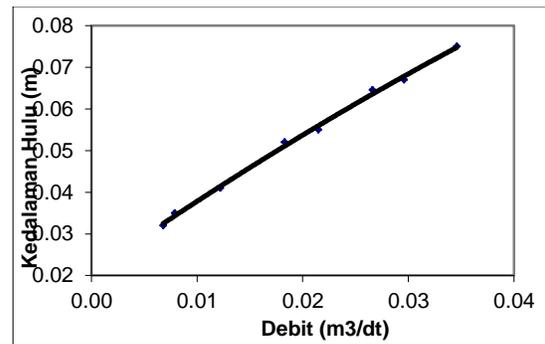
dimana : $y_2 = y_n$ = kedalaman air hilir (kedalaman normal).
 y_1 = kedalaman awal sebelum loncatan.
 F_1 = Bilangan *Froude*.

A. ANALISA GRAFIK PADA BENDUNG DENGAN KOLAM OLAKAN TIPE BUCKET

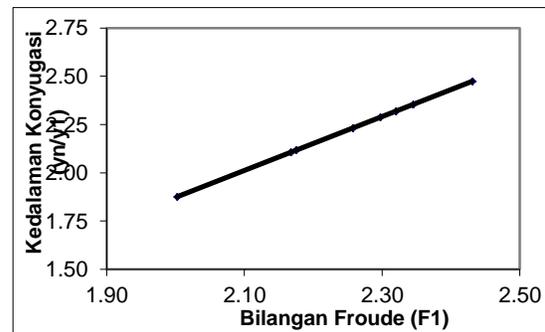
Dari hasil analisis data hasil uji model seri I pada saluran terbuka pada kondisi dasar saluran datar yang sudah diperoleh dalam tabel dan kemudian hasilnya di plot dalam

serangkaian grafik. Dalam hal ini umumnya berupa grafik-grafik karakteristik dengan skala absis dan skala ordinat tanpa satuan (*Non-dimensional*).

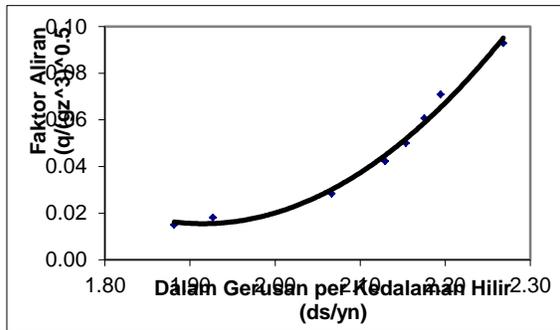
Berikut ini adalah grafik-grafik hasil pengamatan pada bendung mercu bulat dengan peredam energi tipe *Bucket*



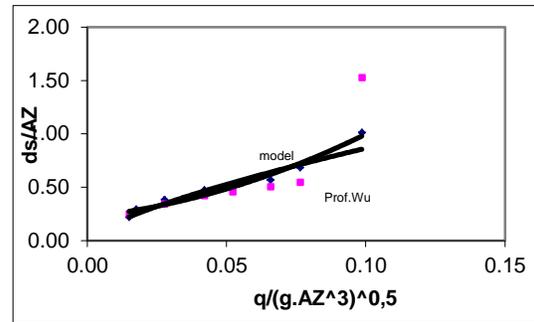
Gambar 4.1 Grafik hubungan debit dengan kedalaman hulu pada model bendung dengan *Bucket*



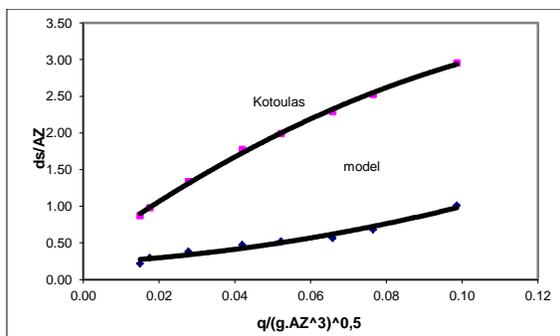
Gambar 4.2 Grafik hubungan Bilangan *Froude* dengan kedalaman konyugasi.



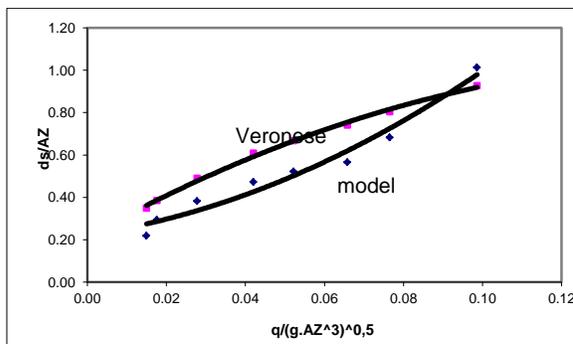
Gambar 4.3 Grafik hubungan dalamnya penggerusan per kedalaman air hilir dengan faktor aliran.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan kedalaman penggerusan antara hasil uji model I dengan formula Wu.



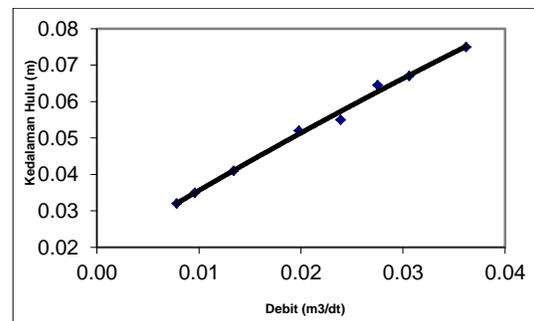
Gambar 4.4 Grafik perbandingan kedalaman penggerusan antara hasil uji model I dengan formula Kotoulas.



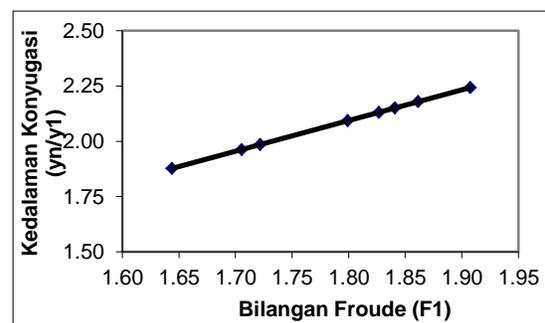
Gambar 4.5 Grafik perbandingan kedalaman penggerusan antara hasil uji model I dengan formula Veronese.

B. ANALISA GRAFIK UNTUK BENDUNG DENGAN KOLAM OLAKAN TIPE USBR III

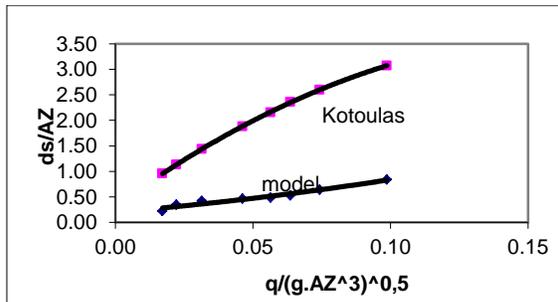
Berikut ini adalah grafik-grafik hasil pengamatan pada seri model II : bendung mercu bulat dengan kolam olakan tipe USBR III



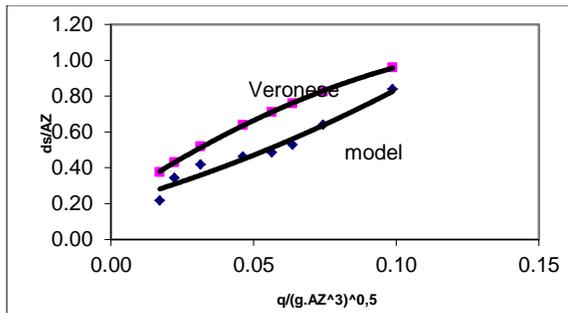
Gambar 4.7 Grafik hubungan debit dengan kedalaman hulu pada model bendung dengan Bucket USBR III .



Gambar 4.8 Grafik hubungan Bilangan Froude dengan kedalaman konyugasi.



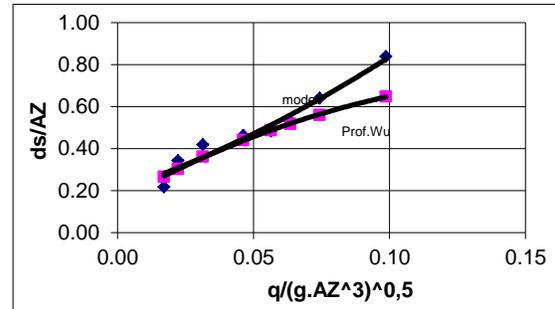
Gambar 4.9 Grafik perbandingan kedalaman penggerusan antara hasil uji model II terhadap formula *Kotoulas*.



V KESIMPULAN

1 Profil loncatan hidraulik yang terjadi menunjukkan, untuk model USBR III lebih menunjukkan profil loncatan hidraulik yang lebih terkendali. Pada model bendung dengan peredam energi bucket, panjang loncatan hidraulik di kaki bendung pada kedalaman hulu ($H_d = 0,0320$ m hingga $H_d = 0,075$ m) berada pada rentang (0,305 m hingga 0,550 m) dengan kedalaman air normal hilir (0,0310 m hingga 0,1280 m), sedangkan pada model II, panjang loncatan hidraulik di kaki bendung pada kedalaman hulu yang sama menunjukkan jarak yang lebih pendek berada pada rentang (0,270 m

Gambar 4.10 Grafik perbandingan kedalaman penggerusan antara hasil uji model II terhadap formula *Veronese*.



Gambar 4.11 Grafik perbandingan kedalaman penggerusan antara hasil uji model II terhadap formula *Prof. Wu*.

hingga 0,400 m) dengan kedalaman air normal hilir (0,0315 m hingga 0,1207 m).

2 Pola gerusan yang terjadi pada model I (bendung dengan peredam energi tipe bucket) menunjukkan kedalaman penggerusan setempat dan panjang gerusan yang lebih besar daripada model II (bendung dengan peredam energi tipe USBR III). Semakin kecil kedalaman

penggerusan, pondasi di kaki bendung bisa dibuat lebih dangkal, menambah faktor keamanan serta umur layan dari bendung. Pola gerusan yang terjadi pada model I (bendung dengan peredam energi tunggal) juga menunjukkan panjang gerusan yang

lebih panjang daripada model II (bendung dengan peredam energi ganda). Untuk pola debit terbesar ($H_d = 0,075$ m), Dari pola gerusan (besarnya kedalaman dan panjang penggerusan) dapat pula dipastikan bahwa volume material dasar sungai yang hanyut ke hilir aliran pada model I akan lebih besar daripada model II sehingga perubahan dinamik morfologi di hilir bendungnya juga lebih besar sehubungan dengan proses degradasi dan aggradasi dasar sungai.

3 Perbandingan antara hasil uji model dengan rumus-rumus untuk meramalkan kedalaman penggerusan setempat dari para ahli (Prof. Wu, Veronese, Kotoulas), dengan pola debit dan diameter butir dasar yang diambil sama, menunjukkan adanya deviasi (penyimpangan). Dari perhitungan antara hasil uji model dan rumus-rumus yang ditinjau, maka formula Wu dan Veronese mempunyai deviasi yang lebih kecil dibandingkan formula-formula lainnya. Dalam hal ini menunjukkan bahwa penggunaan rumus-rumus untuk meramalkan kedalaman penggerusan mempunyai validasi yang berbeda-beda dalam penggunaannya. dan terbukti bahwa melalui hasil uji model fisik pada keadaan setempat lebih menjamin keakuratan hasil.

VI DAFTAR PUSTAKA

Astuti, K.A dan Widyaningtias, 2006, *Gerusan yang Terjadi di Sekitar Abutment Dinding Vertikal Tanpa Sayap (Kajian Laboratorium)*, Tugas Akhir, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung.

Bharbhuiya, 2004, *Local Scour at Abutment: A Review*, Sadhana, 29 (5): 449-476.

Chow, V.T. 1985. Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta, Erlangga

Froehlich, D.C., 1989, *Local Scour at Bridge Abutments*, San Francisco, California: Proceedings, ASCE, National Hydraulics Conference, 922-927.

Kandasamy, J.K and Melville, B.W., 1998, Maximum Local Scour Depth at Bridge Piers and Abutments, *Journal Hydraulic Research*, IAHR, 36(2), 183-198.

Laursen, E.M., 1960, Scour at Bridge Crossings, *Journal Hydraulic Division*, ASCE, 86: 39-54.

Melville, B.W., 1997, Pier and Abutments Scour: Integrated Approach, *Journal of Hydraulic Engineering*, 123 (2), 125-136.

Priyantoro, D.2007. *Pengaruh Pemasangan Gigi Benturan (BaffleBlock) Terhadap Panjang Lantai PeredamEnergi Kolam Olakan Datar Tipe IV*. Hasil Penelitian Malang.

Richardson, E.V., Harrison, L.J., and Davis, S.R., 1991, *Evaluating Scour at Bridges*: Hydraulic Engineering Circular No. 18, Publication No. FHWA-IP-90-017, Office of Research and Development.

Richardson, J.R. and Richardson, E.V., 1993, Discussion of Local Scour at Bridge Abutments, By B.W. Melville, *Journal HydraulicEngineering*, ASCE, 119(9), 1069-1071.

Richardson, E.V. and Davis, S.R. 1995, *Evaluating Scour at Bridges*, Hydraulic Engineering Circular No. 18 (HEC-18), Publication No. FHWA-IP-90-017, Third Edition, Federal Highway Administration.

Rangga Raju, K.G 1986. Aliran melalui Saluran Terbuka. Jakarta : Erlangga

van Rijn, L.C, 1984, Sediment Transport, Part II: Suspended Load Transport,, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 110 (11), 1613-1641.