

ANALISA UJI MODEL FISIK PELIMPAH BENDUNGAN SUKAHURIP DI KABUPATEN PANGANDARAN JAWA BARAT

Rahmah Dara Lufira¹, Suwanto Marsudi¹

¹⁾Dosen Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Email: Rahmahdara@gmail.com , Suwantomarsudi@gmail.com

ABSTRAK: Pangandaran merupakan Kabupaten yang terletak di Jawa Barat. Konstruksi Bendungan Sukahurip diprioritaskan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat terhadap pasokan air baku. Untuk mengatasi masalah ini, pemerintah merencanakan pembangunan bendungan. Analisis hidrolik model fisik Pelimpah Bendungan Sukahurip merupakan salah satu prosedur untuk perencanaan bendungan. Tujuan dari analisis model fisik Bendungan Sukahurip adalah meneliti dan memberikan alternatif terbaik bagi peningkatan kinerja hidrolik pelimpah keseluruhan berdasarkan perencanaan awal. Analisis hidrolik model fisik Bendungan Sukahurip dilakukan berdasarkan perencanaan awal. Hasil akhir uji model fisik menunjukkan bahwa desain bendungan telah aman namun untuk keamanan gerusan perlu ditambahkan ground sill pada peredam energi hilir.
Key words : Bendungan, Pelimpah, Gerusan, Uji model, Hidrolika

ABSTRACT: Pangandaran regency is located on West Java. Sukahurip Dam will be built to fulfill community needs of raw water supply. To solve this problem, the government is planning the construction of dams. Hydraulic analysis of physical models Sukahurip Dam spillway is one of the procedures to planning the dam. The purpose of the analysis of physical models Sukahurip Dam is researching and provide the best planning alternative for the performance improvement of hydraulics spillway based on the original design. Hydraulic analysis of physical models is based on original design. The final result of physical model is indicates that the design of the dam was safe but for the safety of scouring should be ground sill added on the downstream of stilling basin.

Key words: Dams, Spillway, Scouring, Models test, Hydraulic

PENDAHULUAN

Kebutuhan air merupakan kebutuhan pokok masyarakat yang harus dipenuhi oleh pemerintah disamping kebutuhan-kebutuhan lainnya yang diperoleh dari pengelolaan sumber daya alam. Ketersediaan air di musim kemarau saat ini masih merupakan permasalahan yang belum seluruhnya dapat dipecahkan oleh pemerintah dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat antara lain disebabkan oleh karena sumber air yang makin langka akibat penggundulan hutan dan penggunaan air yang tidak terkontrol.

Wilayah Kabupaten Pangandaran terletak di bagian Timur Provinsi Jawa Barat dan merupakan daerah yang relatif sedikit sumber air yang tersedia pada musim kemarau. Dari keterbatasan sumber air tersebut perlu dibangun waduk guna menampung

air selama musim hujan agar air pada sungai-sungai yang ada tidak terbuang begitu saja. Air tanah di sekitarnya juga dapat terjaga sehingga hutan dapat dikembangkan lagi yang pada akhirnya hutan-hutan tersebut dapat ikut berperan dalam melestarikan sumber-sumber air yang ada.

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih khususnya bagi penduduk di wilayah Kabupaten Pangandaran Jawa Barat. Untuk itu maka dibuat suatu kegiatan perencanaan detail berupa Bendungan yang fungsi utamanya adalah mensuplai kebutuhan air baku. Salah satu pekerjaan dalam kegiatan tersebut adalah Uji Model Fisik.

Dengan adanya dukungan Uji Model Fisik Hidrolika ini diharapkan bisa memantapkan hasil perencanaan, sehingga keamanan bendungan tersebut dapat dipenuhi.

Maksud dan tujuan dari uji model fisik hidrolika ini adalah untuk mempelajari perilaku hidrolika pada bangunan pelimpah tipe pelimpah samping yang ditunjang dengan beberapa bangunan yang terdiri atas 3 bagian bangunan yaitu saluran transisi, saluran peluncur dan bangunan peredam energi (stilling basin). Serta memberikan saran penyempurnaan dari aspek hidrolika yang berupa alternatif desain berdasarkan perencanaan yang sudah ada, bila dari hasil percobaan diketahui bahwa desain yang ada kurang memuaskan.

BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini menggunakan model fisik skala sama (*undistorted scale*). Pengamatan dilakukan debit banjir rancangan mulai Q_{2th} , Q_{25th} , Q_{50th} , Q_{100th} , Q_{1000th} , dan $\frac{1}{2} Q_{PMF}$.

1. Model Fisik Hidraulik

Model fisik hidraulik atau sering disebut sebagai model skala adalah peniruan bangunan prototipe ke dalam suatu model miniatur skala tertentu, dengan memperhatikan prinsip kesebangunan dan hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi (De Vries, M, 1977).

2. Penetapan Skala Model

Apabila hubungan antar skala dan kesebangunan telah dipenuhi, maka sebelum menetapkan besaran skala yang akan digunakan terlebih dahulu harus memperhatikan tingkat ketelitian (Sharp J.J., 1981).

Skala model yang digunakan dalam pengujian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan antara lain : Tujuan dari pengujian, Ketelitian yang diharapkan. Fasilitas yang tersedia di laboratorium dan Waktu dan biaya yang tersedia. Berdasar ketentuan tersebut, maka digunakan skala geometri 1:40.

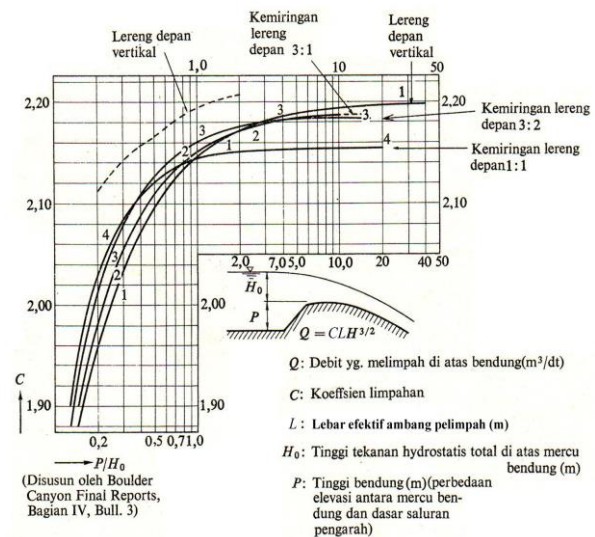
3. Kapasitas Pengaliran Melalui Pelimpah

Untuk menentukan besarnya debit yang melewati pelimpah (*spillway*) dipergunakan rumus (Sosrodarsono, Suyono dkk, 1977) :

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2}$$

dengan:

- Q = debit (m^3/dt)
- C = koefisien limpahan ($m^{0.5}/dt$)
- L = lebar efektif mercu pelimpah (m)
- H = total tinggi tekanan air (m)



Gambar 1. Koefisien limpahan dari berbagai type bendung

Pehitungan hidrolika kecepatan aliran di atas pelimpah dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$V_z = \sqrt{2g(Z + H_z - y_z)}$$

$$\frac{Q}{L} = V_z \cdot y_z$$

$$F_z = \frac{V_z}{\sqrt{g \cdot y_z}}$$

dengan:

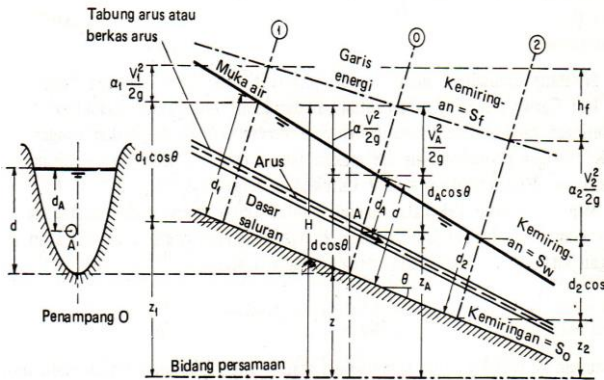
- Q = debit aliran (m^3/dt)
- L = lebar efektif pelimpah
- V_z = kecepatan aliran (m/dt)
- g = Percepatan gravitasi
- Z = tinggi jatuh atau jarak vertikal dari permukaan hulu sampai lantai kaki hilir (m)
- H_z = tinggi kecepatan hulu (m)
- Y_z = kedalaman aliran di kaki pelimpah (m)
- F_z = bilangan Froude

4. Saluran Transisi dan peluncur

Fenomena pola aliran pada saluran transisi pada pelimpah termasuk di dalam kategori yang ke 3, yaitu kondisi aliran super kritis (pada saluran transisi) ke tingkat sub kritis (pada saluran peluncur).

Fenomena profil muka air pada saluran peluncur gelombang alirannya sudah menurun dan relatif berkurang dibanding pada bagian saluran transisi. Rumus pengaliran hidrolika pada saluran transisi dan saluran peluncur secara teori dapat dihitung dengan pendekatan rumus kekekalan energi antara dua pias, yaitu dengan pendekatan

Hukum Bernoulli yang secara skematik dapat dijelaskan sebagai berikut : (Chow, Ven Te, 1985)



Gambar 2. Skema Penampang Memanjang Aliran Saluran Peluncur

Persamaan kekekalan energi pada pias penampang saluran transisi dan peluncur adalah sebagai berikut : (Chow, Ven Te, 1985)

$$Z_1 = S_o \cdot \Delta x + y_1 + Z_2$$

$$Z_2 = y_2 + Z_2$$

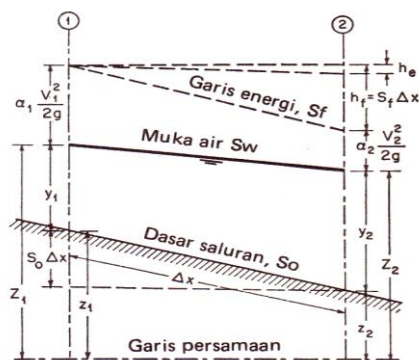
Kehilangan tekanan akibat gesekan adalah :

$$h_f = S_f \cdot \Delta x = \frac{1}{2} (S_1 + S_2) \Delta x$$

Dengan kemiringan gesekan S_f diambil sebagai kemiringan rata-rata pada kedua ujung penampang atau $\bar{S}_f$.

Maka persamaan di atas dapat ditulis :

$$Z_1 + \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2g} = Z_1 + \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_e$$



Gambar 3. Skema Penampang Memanjang Aliran Pada Saluran Peluncur yang disederhanakan

5. Peredam Energi

Fenomena aliran yang terjadi pada saluran peluncur adalah dengan kecepatan aliran yang sangat tinggi, dengan kondisi pengaliran super kritis. Oleh karena itu sebelum aliran air di alirkan ke sungai harus diperlambat dan dirubah pada kondisi aliran sub-kritis, agar supaya tidak terjadi

gerusan yang membahayakan geometri sungai pada bagian dasar, dan tebing sungai.

Rumus hidrolika yang digunakan sebagai dasar perencanaan peredam energi adalah berasal dari prinsip hukum kekekalan energi dengan fenomena gaya-gaya yang bekerja pada pias saluran untuk keadaan aliran yang mengalami perubahan dari super kritis menjadi aliran sub kritis. (Satria, Arief, Alternatif perencanaan pelimpah, 2009)

Rumus hidrolika yang digunakan dalam perhitungan pada kolam olakan datar antara lain adalah sebagai berikut :

Rumus hidrolika struktur yang digunakan dalam perhitungan pada kolam olakan datar antara lain adalah sebagai berikut:

Bilangan Froude di akhir saluran peluncur:

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot y_1}}$$

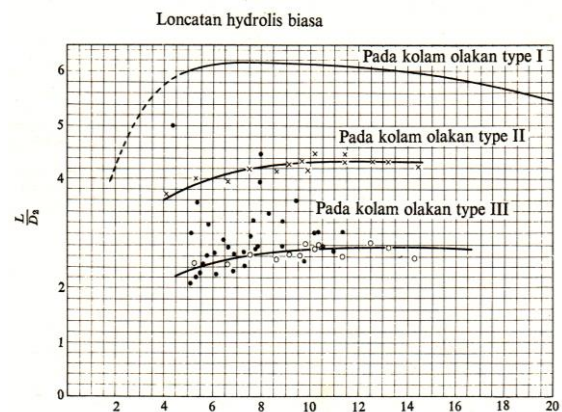
Kedalaman aliran setelah loncatan (kedalaman konjugasi)

$$y_2 = \frac{y_1}{2} \sqrt{1 + 8F_1^2} - 1$$

Panjang loncatan hidrolis pada kolam olakan (Rangga Raju, 1986)

$$L = A (y_2 - y_1)$$

Dimana A bervariasi dari 5,0 sampai 6,9 , atau secara empirik dapat digunakan grafik berikut (Sosrodarsono, 1977).



Gambar 4 Panjang loncatan hidrolis pada kolam olakan datar tipe I, II dan III

Keterangan :

- Kondisi sesungguhnya pada kolam olakan typ II
 - x Kondisi pengujian model untuk kolam olakan type II
 - o Kondisi pengujian model untuk kolam olakan type III
6. Kedalaman gerusan pada alur sungai dihilir peredam energi

Perhitungan teoritis dan pengukuran dimodel test hidrolika tentang potensi gerusan yang terjadi pada alur sungai di hilir peredam energi merupakan bagian penting untuk mengamankan morfologi sungai di hilir peredam energi. Sebagai bahan kajian dalam penelitian ini akan dilakukan pengukuran dan perhitungan potensi gerusan di hilir peredam energi dengan berbagai pendekatan rumus empiris sebagai berikut :

Rumus Jaeger's

$$Af = c \left[6H^{0.25} q^{0.5} \left(\frac{h'}{d_{90}} \right)^{1/3} - h' \right]$$

dimana ;

Af = kedalaman gerusan

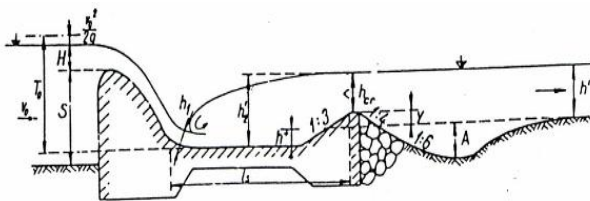
c = 0.45 s/d 0.65 untuk nilai σ 1.00 – 1.60

H = perbedaan elevasi muka air antara upstream dan downstream

h' = kedalaman di downstream (m)

q = debit per satuan lebar (m^2/dtk)

d_{90} = diameter butiran



Gambar 5. Sketsa Gerusan Lokal di hilir Peredam Energi

Untuk mendukung pelaksanaan pekerjaan uji model fisik bendungan di laboratorium, fasilitas pengujian yang akan digunakan di Laboratorium Hidrolika Terapan terdiri dari peralatan sebagai berikut :

1. 4 unit pompa listrik, masing-masing dengan kapasitas debit sebagai berikut :
 - 1 unit pompa listrik dengan kapasitas debit 50 l/det dan 1 unit dengan kapasitas debit 40 l/det.
 - 2 unit pompa listrik dengan kapasitas debit 15 l/det
2. Tandon air bawah tanah (ground reservoir) dengan kapasitas 1000 m³ dan tandon atas 100 m³
3. Sistem sirkulasi air antara unit pompa - tandon air dan sistem model test.
4. Beberapa peralatan cetakan material untuk pekerjaan kayu dan konstruksi pasangan batu untuk membentuk model phisik sebangun dengan prototipenya.
5. Beberapa peralatan cetakan material untuk pekerjaan kayu dan konstruksi pasangan batu

untuk membentuk model phisik sebangun dengan prototipenya.

6. Instrumentasi pengukuran di laboratorium berupa current meter, meteran taraf (point gauge) dan pizometer serta pengukur debit di tandon air dengan alat ukur debit Rechbox.
7. Instrumentasi pengukuran leveling untuk pencapaian posisi elevasi yang tepat dari model phisik berupa water pas dan theodolit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Tes Seri 0 (Original Design)

Model Tes Seri O (original design) adalah merupakan model fisik yang dibuat berdasarkan skala model sama untuk skala vertikal dan horisontal (undistorted model) dengan perbandingan 1 : 40. Model ini dibuat berdasarkan prototipe desain asli sesuai dengan gambar perencanaan.

1. Hasil Uji Model Seri O

Hasil percobaan pendahuluan kinerja hidraulika model tes seri 0 yang dilakukan di Laboratorium Hidrolika terapan Jurusan Pengairan Fakultas Teknik dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1). Ketersediaan air pada sistem tandon lebih dari cukup untuk melakukan uji coba pada berbagai debit percobaan,
- 2). Pompa air dan sistem sirkulasi dapat berjalan dengan baik,
- 3). Alat ukur debit Rechbox kinerjanya sangat baik, dengan ketelitian pembacaan muka air di atas ambang pelimpah minimal 3 mm.
- 4). Kinerja kelancaran dan pola aliran antara tandon awal sebelum masuk ke model fisik tampungan bendungan pada sistem di model tes sangat baik.

2. Kolam Tampungan Waduk

Daerah tampungan waduk yang di buat di model fisik hidrolik harus mampu menciptakan fenomena aliran yang tenang dan tidak ada turbulensi aliran. Kondisi aliran yang tenang pada kolam tampungan pada model akan memberikan pengaruh yang baik pada penciptaan aliran yang tenang dalam kondisi sub kritis di saluran pengarah pelimpah.

Daerah tampungan yang disediakan di model fisik mampu memberikan kondisi tampungan yang tenang dan sesuai dengan kondisi tampungan waduk pada daerah saluran pengarah secara umum.



Gambar 5. Kondisi daerah tampungan bendungan di model fisik hidraulik

3. Saluran Pengarah

Bagian saluran ini sebagai penuntun dan pengarah aliran agar aliran tersebut senantiasa dalam kondisi hidrolika yang baik. Pada saluran pengarah ini, kecepatan masuk aliran air tidak boleh melebihi 4 m/det, karena apabila melebihi kecepatan tersebut, maka aliran akan bersifat helisoidal dan kapasitas pengalirannya akan menurun, juga akan mengakibatkan beban hidrodinamis pada bangunan pelimpah.

Kondisi pengaliran di saluran pengarah pelimpah menggambarkan kondisi yang baik, relatif tenang.

4. Ambang Pelimpah

Pelimpah pada Bendungan Gondang di Kabupaten Karanganyar merupakan Overflow spillway dengan tipe pelimpah ogee yang pada saat pengaliran debit banjir maksimum yang mungkin terjadi atau PMF pelimpah masih mampu mengalirkan dengan baik dan tidak terjadi overtopping pada mercu bendungan utama.



Gambar 6. Kondisi pelimpah di model fisik hidraulik

Aliran di saluran pelimpah dalam kondisi merata dan baik, tidak terindikasi adanya ketidakmerataan aliran di semua profil crest pelimpah.

5. Saluran Samping

Aliran air yang mengalir pada pelimpah samping seperti ini, seolah-olah terbagi dua tingkatan dengan dua peredam energi pada bagian

akhir saluran samping dan peredam energi di akhir bangunan pelimpah.

Aliran pada kondisi debit banjir tidak boleh menenggelamkan ambang pada saluran pengatur, sehingga saluran samping dibuat cukup rendah terhadap ambang tersebut. Perbedaan muka air di hulu dan hilir ambang pelimpah samping tidak kurang dari $\frac{2}{3}$ kali tinggi air di atas mercu ambang pelimpah tersebut. Pada kondisi ideal, elevasi permukaan air di hilir ambang pelimpah samping diusahakan hampir sama dengan elevasi mercu ambang pelimpah tersebut.

Keberadaan pintu darurat di sisi kanan ambang pelimpah samping yang dipadu dengan adanya sill di downstream pintu tersebut, memberikan pengaruh yang baik pada aliran di hilir ambang pelimpah (saluran samping). Adanya sill di hilir saluran samping memberikan pengaruh yang baik untuk menciptakan aliran yang relatif merata dan tenang menuju ke saluran transisi.

6. Saluran Transisi

Saluran transisi merupakan penghubung antara saluran samping dengan saluran peluncur. Yang dalam hal ini untuk menyambungkan saluran samping yang berbentuk trapesium dengan saluran peluncur yang berbentuk segi empat.

Saluran transisi direncanakan agar debit banjir rencana yang disalurkan tidak menimbulkan aliran balik (back water) di bagian hilir saluran samping dan memberikan kondisi yang paling menguntungkan, baik pada aliran di dalam saluran transisi tersebut maupun pada aliran permulaan yang akan menuju saluran peluncur.

Mengingat saluran transisi ini sangat besar pengaruhnya terhadap regim aliran di dalam saluran peluncur dan berfungsi sebagai pengatur aliran pada debit banjir abnormal, maka bentuk saluran ini direncanakan dengan sangat hati-hati. Untuk menghindari aliran helisoidal di dalam saluran ini, maka perlu diusahakan agar bentuknya simetris terutama pada penampang lintang dan tampak atasnya.



Gambar 7. Kondisi saluran transisi di model fisik hidraulik

Pada saluran transisi ini, tercipta aliran tenang di sepanjang saluran samping sampai saluran transisi hilir.

7. Saluran Peluncur

Untuk perencanaan saluran peluncur ini diusahakan berdasarkan beberapa kriteria bentuk, misalnya: diusahakan agar tampak atasnya selurus mungkin, bentuk saluran segi empat, dan kemiringan. Secara umum kondisi aliran di saluran peluncur dalam kondisi baik dan sesuai persyaratan untuk menciptakan aliran super kritis yang nantinya akan diredam energinya di peredam energi (kolam olak).



Gambar 8. Kondisi saluran peluncur di model fisik hidraulik

8. Peredam Energi

Sebelum aliran air yang melintasi bangunan pelimpah dikembalikan lagi ke sungai, maka aliran super kritis harus diperlambat dan berada pada kondisi sub kritis. Untuk keperluan mengurangi energi yang terdapat dalam aliran tersebut, maka di ujung hilir saluran peluncur dibangun peredam energi.



Gambar 9. Kondisi peredam energi di model fisik hidraulik

9. Saluran Hilir

Kondisi saluran di hilir peredam energi, diharapkan tidak memberikan efek aliran balik (back water).



Gambar 10. Kondisi saluran hilir di model fisik hidraulik

10. Pembahasan Hasil Uji Model Fisik Hidraulik Seri 0

Berdasarkan hasil pengujian model fisik hidraulik yang dilakukan di laboratorium dengan skala 1:40, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi aliran di sepanjang saluran pengarah, ambang pelimpah, saluran samping, saluran transisi, saluran peluncur, peredam energi dan saluran hilir, memberikan hasil yang baik. Semua aliran dalam kondisi hidraulik sesuai dengan perencanaan.

Saluran pengarah memberikan profil aliran yang baik dan tenang sebelum masuk ke ambang pelimpah samping. Kondisi aliran yang merata terjadi di semua section ambang pelimpah samping dan dalam kondisi stabil. Aliran di saluran samping memberikan kondisi pengalirang yang stabil dan baik karena di hilir pintu diberikan sill untuk membantu efek peredaman di ujung hulu saluran samping.

Di hilir saluran samping juga diberikan sill yang juga membantu dalam peredaman aliran dan mampu menciptakan aliran yang tenang dan stabil sebelum masuk ke saluran transisi. Pada saluran transisi, di hilirnya diberikan ambang yang digunakan untuk memberikan kondisi hidraulika aliran yang baik dan stabil. Ambang di hilir saluran transisi digunakan sebagai bagian kontrol aliran untuk menciptakan aliran yang stabil dan merata sebelum masuk ke saluran peluncur.

Pada saluran peluncur, aliran dalam kondisi baik dan merata, super kritis (aliran cepat) dan dilakukan pengecekan terhadap kemungkinan terjadinya aliran silang, aliran getar dan kavitasi. Secara hidraulika aliran, kondisi di saluran peluncur ini relatif aman dan sesuai dengan kaidah hidraulika aliran.

Peredam energi di hilir saluran peluncur mampu meredam energi aliran dengan baik. Aliran super kritis dari saluran peluncur, mampu dikonversikan menjadi aliran sub kritis oleh peredam energi ini. Dan saluran di hilir peredam energi mampu melewati aliran dengan baik tanpa terganggu dasar salurannya dan aman terhadap kejadian backwater.

Model Tes Final Desain

Berdasarkan perilaku aliran yang terjadi pada seri 0 yang telah dilakukan, didapatkan perilaku aliran yang baik secara hidraulik di sepanjang saluran pengarah, ambang pelimpah, saluran samping, saluran transisi, saluran peluncur, peredam energi/kolam olah, dan saluran hilir.

Dengan hasil pengujian pada seri 0 yang berhasil mendapatkan kondisi hidraulika aliran yang baik untuk semua kondisi debit pengaliran, maka seri 0 ini dijadikan dan disebut sebagai seri final. Selanjutnya dilakukan beberapa perlakuan operasi model untuk kondisi final ini.

Pengujian untuk seri final ini didasarkan pada hasil seri 0 tersebut. Dilakukan dengan perlakuan untuk Peredaman di saluran transisi dengan meninggikan sill sebelum saluran peluncur, dan penambahan bangunan Groundsill pada cross section 33 untuk mengantisipasi gerusan di hilir kolam olah atau peredam energi.

KESIMPULAN

Pelaksanaan Uji model fisik Pelimpah Bendungan Sukahurip telah melalui berbagai tahapan pengujian, yaitu pengujian pendahuluan (*running test*) untuk kalibrasi model dan pengujian lanjutan model seri final (*final design*).

1. Pelimpah

Pelimpah tipe OGEE dengan lebar 35 m mampu mengalirkan debit banjir mulai Q_{2th} sampai dengan $\frac{1}{2} Q_{PMF}$ dengan aman tanpa terjadi *overtopping*. Untuk semua perlakuan debit pada lengkung pelimpah tidak terjadi kavitasi, hal ini ditunjukkan tidak terdapat tekanan negatif pada bacaan pizometer.

2. Saluran Samping

Saluran samping mampu meredam aliran dari pelimpah dengan baik.

3. Saluran Transisi

Saluran transisi dengan penambahan ambang dengan tinggi 1,50 m di akhir transisi mampu membuat kondisi aliran merata sampai menuju

akhir saluran peluncur untuk semua debit percobaan. Dimana pada tiap debit percobaan kedalaman aliran di atas ambang pada control section di akhir saluran transisi adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Kedalaman aliran di akhir saluran transisi

Debit percobaan	Kedalaman aliran, h (m)	Kecepatan aliran, V (m/det)	Bilangan Froude, F
Q_{100th}	0.79	4.19	1.5082
Q_{1000th}	1.11	5.49	1.6662
$\frac{1}{2} Q_{PMF}$	2.60	4.90	0.9702

(sumber : Hasil Pengamatan)

4. Saluran Peluncur

Saluran peluncur dengan kemiringan 1:5, mampu mengalirkan semua debit percobaan dengan baik, mulai debit Q_{2th} sampai debit maksimum $\frac{1}{2} Q_{PMF}$, yang ditandai dengan formasi aliran yang merata sepanjang saluran peluncur. Aliran di setiap penampang dalam kondisi aliran superkritis dan keamanan hidraulik terjamin, tidak terjadi kavitasi (tidak terdapat tekanan negatif pada piezometer dan hasil hitungan empirik juga menunjukkan tidak ada gejala kavitasi) dan aman terhadap aliran getar (*pulsating flow*).

5. Peredam Energi (*Energy Dissipator*)

Peredam Energi USBR type II cukup efektif meredam energi yang timbul dari akhir saluran peluncur. Hal ini terindikasi dengan loncatan hidraulik yang terjadi untuk debit desain Q_{100th} dan Q_{1000th} masih di dalam ruang kolam olah. Sedangkan untuk debit aliran maksimum $\frac{1}{2} Q_{PMF}$ loncatan hidrolis terjadi di bagian kolam olah dan semburan terjauh masih dalam kondisi aman.

Tabel 2. Karakteristik aliran pada peredam energi

Debit percobaan	Kedalaman aliran, h1 (m)	Kecepatan aliran, V1 (m/det)	Bilangan Froude, F1
Q_{100th}	27.27	18.91	1.1565
Q_{1000th}	27.81	22.32	1.3510
$\frac{1}{2} Q_{PMF}$	27.80	17.63	1.0678
Debit percobaan	Kedalaman aliran, h2 (m)	Kecepatan aliran, V2 (m/det)	
Q_{100th}	26.11	6.45	
Q_{1000th}	26.44	15.24	
$\frac{1}{2} Q_{PMF}$	30.75	19.54	

(sumber : Hasil Pengamatan)

Keterangan :

h_1 = Kedalaman aliran sebelum loncatan hidrolis

v_1 = Kecepatan aliran sebelum loncatan hidrolik

F_1 = Bilangan Froude sebelum loncatan hidrolik

h_2 = Kedalaman aliran setelah loncatan hidrolik

v_2 = Kecepatan aliran setelah loncatan hidrolik

6. Saluran Pengarah Hilir (*escape channel*)

Akibat peredaman yang baik pada peredam energi, aliran yang menuju saluran pengarah hilir dalam kondisi subkritis dengan karakteristik aliran pada section 30 sebagai berikut :

Tabel 3. Karakteristik aliran saluran pengarah hilir section 30

Debit percobaan	Kedalaman aliran, h (m)	Kecepatan aliran, V (m/det)	Bilangan Froude, F
Q 2 th	27.55	1.94	0.1181
Q 25 th	27.47	1.11	0.0675
Q 50 th	27.07	1.65	0.1012
Q 100 th	26.61	1.80	0.1117
Q 1000 th	26.56	3.61	0.2236
½ Q PMF	25.75	8.52	0.5360

(sumber : Hasil Pengamatan)

7. Ground Sill

Untuk keperluan pengaman penurunan elevasi dasar sungai di Hilir peredam energi diperlukan pemasangan ground sill yang diletakkan , pada jarak 150 m dari pertemuan escape channel dengan sungai asli. Dimana tinggi ground sill direncanakan sama dengan elevasi dasar sungai asli.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis Mengucapkan terima kasih untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini hingga selesai. Dan juga kepada Laboratorium Hidrolika Terapan Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, Ven Te, 1959, **Open Channel Hydraulics**, Mc Graw Hill Book company, Tokyo
- De Vries, M, 1977. **Scale Model in Hydraulics Engineering**, Delft.
- Raju, Ranga. 1986. **Aliran Melalui Saluran Terbuka**. Jakarta: Erlangga.
- Sharp, J.J. 1981. **Hydraulic Modelling**, Butterworth & Co. (publishers) Ltd, London.
- Satria, Arief, 2009. **Alternatif Perencanaan Pelimpah**, Skripsi, Universitas Brawijaya Malang.
- Sosrodarsono, Suyono dkk, 1977, **Bendungan Type Urugan**, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.