

KAJIAN HIDROLIKA SALURAN TRANSISI DAN SALURAN PELUNCUR PADA UJI MODEL FISIK WADUK JEHEM KABUPATEN BANGLI BALI

Prastumi, Herdin Primadi
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengkaji karakteristik yang terjadi pada saluran transisi dan saluran peluncur, sehingga dapat ditemukan alternatif pemecahan permasalahan yang terjadi pada desain awal (*original design*). Pengaliran air pada penelitian ini menggunakan variasi debit banjir rancangan Q_{100th} , Q_{1000th} , dan Q_{PMF} (*Probable Maximum Flood*). Uji model fisik dibuat dengan skala 1 : 40 dan dilakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Berdasarkan hasil uji model untuk beberapa variasi debit menunjukkan bahwa, kondisi aliran air saluran transisi dan saluran peluncur cukup stabil setelah dilakukan beberapa perubahan desain. Perubahan tersebut antara lain penambahan sill pada akhir saluran transisi, mengubah dinding pengarah pada saluran samping dari tegak menjadi miring, dan menurunkan elevasi dasar saluran pada saluran samping.

Angka Froude pada saluran transisi menunjukkan nilai $Fr < 1$ sehingga termasuk jenis aliran subkritis sedangkan pada saluran peluncur menunjukkan nilai $Fr > 1$ yang termasuk jenis aliran superkritis. Hasil pengujian kecepatan aliran pada saluran transisi dan saluran peluncur cukup merata untuk setiap titik pengukuran pada masing-masing *section*. Tinggi muka air kanan-as-kiri pada saluran transisi tidak sama, hal ini disebabkan oleh pengaruh belokan saluran dan pelimpah samping. Sedangkan pada saluran peluncur tinggi muka air relatif merata. Pada pengujian dengan Q_{100th} , Q_{1000th} , dan Q_{PMF} tidak ditemukan terjadinya kavitasi. Pengujian pada akhir saluran peluncur juga sebagai salah satu faktor dalam memilih tipe USBR (*United State Bench Rest*) yang akan dipakai.

Kata kunci : pola aliran, distribusi kecepatan, angka Froude

ABSTRACT

This research is carried out by examining characteristic on transitional passage and roller passage in order to obtain alternatives in solving problem on preliminary design (*original design*). Water jetting in this research applies various plan flood debit Q_{100th} , Q_{1000th} and Q_{PMF} (*Probable Maximum Flood*). Physical model test in scale 1:40 in conducted at Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Model test shows that for several debit variation, water flow along transitional passage and roller passage become stable after design modification is being done. Design modification includes seal addition on the end of transitional passage, reorientation of side passage directing wall from upright to inclined position and reduce elevation of side passage base.

Subcritical flow at transitional passage is shown from its Froude Number $0 < Fr < 1$, while Froude Number $1 < Fr < 4.5$ at roller passage indicates a supercritical flow. It is also shown from the test that flow velocity is quite even at both transitional passage and roller passage for every measurement point in each section.

Keywords : Froude number, velocity distribution,

PENDAHULUAN

Dalam rangka pemanfaatan potensi sumber daya alam yang ada di Bali, khususnya pemanfaatan sungai yang ada, maka pemerintah daerah Bali berencana memanfaatkan sungai Tukad Melangit untuk dijadikan Waduk Jehem yang nantinya akan digunakan untuk membantu pengaliran air bagi masyarakat dalam kehidupan sehari-hari.

Salah satu tujuan dalam penelitian Model Test ini adalah untuk mengetahui karakteristik pola aliran yang terjadi pada waduk jehem Bangli terhadap variasi perubahan debit rencana.

Karakteristik pola aliran tersebut dapat berupa tinggi muka air, kecepatan, dan keadaan aliran itu sendiri yang dapat dilihat secara visual melalui pengamatan. Dalam penelitian ini akan dibandingkan karakteristik pola aliran (tinggi muka air dan kecepatan) yang terjadi antara pengamatan dan secara teoritis.

Atas dasar inilah, maka penulis mengangkat permasalahan ini, dengan judul “ Karakteristik Pola Aliran Pada Pelimpah dengan Perubahan Debit Rancangan di Waduk Jehem Bangli “.

Penelitian uji model test hidrolika ini mempelajari perilaku hidrolika bangunan pelimpah samping *type side spillway* tanpa pintu, yang meliputi penelitian pola aliran dan kecepatan aliran serta tinggi muka air pada bagian saluran transisi dan saluran peluncur.

Beberapa rumusan masalah pada studi kajian ini adalah :

1. Bagaimana kondisi aliran pada saluran transisi dan saluran peluncur untuk debit banjir rancangan Q_{100th} , Q_{1000th} , dan Q_{PMF} ?
2. Bagaimana karakteristik (tinggi muka air, kecepatan, tinggi tekan) pada saluran transisi dan saluran peluncur untuk debit banjir rancangan Q_{100th} , Q_{1000th} , dan Q_{PMF} ?

Pembatasan masalah antara lain :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrolika Terapan

Jurusan Teknik Pengairan
Universitas Brawijaya Malang.

2. Penelitian pada debit Q_{100th} , Q_{1000th} , dan Q_{PMF} .
3. Tidak membahas pelimpah, saluran samping, dan peredam energi.
4. Tidak membahas struktur dari saluran transisi dan saluran peluncur.
5. Pola pengoperasian waduk pada studi ini tidak dibahas.

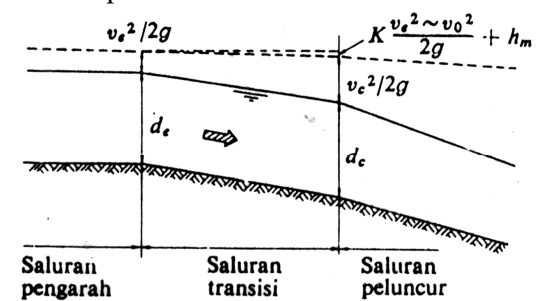
TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari perilaku hidrolika dan mengetahui alternatif pemecahan permasalahan yang terjadi pada desain awal (*original design*) yang paling sesuai diterapkan pada utilitas Waduk Jehem Bangli.

TINJAUAN PUSTAKA

Saluran Transisi (*channel transitions*)

Saluran samping pada bangunan pelimpah samping sering terdapat fenomena ketidakrataan distribusi kecepatan. Sehingga sebelum saluran peluncur dibuat saluran transisi. Saluran transisi biasanya direncanakan agar debit banjir rancangan yang akan disalurkan tidak menimbulkan kecepatan yang tidak rata dan air terhenti (*back water*) di bagian hilir saluran setelah pelimpah, sehingga dapat memberikan kondisi yang menguntungkan, baik pada aliran di dalam saluran transisi tersebut maupun pada aliran permulaan yang akan menuju saluran peluncur.



Gambar 1. Skema aliran dalam kondisi terjadinya aliran kritis di ujung hilir saluran transisi
Sumber : Sosrodarsono, 2002:204

Perhitungan hidraulika saluran transisi menggunakan persamaan energi dengan rumus sebagai berikut :

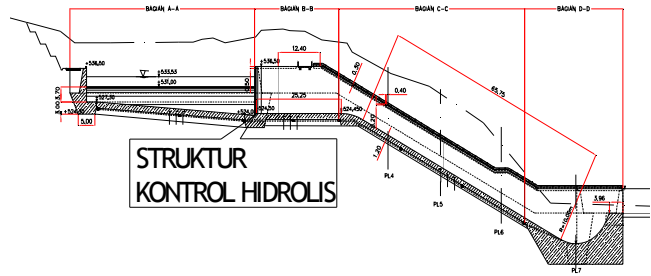
$$d_e + \frac{v_e^2}{2g} = d_c + \frac{v_c^2}{2g} + \frac{K[v_e^2 - v_c^2]}{2g} + h_m$$

Dalam hal ini :

- d_e = Kedalaman aliran masuk ke dalam saluran transisi (m)
- v_e = Kecepatan aliran masuk ke dalam saluran transisi (m/dt)
- d_c = Kedalaman kritis pada ujung hilir saluran transisi (m)
- v_c = Kecepatan aliran kritis pada ujung hilir saluran transisi (m/dt)
- K = Koefisien kehilangan tinggi tekanan yang disebabkan oleh perubahan penampang lintang saluran transisi
- h_m = Kehilangan total tinggi tekanan yang disebabkan oleh gesekan dan lain-lain.

Kecepatan aliran tetap konstan pada suatu penampang hanya dalam kasus aliran fluida sempurna non kurvilinear. Dalam kasus aliran fluida nyata (*real fluid flow*), kecepatan itu berubah-ubah sepanjang penampang. Kecepatan pada batas adalah sama dengan nol dan kecepatan itu bertambah dengan bertambahnya jarak dari batas. Percepatan yang demikian perlu dipertimbangkan dalam perhitungan energi kinetis dan dalam pertambahan momentum pada suatu aliran terbuka. (Raju, Ranga 1986:13)

Pada pelimpah Waduk Jhem ini, penampang kontrol yang digunakan adalah penampang kontrol dengan peninggian dasar saluran. Penampang kontrol ini diletakkan pada awal saluran transisi. Fungsi dari penampang kontrol pada awal saluran transisi ini adalah untuk mendapatkan kondisi aliran yang baik pada saluran transisi dan saluran peluncur. Adapun secara teknis desain penampang kontrol dari Waduk Jhem seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 2. Desain penampang kontrol

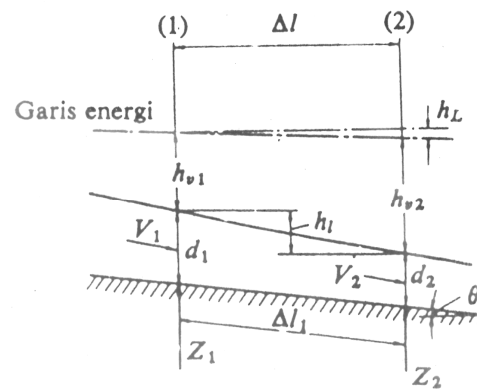
Saluran Peluncur

Dalam perencanaan saluran peluncur (*flood way*), harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (Sosrodarsono, 2002:205) :

1. Agar air yang melimpah dari saluran pengatur mengalir dengan lancar tanpa hambatan-hambatan hidrolis.
2. Agar konstruksi saluran peluncur cukup kukuh dan stabil dalam menampung semua beban yang timbul
3. Agar biaya konstruksinya diusahakan seekonomis mungkin.

Guna memenuhi persyaratan tersebut, supaya diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Diusahakan agar tampak atasnya selurus mungkin.
2. Penampang lintang saluran peluncur sebagai patokan supaya diambil bentuk persegi empat.
3. Kemiringan dasar saluran diusahakan sedemikian rupa, sehingga semakin ke hilir semakin curam.



Gambar 3. Skema penampang memanjang aliran pada saluran peluncur

Seperti yang tertera pada gambar dan menganggap potongan 1 sebagai titik permulaan dalam perhitungan dengan rumus Bernoulli sebagai berikut :

$$\frac{V_1^2}{2g} + d_1 + S_0 \Delta l = \frac{V_2^2}{2g} + d_2 + h_L$$

dan karena $h_L = S_0 \cdot \Delta l_1$, maka rumus tersebut menjadi :

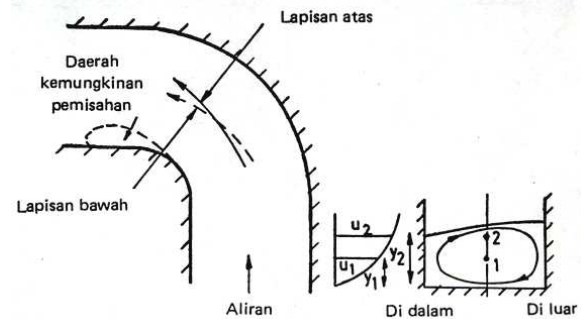
$$\Delta l = \frac{\frac{V_2^2}{2g} + d_2 + S_0 \cdot \Delta l_1 - \frac{V_1^2}{2g} - d_1}{S_0}$$

S_0 = Kemiringan dasar saluran peluncur

Pada saluran yang terdapat belokan selalu memiliki aliran yang kompleks. Garis alirannya tidak hanya kurvilinier tetapi juga jalin-menjalin yang menghasilkan arus spiral dan gelombang bersilangan. Gaya sentrifugal yang terjadi pada aliran yang melewati belokan menghasilkan superelevasi, yaitu peristiwa naiknya permukaan air pada belokan luar dan turunnya muka air pada belokan dalam.

Aliran spiral berkaitan dengan gerakan partikel-partikel air sepanjang lintasan helikal searah dengan arah aliran. Disamping komponen kecepatan alir normal terhadap penampang lintang saluran, juga terdapat kecepatan transversal. Penyebab utama terjadinya aliran spiral adalah (Chow, Ven Te 1997:396)

1. Gesekan pada dinding saluran yang menyebabkan kecepatan filamental lebih tinggi pada daerah dekat pusat dibandingkan di dekat dinding saluran.
2. Gaya sentrifugal yang membelokkan partikel-partikel air dari gerak garis lurus.
3. Distribusi kecepatan vertikal yang terjadi pada saluran.



Gambar 4. Sirkulasi sekunder dan beda tinggi pada tikungan saluran
Sumber : Raju, Ranga

Kavitasi

Pengertian dari kavitasi adalah bila suatu cairan mengalir ke dalam suatu daerah yang tekanannya adalah sama dengan tekanan uap pada temperatur tersebut, yang merupakan titik awal terjadinya kavitasi.

Apabila gelembung-gelembung udara terbawa ke daerah yang bertekanan lebih tinggi, gelembung-gelembung udara tadi tiba-tiba pecah dan sekitar cairan tersebut akan mengalir dengan cepat mengisi rongga-rongga yang terjadi karena pecahnya gelembung udara. Kekuatan dorong yang terjadi akibat keadaan tersebut pada umumnya berakibat pada tekanan setempat yang sangat tinggi yang menyebabkan permukaan yang padat dimana kejadian tersebut berlangsung berlubang dan rusak. Gejala tersebut dikenal dengan kavitasi (Dake, 1983:196).

Pengaruh kavitasi yang paling menonjol adalah di daerah kecepatan setempat yang tinggi, menurut persamaan Bernoulli cenderung mempunyai tekanan yang rendah. Saluran luncur yang tinggi khususnya daerah dengan lengkungan dengan jari-jari kecil mempunyai kecenderungan untuk mengalami kavitasi.

Suatu bentuk persamaan untuk memperkirakan kavitasi berupa parameter tak berdimensi, merupakan hubungan antara gaya pelindung terhadap kavitasi (*ambient pressure*) dan penyebab kavitasi

(dynamic pressure) disebut indeks kavitasi. Perhitungan kavitasi dengan persamaan berikut (Roberson, Cassidy, Chaudry, 1998:386) :

$$\sigma = \frac{P_o - P_v}{\rho \frac{V_o^2}{2}}$$

$$C_p = \frac{P - P_o}{\rho \frac{V_o^2}{2}}$$

Cp = Angka batas kavitasi
s = Indeks kavitasi

Kriteria kavitasi :

- $s > C_p$: tidak terjadi kavitasi
- $s \leq C_p$: terjadi kavitasi

Untuk menghitung besarnya angka kavitasi, harus diketahui besarnya massa jenis air dan tekanan uap yang mana kedua hal tersebut dipengaruhi oleh suhu pada saat penelitian berlangsung.

Skala Model dan Konstruksi Model

Ada dua jenis yang dapat digunakan dalam pemakaian skala model fisik hidraulika, yaitu skala model sama (*undistorted model*) dan skala model yang tidak sama (*distorted model*). Skala model sama adalah skala yang dipakai dalam pembuatan model dimana perbandingan skala mendatar dan skala tegak adalah sama. Sedangkan skala model yang tidak sama adalah perbandingan antara skala mendatar dan skala tegak yang tidak sama.

Hubungan skala (*scale relation*) yang digunakan untuk pembuatan/perencanaan model fisik dibedakan menjadi dua kelompok (de Vries, 1977:28) :

1. *Scale Law* :
Hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi (dalam hal ini adalah *Roughnes condition* dan *Froude condition*).
2. *Scale Condition* :

Hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi untuk menghindari *scale effects* (dalam hal ini adalah kriteria kesebangunan).

Hubungan antara model dan prototipe dipengaruhi oleh hukum-hukum sifat sebangun hidraulika. Perbandingan antara prototipe dan model disebut dengan skala model. Dalam merencanakan suatu model terdapat sifat-sifat kesebangunan model, yang amat menentukan ketelitian model tersebut.

Yang dimaksudkan dengan kesebangunan tersebut adalah :

1. Sebangun geometris, disebut juga dengan sebangun bentuk. Yaitu perbandingan antara ukuran analog prototipe dengan model harus sama besarnya. Perbandingan yang digunakan adalah Panjang, Luas dan Volume.

$$n_l = \frac{\text{ukuran di prototipe}}{\text{ukuran di model}} = \frac{L_p}{L_m}$$

Semua ukuran pada titik sembarang di model dan prototipe harus mempunyai skala yang sama.

Sebangun geometris sempurna tidak selalu mudah dicapai, sehingga kekasaran permukaan dari model yang kecil tidak mungkin merupakan hasil dari skala model, tetapi hanya dibuat permukaan yang lebih licin daripada prototipe.

2. Sebangun kinematis, yaitu sebangun gerakan. Perbandingan yang digunakan adalah Waktu, Kecepatan dan Debit.
3. Sebangun dinamis, yaitu kesebangunan gaya-gaya yang terjadi bila gerakannya sebangun kinematis, dan rasio dari massa yang bergerak serta gaya penyebabnya sudah homolog besarnya.

Skala Model Tanpa Distorsi (Undistorted)

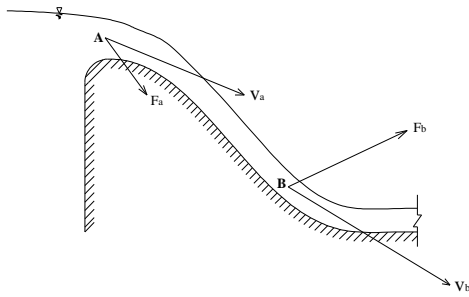
Jika gaya gravitasi dominan dalam suatu sistem, maka skala model yang dipakai berdasarkan bilangan Froude.

Bilangan Froude harus sama antara model dan prototipe.

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

Dimana subskrip m dan p menunjukkan model dan prototipe. Dengan menganggap bahwa percepatan gravitasi adalah konstan di seluruh muka bumi, maka :

Dalam hal ini $L_r = L_m/L_p$ dinamakan skala geometri.



Gambar 5. Kesebangunan Hidrolika.

Kecepatan aliran (nv)

Untuk suatu bangunan hidraulika berupa saluran pelimpah (*Over Flow Wier Type*), maka yang menentukan keadaan aliran adalah bilangan Froude (Bambang Triatmodjo, 1996:179) :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}}$$

dengan :

- v = Kecepatan aliran (m/det)
- g = Percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)
- h = Kedalaman aliran (m)

Pemilihan Skala Model

Pemilihan skala geometris model yang cocok tergantung pada tipe sistem fluida yang akan distudi, dan tergantung pada ruang yang tersedia untuk membuat model, namun demikian persyaratan kesetaraan dinamis dapat dipakai juga untuk menentukan skala model. Sebagai contoh skala debit, memungkinkan untuk menentukan kisaran aliran dalam model

yang harus dipakai untuk mensimulasi kisaran debit yang ada pada prototipe.

Apabila hubungan antar skala dan kesebangunan telah dipenuhi, maka tingkat ketelitian perlu diperhatikan sehubungan dengan besarnya nilai skala yang digunakan. Pemilihan skala model umumnya didasarkan pada beberapa pertimbangan sebagai berikut.

1. Tujuan dari pengujian.
2. Ketelitian yang diharapkan.
3. Fasilitas yang tersedia di laboratorium.
4. Waktu dan biaya yang tersedia.

Tabel 1. Data debit

Kala ulang debit banjir rancangan	Debit inflow pelimpah prototipe Q_i (m ³ /det)	Debit outflow pelimpah prototipe Q_p (m ³ /det)	Debit outflow pelimpah model Q_m (m ³ /det)	Debit outflow pelimpah model Q_m (lt/det)
Q_{100th}	251,65	227,765	0,02251	22,51
Q_{1000th}	384,02	360,047	0,03558	35,58
Q_{PMF}	460,83	430,821	0,04257	42,57

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilaksanakan pada awal mei sampai akhir Juni 2008.

Sarana Penelitian

Adapun beberapa peralatan yang digunakan dalam kegiatan penelitian, antara lain :

1. Model Test Waduk Jhem yang telah dibangun dengan skala 1 : 40
2. Pompa air, berfungsi untuk memompa air dari bak penampung dialirkan ke saluran percobaan melalui pipa-pipa yang ada
3. Bak penampung air untuk mengalirkan air ke model yang dilengkapi dengan kran pengatur aliran dan alat pengukur debit (*Rechbox*), sehingga dapat diketahui bahwa aliran debit adalah konstan

4. Tabung pitot (*pitot tube*), digunakan untuk mengukur kecepatan aliran pada saluran. Pengukuran kecepatan *pitot tube* didasarkan pada beda tinggi tekan air pada selang pitot
5. Waterpass, berfungsi untuk mengukur elevasi muka air saat percobaan.
6. Bak meter, berfungsi untuk membantu pengukuran
7. Peralatan tulis

Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan variabel dan parameter bebas dan variabel tak bebas.

1. Variabel bebas adalah data hidrologi

Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas antara lain :

Variasi debit (Q) : (Q 100th = 23,05 m³/det), (Q 1000th = 36,43 m³/det), (Q PMF = 43,59 m³/det)

2. Variabel tidak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel tidak bebas antara lain : Kecepatan aliran, tinggi muka air, jarak-jarak titik pengujian.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola aliran yang terjadi pada bagian pelimpah sampai peredam energi di waduk Jhem Bali.

Tabel 2. Rancangan penelitian

Q debit rancangan	T (tinggi muka air)	Kecepatan (v)	Tipe aliran
Q ₁₀₀ tahun			
Q ₁₀₀₀ tahun			
Q _{PMF}			

Langkah – langkah Penelitian

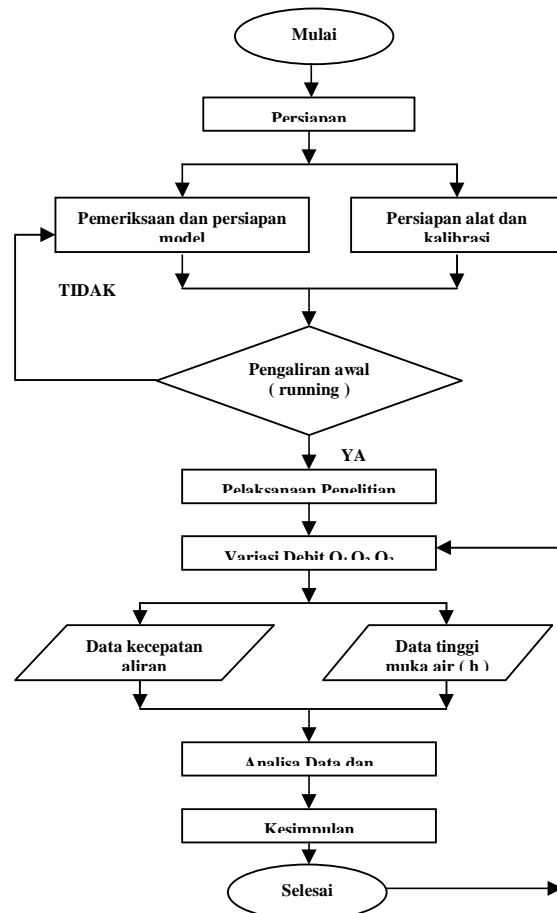
Dalam penelitian ini, model waduk Jhem telah dibuat terlebih dahulu.

Penempatan pelimpah serta bagian – bagian waduk lainnya telah disesuaikan dengan keadaan aslinya. Dalam penelitian, pengaliran diusahakan pengaliran sempurna agar dapat dilihat pola alirannya.

Tabel 3. Langkah – langkah penelitian

No	Kegiatan
1	Mempersiapkan peralatan dilaboratorium termasuk membuat membuat model fisik pelimpah
2	Kalibrasi alat ukur debit dan alat ukur kecepatan
3	Melakukan pengaliran awal untuk mengetahui apakah layak atau tidaknya
4	Melakukan pengukuran H (tinggi muka air dari dasar saluran), v (kecepatan aliran) dan tekanan pada titik – titik yang direncanakan dengan Q ₁
5	Mengamati pola aliran secara langsung yang terjadi pada pelimpah
6	Selanjutnya mengulangi langkah (4) dengan Q ₂ , Q ₃ , Q ₄ , Q ₅ , dan Q _{PMF}

Diagram Alir Penelitian



Gambar 6. Flow chart diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa yang akan dilakukan meliputi beberapa perhitungan sebagai berikut:

- Analisa skala model.
- Perhitungan kecepatan aliran.
- Perhitungan tinggi muka air.
- Distribusi kecepatan pada penampang.
- Perhitungan debit/satuan lebar.
- Perhitungan tinggi tekan.
- Perhitungan angka froude.
- Penentuan jenis aliran.
- Perhitungan indeks kavitasi.

Skala yang digunakan dalam model fisik ini adalah skala undistorsi atau skala model sama yaitu skala yang dipakai dalam pembuatan model dimana perbandingan skala mendatar dan skala tegak adalah sama. Skala yang diambil dalam model fisik ini adalah 1 : 40.

Pada Debit Q_{100}^{th} dan Q_{1000}^{th} kecepatan terendah berada pada *section* 6 yaitu sebesar 3,94 m/dt untuk Q_{100}^{th} dan 5,81 m/dt untuk Q_{1000}^{th} , sedangkan untuk Q_{PMF} kecepatan terendah berada pada *section* 8 yaitu sebesar 5,12 m/dt. Kecepatan tertinggi untuk Q_{100}^{th} , Q_{1000}^{th} , dan Q_{PMF} berada pada *section* 14 yaitu sebesar 20,11 m/dt (Q_{100}^{th}), 21,43 m/dt (Q_{1000}^{th}), dan 20,22 m/dt (Q_{PMF})

Distribusi kecepatan pada tampang melintang saluran transisi dan saluran peluncur digambarkan dengan garis kontur kecepatan. Terlihat kecepatan minimum terjadi di dekat dinding batas (dasar dan tebing) dan bertambah besar dengan jarak menuju ke permukaan. Garis kontur kecepatan maksimum terjadi di 0,6 h tinggi muka air pada tengah-tengah lebar saluran. Gambar distribusi kecepatan pada *section* 6 (saluran transisi) ini kecepatannya lebih besar ke bagian kanan dari arah aliran air. Hal ini dikarenakan faktor belokan yang terjadi dari saluran pengarah menuju saluran transisi serta

pengaruh pelimpah samping yang berada di sebelah kiri sebelum saluran transisi.

Data tinggi muka air pada saluran transisi dan peluncur dipergunakan untuk menggambar profil muka air pada setiap debit dan digunakan untuk perhitungan data selanjutnya.

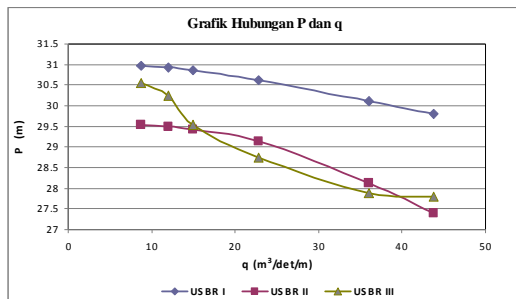
Pada debit Q_{100}^{th} , Q_{1000}^{th} , dan Q_{PMF} tinggi tekan terendah sebesar 28,65 m (Q_{100}^{th}), 27,88 m (Q_{1000}^{th}), dan 27,39 m (Q_{PMF}). Sedangkan tinggi tekan terbesar adalah 30,61 m (Q_{100}^{th}), 30,11 m (Q_{1000}^{th}), dan 29,81 m (Q_{PMF}). Grafik hubungan q dan P menunjukkan bahwa semakin besar q maka semakin rendah tinggi tekannya.

Pada saluran transisi uji model fisik Waduk Jhem ini angka Froude menunjukkan nilai $Fr < 1$ sehingga termasuk tipe aliran subkritis. Dari hasil pengujian menggunakan kolam olakan USBR IV kombinasi maka dinding saluran pada saluran pengarah diubah dari tegak menjadi miring. Hal ini disebabkan oleh dinding tegak pada saluran pengarah mempengaruhi nilai Froude pada saluran transisi. Nilai Froude pada saluran transisi yang dihasilkan dari dinding tegak menunjukkan nilai $Fr > 1$ sehingga termasuk dalam tipe aliran super kritis dan juga menyebabkan aliran air menjadi tidak stabil. Pada saluran peluncur angka Froude menunjukkan nilai $Fr > 1$ sehingga termasuk tipe aliran superkritis. angka Froude pada *section* 14 yaitu pada akhir saluran peluncur ini digunakan sebagai salah satu faktor dalam menentukan tipe kolam olakan USBR yang akan dipakai.

Perhitungan angka kavitasi pada saluran transisi dan saluran peluncur dengan debit Q_{100}^{th} , Q_{1000}^{th} , dan Q_{PMF} menunjukkan tidak terjadi kavitasi.

Tabel 4a. Hasil Hubungan antara P dan q diakhir saluran peluncur.(section 14)

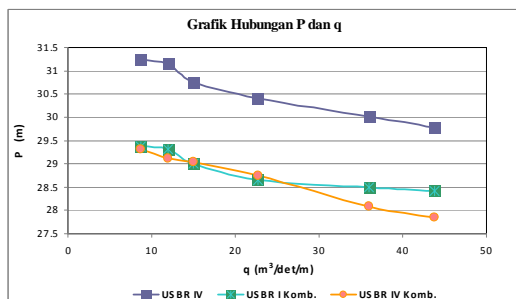
USBR I		USBR II		USBR III	
P	q	P	q	P	q
30.96	8.73	29.53	8.73	30.56	8.73
30.92	12	29.49	12	30.25	12
30.85	15	29.43	15	29.53	15
30.61	22.77	29.15	22.77	28.74	22.77
30.11	36.01	28.12	36.01	27.88	36.01
29.81	43.82	27.39	43.82	27.79	43.82



Gambar 7a. Hubungan antara P dan q diakhir saluran peluncur.(section 14)

Tabel 4b. Hasil Hubungan antara P dan q diakhir saluran peluncur.(section 14)

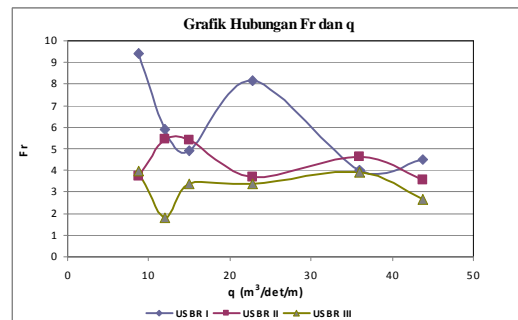
USBR IV		USBR I Kombinasi		USBR IV Kombinasi	
P	q	P	q	P	q
31.24	8.73	29.37	8.73	29.31	8.73
31.15	12	29.31	12	29.11	12
30.75	15	29	15	29.04	15
30.4	22.77	28.65	22.77	28.75	22.77
30.01	36.01	28.5	36.01	28.09	36.01
29.79	43.82	28.41	43.82	27.85	43.82



Gambar 7b. Hubungan antara P dan q diakhir saluran peluncur.(section 14)

Tabel 5a. Hasil Hubungan antara Fr dan q diakhir saluran peluncur.(section 14)

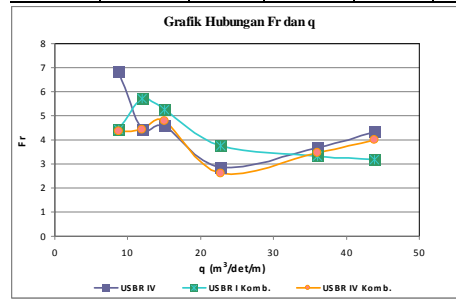
USBR I		USBR II		USBR III	
Fr	q	Fr	q	Fr	q
9.42	8.73	3.76	8.73	3.95	8.73
5.88	12	5.44	12	1.82	12
4.91	15	5.4	15	3.38	15
8.15	22.77	3.68	22.77	3.39	22.77
4.02	36.01	4.65	36.01	3.94	36.01
4.51	43.82	3.54	43.82	2.65	43.82



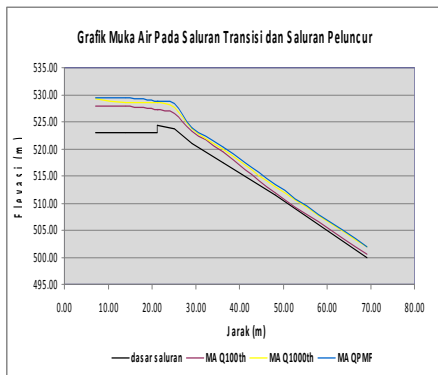
Gambar 8a. Hubungan antara Fr dan q diakhir saluran peluncur.(section 14)

Tabel 5b. Hasil Hubungan antara Fr dan q diakhir saluran peluncur.(section 14)

USBR IV		USBR I Kombinasi		USBR IV Kombinasi	
Fr	q	Fr	q	Fr	q
6.83	8.73	4.43	8.73	4.35	8.73
4.44	12	5.73	12	4.43	12
4.58	15	5.26	15	4.8	15
2.86	22.77	3.75	22.77	2.61	22.77
3.67	36.01	3.32	36.01	3.46	36.01
4.31	43.82	3.18	43.82	3.99	43.82



Gambar 8b. Hubungan antara Fr dan q diakhir saluran peluncur.(section 14)



Gambar 9. Grafik muka air saluran transisi dan saluran peluncur

KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan dan analisa yang dilakukan sesuai dengan rumusan masalah pada kajian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Kondisi aliran pada saluran transisi dan peluncur dengan debit Q_{100}^{th} , Q_{1000}^{th} , dan Q_{PMF} cukup stabil. Dengan diubahnya dinding pengarah pada saluran samping dari tegak menjadi miring membuat aliran pada saluran transisi menjadi stabil. Selain itu, Untuk menstabilkan pola aliran pada bagian saluran transisi dan saluran peluncur maka pada bagian akhir saluran transisi dipasang penampang kontrol berupa sill.
2. Pada saluran transisi angka Froude menunjukkan nilai $Fr < 1$ sehingga termasuk tipe aliran subkritis sedangkan pada saluran peluncur angka Froude menunjukkan nilai $Fr > 1$ sehingga termasuk tipe aliran superkritis. Tinggi muka air bagian kanan-as-kiri pada saluran transisi tidak sama sedangkan pada saluran peluncur relatif sama. Pada saluran transisi dan saluran peluncur distribusi kecepatan relatif sama untuk setiap *section*.
3. Dari hasil pengolahan data menunjukkan tidak terjadi kavitasi.
4. Pengujian pada saluran transisi dan saluran peluncur pada debit Q_{100}^{th} , Q_{1000}^{th} , dan Q_{PMF} mengubah desain dinding saluran pengarah dari tegak

menjadi miring, penurunan elevasi dasar saluran pada saluran samping, dan sebagai salah satu faktor dalam menentukan tipe USBR yang cocok digunakan untuk Waduk Jehem.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Program Hibah A2 yang telah mendanai penelitian ini dan Laboratorium Hidrolika Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang tempat pelaksanaan penelitian, dan semua pihak atas partisipasi dan dukungannya selama penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini. (1977). **Hidrolika Saluran Terbuka**. Citra Media, Surabaya.
- Bambang Triatmodjo. (1993) **Hidrolika II**. Beta Offset, Yogyakarta.
- Chaudhry, M.Hanif. (1993) **Open Channel Flow**. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Chow, Ven Te. (1997). **Hidrolika Saluran Terbuka**. Terjemahan E.V. Nensi Rosalina. Erlangga, Jakarta
- De Vries, (1997). **Scaling Model Hydraulics**. IHE Published, Netherland.
- Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali. (1997). **Laporan Pendahuluan Model Test Waduk Jehem di Kabupaten Bangli**.
- Direktorat Jenderal Pengairan. (1986) **Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bangunan Utama (KP-02)**. CV Galang Persada, Bandung
- Raju, K.G.R. (1986). **Aliran Melalui Saluran Terbuka**. Terjemahan Yan Piter Pangaribuan B.E., M.Eng. Erlangga, Jakarta
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. (2002). **Bendungan Tipe Urugan**. Erlangga, Jakarta
- Subramanya, K. (1986). **Flow In Open Channels**. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi