

**TINJAUAN JARAK AWAL LONCAT AIR
AKIBAT PERLETAKAN *END SILL*
PADA PINTU AIR GESER TEGAK (*SLUICE GATE*)**

Jhonson Andar H¹⁾, Paulus N²⁾

1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

2) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

INTISARI

Dalam mengoptimalkan peranan bangunan pintu air sebagai pengatur debit dan pengatur tinggi muka air dihilir bangunan pintu air, sering dihadapkan pada masalah gerusan local (Local Scouring) di sebelah hilir bangunan pintu air. Berbagai penanganan masalah tersebut telah dilakukan, diantaranya dengan pembuatan landasan kolam olak atau dikombinasikan dengan pemasangan ambang peredam energi (End Sill). Hal tersebut sangat positif untuk dilakukan, namun secara teoritik data-data yang tersedia dalam mencari tingkat efisiensi dan efektifitas yang lebih besar dari penanganan tersebut masih sangat minim.

Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian lebih lanjut dalam melihat fenomena loncatan air yang terjadi disebelah hilir bangunan pintu air akibat jarak letak End Sill dan tinggi End Sill tersebut guna mendapat masukan data dalam mencari tingkat efisiensi dan efektifitas panjang apron dari letak dan tinggi End Sill jika dibandingkan dengan data-data primer atau sekunder hasil referensi penelitian sebelumnya.

Berdasarkan hasil pengamatan secara eksperimental dalam penelitian ini, diperoleh kenyataan bahwa untuk setiap perubahan bukaan pintu dan perubahan tinggi ambang (End Sill) yang dipakai dengan pengaturan letak End Sill yang digeser mendekati hulu pintu air, terjadi hal sama yakni jarak awal loncat air yang terjadi semakin pendek, sampai jarak tertentu dekat pintu akan mengalami loncatan terendam (Submerged).

Key words :

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air sangat diperlukan untuk berbagai aspek hidup dan kehidupan, baik manusia, makhluk hidup lainnya maupun lingkungan. Peningkatan kebutuhan akibat pertumbuhan penduduk dan peningkatan kesejahteraan masyarakat memacu pemanfaatan sumber daya alam, termasuk sumber daya air.

Minat manusia untuk mengoptimalkan manfaat air tersebut khususnya pada saluran air alami dan saluran air buatan telah ada sejak dahulu kala. Usaha daya cipta manusia dalam bidang hidraulika dalam mengatasi masalah pengairan khususnya pada bangunan-bangunan seperti bangunan pintu air, telah sering dilakukan namun bentuk penyelesaian tersebut sifatnya dapat beragam untuk setiap orang, tergantung obyek yang ditinjau.

Bangunan pintu air geser tegak (*sluice gate*) di jaringan irigasi pada saat pintu dibuka dapat menimbulkan aliran superkritik yang saat bertemu dengan aliran subkritik dibagian hilir akan terjadi loncatan air (*hydraulic jump*). Terjadinya aliran superkritik dan loncat air inilah yang menjadi pemicu terjadinya gerusan yang dapat mengakibatkan runtuhnya bangunan.

Upaya untuk melindungi struktur terhadap bahaya gerusan adalah dengan membuat lantai belakang cukup panjang yang dilengkapi *End Sill* (balok peredam energi) atau *End Sill* (pembuatan ambang di akhir kolam olak). Untuk keperluan itu maka diperlukan tuntutan perencanaan jarak loncatan air dan tinggi *End Sill*. Namun yang sering menjadi masalah adalah, dalam menentukan tingkat efektifitas yang menjadi batas kemampuan dari dimensi *End Sill* dan panjang kolam olakan yang ditentukan sesuai dengan panjang loncatan air dalam meredam energi yang terbentuk oleh perubahan distribusi kecepatan aliran disaluran (*flume*) melalui (*sluice gate*). Dalam mengendalikan perubahan energi tersebut sampai tingkat paling optimal yang jika dilakukan dengan analisa teoritis tidak dapat menghasilkan nilai-nilai kuantitatif yang hampir benar (Chow. V. T, 1985). Mengingat ketersediaan data akan pengaruh hubungan tersebut belum mencukupi, terutama pada bagian *surface stream*, maka sekiranya perlu dilakukan lebih penelitian lebih lanjut untuk mengetahui optimalisasi hubungan tersebut.

Untuk menunjang upaya dalam perencanaan sumber daya air, khususnya perlindungan pada daerah pengaliran sungai terutama pada pintu air, maka dibutuhkan penanggulangan dengan suatu analisis melalui penelitian agar meminimalkan kemungkinan akan dampak yang merusak dinding dan dasar saluran.

Pintu air pada saluran diperlukan untuk mengatur debit air yang diperlukan, namun permasalahannya adalah data apa yang diperlukan untuk menunjang perencanaan terhadap masalah gerusan di hilir bangunan pintu air ?

B. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian pada peninjauan panjang loncatan air dan tinggi *End Sill* pada bangunan pintu air ini adalah untuk mengetahui proses pembentukan pola aliran yang terjadi di bagian hilir bangunan pintu air akibat pengaruh tinggi *End Sill* dan jarak apron yang beragam dan untuk menentukan panjang kolam olak yang dapat diketahui dari fenomena loncatan air yang terjadi akibat

perletakan *End Sill*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan ilmu pengetahuan secara umum, terutama bidang hidraulika terapan yang berkaitan dengan penentuan panjang kolam olak dan tinggi *End Sill* yang ideal guna mengatur besarnya energi yang diredam secara optimal dan dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam perencanaan bangunan pintu air dengan pemecah energi dan pengoperasiannya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Umum

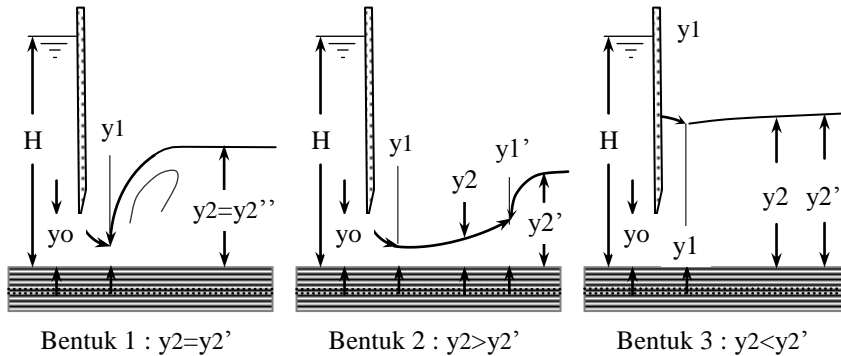
Aliran yang terdapat pada saluran terbuka dapat dikategorikan ke dalam jenis-jenis yang berbeda berdasarkan kriteria – kriteria tertentu seperti gaya – gaya yang disebabkan oleh inersia, gravitasi dari kekentalan suatu cairan, kesemuanya ini memerlukan pertimbangan – pertimbangan dalam berbagai masalah praktek mengenai aliran saluran terbuka. Secara umum aliran dibagi dalam bentuk yaitu aliran laminair dan turbulen, penggolongan aliran ini ditentukan oleh perbandingan gaya – gaya tersebut dan sering disebut dengan bilangan *Reynold* (Re). Lebih lanjut lagi pola aliran yang terjadi di aliran terbuka juga dapat berupa aliran subkritis dan superkritis. Seperti hal aliran laminair dan turbulen, perbandingan gaya – gaya inersia dengan gaya – gaya gravitasi persatuan volume yang biasa disebut bilangan *Froude* (Fr) juga sangat berpengaruh dalam pembentukan Regim aliran tersebut.

B. Loncatan Air Ditinjau Dari Lokasi Dan Posisi Loncatan

Pada umumnya teori mengatakan, bahwa loncatan akan terjadi pada saluran persegi panjang horisontal jika kedalaman mula dan kedalaman lanjutan serta bilangan *Froude* dari segi pendekatan analitik memenuhi persamaan momentum dari hasil analisa suatu fenomena aliran yang terjadi (Chow.V.T,1959). Subramanya. K, 1986, Legono (1990) mengatakan kondisi aliran bebas dicapai bila aliran di depan pintu adalah subkritis dan di belakang pintu berupa aliran superkritis pada kondisi inilah terjadi loncat air (*hydraulics jump*).

Pada sebagian besar bangunan irigasi, sering ditemui fenomena loncat Air, pada saat terjadi perubahan aliran superkritis ke subkritis. Kejadian itu, misalnya terjadi pada bagian hilir pintu geser tegak (*sluice gate*), dan pada bagian hilir bangunan pelimpah. Lokasi pembentukan loncat air sangat dipengaruhi oleh kedalaman air dihilir bangunan pintu air geser, Chow.V.T (1959) menyatakan bahwa ada tiga kemungkinan terbentuknya pola loncat air di daerah hilir bangunan pintu air geser, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Bentuk 1, menggambarkan pola aliran dimana kedalaman air bawah (*tail water depth*) y_2' sama dengan kedalaman y_2 , y_2 yakni *conjugate depth* y_1 . Hubungan y_1 dan y_2 pada saluran persegi dengan kemiringan dasar datar atau landai ditulis dalam persamaan sebagai suatu fungsi angka *Froude* (Fr), bentuk persamaan tersebut adalah :



Gambar 2.1. Pengaruh kedalaman air dibawah pintu pada pembentukan loncat air (Chow. V.T,1959)

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right) \quad (2.1)$$

Pada keadaan ini, loncat air segera terjadi setelah aliran melewati y_1 . Guna perencanaan lantai hilir, maka keadaan tersebut adalah kondisi ideal.

Bentuk 2, menggambarkan pola aliran dimana kedalaman air hilir (*tail water depth*) y_2' lebih kecil daripada y_2 . Hal ini mengakibatkan lokasi loncat air bergeser ke hilir ke suatu titik dimana persamaan (2.1) itu dipenuhi kembali. Untuk menghindari kejadian itu dapat dibuat bangunan pengontrol pada dasar saluran, yang juga akan menaikkan kedalaman air hilir, berupa *baffle block* atau *End Sill*, agar loncat air terjadi pada lantai hilir yang diberi lapisan lindung.

Bentuk 3, menggambarkan pola aliran dimana kedalaman air hilir (*tail water depth*) y_2' lebih besar daripada y_2 . Hal ini menunjukkan kedalaman air hilir pada kasus 1 bertambah besar. Akibatnya, loncat air didorong ke arah hulu dan akhirnya loncat air tersebut akan hilang dan berubah menjadi loncatan terendam (*submerged*). Rancangan ini merupakan rancangan paling aman yang mungkin dibuat, sebab posisi loncat air terendam ini lebih dapat dipastikan berada tepat

dibelakang pintu geser atau dengan kata lain sangat mudah ditentukan posisi loncatannya. Tetapi keadaan ini dipandang tidak efisien dalam meredam energi yang kecil.

C. Kolam Olakan

Kolam olak disebelah hilir bangunan pintu air atau yang biasa disebut apron adalah suatu bagian pada saluran yang berfungsi untuk meredam energi yang terjadi pada suatu loncat air, dimana pengaruh dari loncat air dapat menimbulkan kerusakan – kerusakkan yang telah dilami sebelumnya.

Secara umum terdapat banyak bentuk kolam olak yang banyak digunakan oleh loncatan hidraulik untuk meredam energi. Ada beberapa rancangan umum dari kolam olakan yang menggunakan loncat air sebagai peredam energi, bentuk tersebut diantaranya tipe SAF(*Saint Anthony Fall*) dan USBR (*United State Biro Reclamation*) dan dapat dilihat pada penjelasan berikut ini (Chow, V.T, 1959) :

1. Kolam olak SAF basin, jenis kolam olak ini di isyaratkan pada bangunan yang kecil seperti bangunan dengan pelimpah yang kecil, atau pada bangunan kanal kecil dengan angka $Fr_1 = 1,7$ sampai 17.
2. Kolam olak USBR basin II, jenis kolam olak ini diisyaratkan pada bangunan yang besar seperti bangunan dengan pelimpah yang besar atau pada bangunan kanal besar dengan angka $Fr_1 > 4,5$.
3. Kolam olak USBR basin III, jenis kolam olak yang dirancang untuk keperluan sama dengan kolam olak SAF, tetapi mempunyai keamanan yang lebih tinggi pada struktur landasan saluran akibat terbentuknya loncat air. Dan diisyaratkan untuk bangunan pelimpah dengan bendungan urugan yang rendah
4. Kolam USBR basin IV, jenis kolam olak ini diisyaratkan untuk digunakan dengan loncatan yang terbentuk pada $Fr_1 = 2,5$ sampai 4,5. Kolam olak ini dapat berfungsi memperkecil gelombang – gelombang yang terbentuk pada loncatan hidraulik yang tidak sempurna. Pada umumnya tipe kolam olak ini dipergunakan pada bangunan – bangunan pelimpah, bendungan urugan yang rendah atau bangunan penyadap.

Penggolongan tipe kolam olak tersebut adalah berdasarkan pada besarnya bilangan *Froude*, selain itu dikenal juga penggolongan tipe kolam olak berdasarkan kemiringan dasar kolam olak, yaitu (Sosrodarsono, 1989) :

1. Kolam olak datar
2. Kolam olak miring ke hilir
3. Kolam olak miring ke hulu

Panjang kolam olak dirancang untuk mencapai keseimbangan momentum, sehingga *scouring* yang terbentuk dapat diredam secara optimal. Panjang kolam olak dihitung berdasarkan panjang loncat air, yang dihitung

dengan menggunakan rumus empiris dan dapat pula dilakukan dengan penelitian laboratorium guna mengetahui korelasi antara cara empiris dengan kondisi sebenarnya, hingga didapat hasil yang jauh lebih akurat.

D. Ambang Peredam Energi (End Sill)

End Sill atau yang sering disebut dengan ambang peredam energi adalah bangunan terendam di bagian dasar saluran yang sering digunakan untuk mengatur loncat air dalam kolam olak atau kolam peredam energi apabila terdapat penurunan ketinggian air dihilir (K. G. Rangka Raju, 1981). Bangunan ini sangat berguna untuk memberikan kestabilan baik pada pembentukan aliran permukaan (*surface flow*) dalam hal ini menjaga tinggi muka air, maupun aliran bawah permukaan (*submerged flow*), dengan cara meredam aliran superkritis (*supercritical flow*) berkecepatan tinggi di bawah permukaan aliran yang bergerak dari bawah menuju permukaan searah hilir (S.Wu and N. Rajaratnam,1995).Persamaan momentum dan kontinuitas dapat digunakan untuk memperoleh persamaan yang menentukan gaya loncat air di bawah pengaruh *End Sill*, dengan mempertimbangkan beberapa hal seperti satuan lebar saluran keberadaan *End Sill*.

E. Karakteristik Dasar Loncatan Air

Beberapa karakteristik dasar loncat air pada saluran persegi empat dengan kemiringan dasar saluran horisontal adalah (Chow V.T, 1959) :

- a. Menurut Hwang, N.H.C, 1981 kehilangan energi pada loncat air sama dengan perbedaan energi spesifik sebelum dan sesudah loncat air, besarnya kehilangan loncat air tersebut (Chow V.T, 1959) :

$$\left. \begin{aligned}
 \Delta E &= E_1 - E_2 \\
 &= \frac{\alpha u_1^2}{2g} + y_1 - \frac{\alpha u_2^2}{2g} + y_2 \\
 &= y_1 - y_2 + \frac{\alpha q^2}{g} \frac{1}{2y_1^2} - \frac{1}{2y_2^2} \\
 &= y_1 - y_2 + \frac{(y_1 + y_2)(y_1 - y_2)}{2y_1^2 y_2^2} \frac{\alpha q^2}{2g}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan menggabungkan persamaan diatas dengan salah satu persamaan hasil penjabaran momentum, diperoleh :

$$\Delta E = y_1 - y_2 + \frac{(y_1 + y_2)y_1y_2(y_1 + y_2)}{2y_1^2y_2^2 \cdot 2}$$

dan dengan penyederhanaan, maka ΔE menjadi :

$$\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2} \quad (3.2)$$

- b. Efisiensi loncat air. Merupakan perbandingan antara energi spesifik pada akhir loncat air dengan awal loncat air yang didefinisikan sebagai efisiensi loncatan. Sehingga efisiensi loncatan dapat dinyatakan sebagai berikut (Chow. V.T.1959).

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{(1 + 8Fr_1^2)^{1/2} - 4Fr_1^2 + 1}{8Fr_1^2(2 + Fr_1^2)} \quad (3-3)$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa efisiensi loncatan merupakan fungsi tak berdimensi, dan dapat dilihat serta dinyatakan dalam bilangan *Froude* sebelum loncatan.

- c. Tinggi loncatan air adalah perbedaan antara kedalaman sesudah dan sebelum loncatan dan biasanya dinyatakan sebagai :

$$h_j = y_2 - y_1 \quad (3-4)$$

dengan menyatakan setiap besaran sebagai perbandingan terhadap energi spesifik semula, E_1 , maka :

$$\frac{h_j}{E_1} = \frac{y_2}{E_1} - \frac{y_1}{E_1} \quad (3-5)$$

dengan h_j/E_1 = tinggi loncat air relatif, y_2/E_1 = kedalaman mula-mula relatif, dan y_2/E_1 = kedalaman lanjutan (*sequent*) relatif.

F. Hubungan Kedalaman Konjugasi Pada Loncatan Air

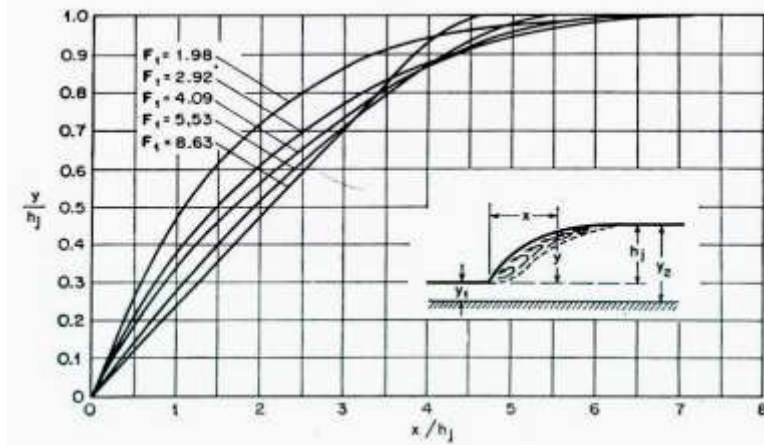
Kedalaman konjugasi suatu loncatan air pada aliran bebas saluran empat persegi dengan dasar landai atau datar, dapat digambarkan sebagai hubungan antara kedalaman sebelum loncatan (*pre-jump*) dan setelah loncatan (*post-jump*) yang biasa disebut kedalaman berurutan (*conjugate depth*). Sedangkan bentuk hubungan itu dapat dicapai dengan menurunkan persamaan momentum atau gaya spesifik dengan asumsi (K.G.Rangga Raju, 1986) :

- Distribusi kecepatan adalah seragam dan distribusi tekanan adalah hidrostatis pada kedua ujung loncatan (sisi potong)
- Dasar saluran adalah mendatar atau horizontal ($slope = 0$),
- Tegangan geser batas dapat diabaikan

G. Profil Permukaan

Pengetahuan mengenai profil permukaan suatu loncat air diperlukan dalam merancang tinggi bebas dari dinding penahan kolam olakan atau dinding pemecah energi (*End Sill*), dimana loncat air tersebut terjadi. Disamping itu juga diperlukan untuk menentukan tekanan yang digunakan pada perancangan struktur. Hal ini sangat diperlukan oleh karena dari beberapa percobaan diperoleh bukti bahwa tekanan vertical pada lantai horizontal akibat loncat air praktis sama dengan tekanan yang ditunjukkan oleh profil permukaan.

Berdasarkan data – data percobaan yang dilakukan, Boris A.Bakhmeteff dan (Athur E.Matzke dalam chow, V.T;1959), mendapatkan bukti bahwa profil permukaan loncatan hidraulik pada saluran horizontal dapat digambarkan dengankurva – kurva tak berdimensi dari berbagai harga F_1 , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Profil permukaan tak berdimensi suatu loncat air pada saluran horisontal (Bakhmateff & Matzke dalam Chow.V.T,1959)

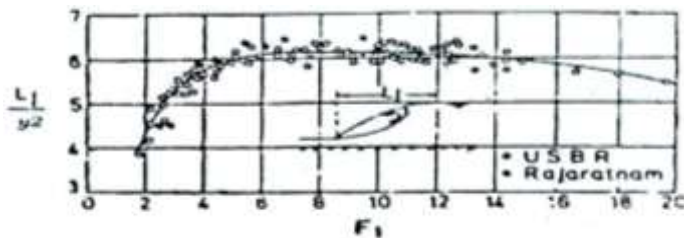
a. Panjang Loncat Air

Panjang loncat air dapat didefinisikan sebagai jarak yang diukur dari awal loncat air hingga suatu titik dibagian hilir gelombang loncat air (Chow, V.T, 1959). Panjang loncat air ini tidak mudah dihitung dengan teori mengingat

beberapa kesalahan pengukuran dalam memperkirakan panjang loncat air, akibat kesulitan dalam menetapkan batas ujung hilir loncatan dengan tingkat ketelitian yang besar, oleh karena itu beberapa para ahli telah mencoba menentukannya berdasarkan pengamatan eksperimental. Beberapa hasil eksperimen memberikan kurva hubungan antara angka froude (Fr) dengan rasio panjang loncat air (L_j) dan kedalaman air di hulu loncat air (y_1) atau kedalaman air di hilir loncat air (y_2). Biro Reklamasi Amerika Serikat (USBR) dan Rajaratnam mengusulkan hubungan panjang loncatan hidraulik pada saluran persegi empat dengan kelandaian dasar horisontal sebagai berikut :

$$L_j = A(y_2 - y_1) \quad (3-17)$$

dengan A adalah konstanta yang bervariasi antara 5.0 hingga 6.9 sedangkan y_1 dan y_2 kedalaman aliran di hulu dan di hilir loncat air. Persamaan di atas ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Hubungan panjang loncat air pada saluran persegi empat dengan dasar horisontal (Rangga Raju, K.G, 1986)

Selanjutnya Sivester (1964) merumuskan panjang loncat air tersebut sebagai berikut (Frech R.H, 1986):

$$\frac{L_j}{y_1} = 9,75 (Fr - 1)^{1,01} \quad (\dots)$$

dengan :

- L_j = panjang loncat air
- y_1 = kedalaman aliran sebelum loncatan
- Fr = bilangan *Froude* sebelum loncatan

b. Loncatan Air Dengan Ambang

Loncat air yang terbentuk disebelah hilir suatu bangunan pintu air atau bendung pada dasarnya dapat dikendalikan atau diarahkan dengan suatu bangunan tertentu. Pengendali loncat air tersebut dapat berbentuk macam-macam,

antara lain dengan pelimpah ambang tipis, pelimpah ambang lebar, balok peredam energi (*baffle block*), suatu penurunan atau kenaikan mendadak pada lantai saluran, atau membuat pelebaran pada ujung apron.

Pembuatan ambang di akhir kolam olak (*end sill*) dimaksudkan untuk mengendalikan agar loncat air terjadi di dalam kolam olak. Forster dan Skrinde dalam Chow. V.T,(1959) berdasarkan data – data yang diperoleh dari percobaan dan analisis untuk pengendalian loncatan dengan sekat limbah atau ambang tipis, telah menggambarkan suatu diagram seperti Gambar 3.4 yang menunjukkan hubungan antara :

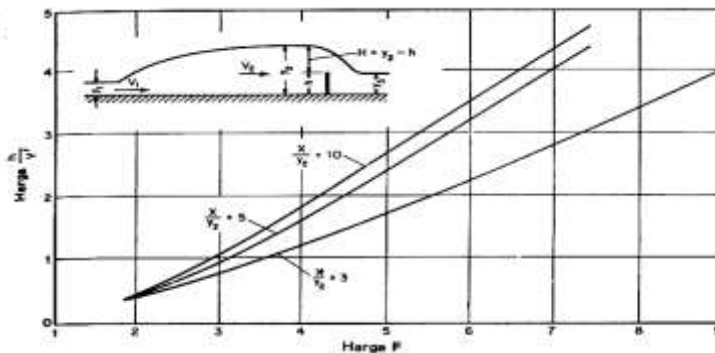
1. bilangan Froude (*Fr*) aliran berikutnya,
2. perbandingan tinggi sekat (*h*) dengan kedalaman berikutnya (y_1),
3. dan perbandingan antara jarak (x) dari ujung loncatan ke sekat dan kedalaman hulu dari sekat (y_2).

Gambar 3.4, digunakan untuk analisis pengaruh ambang tipis pada kejadian loncat air, asalkan kedalaman air normal di bagian hilir ambang, y_3 tidak mempengaruhi aliran diatas ambang, yakni bila :

$$y_3 < y_2 - 0,75h \quad (3-19)$$

Analisis dimensional menunjukkan bahwa hubungan antara nilai **Fr** aliran di bagian hulu, tinggi ambang **h**, kedalaman aliran dibagian hulu y_1 , kedalaman aliran di hulu ambang y_2 , jarak dari ujung loncatan sampai ambang **x** dan kedalaman air di hilir y_3 , dapat dinyatakan dalam bentuk fungsional seperti berikut :

$$\frac{h}{y_1} = \Phi \left(Fr \frac{x}{y_2} \frac{y_3}{y_1} \right) \quad (3-20)$$



Gambar 3.4. Hubungan eksperimental antara $Fr, h/y_1$ dan x/y_2 untuk ambang tipis dari Fosters dan Skrinde dalam (Chow V.T, 1959)

Pada diagram tersebut setiap titik dinyatakan oleh pasangan koordinat $(Fr, h / y_1)$, jika titik terletak di dalam kurva, akan terjadi loncat air, dengan posisi relatif ditunjukkan oleh interpolasi harga x/y_2 yang terkait. Titik yang terletak diatas atau disebelah kiri kurva interpolasi menyatakan kondisi dimana ambangnya terlalu tinggi, sehingga loncat air terdorong ke sebelah hulu dan ada kemungkinan tenggelam sejak awal loncat air. Titik – titik yang terletak disebelah kanan kurva menyatakan keadaan dimana ambangnya terlalu rendah, sehingga loncat air terdorong ke arah hilir dan ada kemungkinan akan hilang. Untuk keperluan desain, diusulkan pemakaian kurva dengan nilai $x/y_2 = 5$. Pada *end sill* yang berupa ambang lebar, kedalaman air dibagian hilir tidak akan mempengaruhi aliran dibagian hulu ambang apabila $y_3 < (2y_2 + h)/3$.

III. METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian

Untuk mendukung penelitian ini, dibuat saluran terbuka pada lahan jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta, yang khusus dibuat untuk menunjang penelitian ini, gambar bentuk saluran dapat dilihat pada lampiran. Adapun spesifikasi jenis peralatan dan bahan yang dipergunakan dalam pembuatan saluran dan alat peraga penelitian antara lain :

1. *Jet pump* (mesin pompa air)
2. Plat siku dari besi untuk pembuatan alat ukur debit *Thompson*
3. Tiga buah pintu air yang terbuat dari rangka besi plat, satu daun pintunya dari kaca setebal 1 cm dan kedua pintu lainnya dari papan
4. Perekat *silicone flubbers* untuk merapatkan pintu air
5. Balok kayu untuk ambang (*End Sill*)

B. Tahap Pembuatan Alat Penelitian.

1. Persiapan, mempersiapkan alat dan bahan yang dipergunakan dan membersihkan lokasi untuk tempat pembuatan saluran terbuka
2. Pengukuran, mengukur luas bak penampungan yang akan dibangun dan mengukur lebar dan panjang saluran.
3. Pekerjaan konstruksi, menyusun balok beton dan merekatkannya satu sama lain dengan adukan semen yang dipergunakan sebagai pondasi saluran dan pondasi bak penampungan.
4. Pemasangan dinding saluran dan dinding bak penampungan dengan pasangan batako.
5. Melakukan pengecoran lantai bak penampungan dengan menggunakan adukan beton yang telah dipersiapkan.

6. Pekerjaan plesteran pada lantai dan dinding bagian dalam saluran dan bak penampungan.
7. Pekerjaan acian pada dinding dan lantai saluran serta pada bak penampungan dengan menggunakan kuas agar menghasilkan permukaan yang rata.
8. Pemasangan pintu air yang terdiri dari tiga buah pintu air, pada bak penampungan dibuat satu buah pintu air sedangkan pada saluran dibuat dua buah pintu air. Adapun spesifikasi pintu-pintu tersebut semua rangkanya dibuat dari besi plat, sedangkan daun pintu satu dibuat dari kaca dengan tebal 1 cm dan dua pintu lainnya terbuat dari papan.
9. Pemasangan alat ukur debit *Thompson* pada dinding bak penampung berupa plat siku, yang membentuk sudut 45° , dengan dipasang meyerupai huruf "V".

C. Pembuatan Sluice Gate

Dalam penelitian ini model alat peraga yang digunakan berupa pintu air tegak (*Sluice gate*), yang dipasang pada saluran yang telah dibuat. Adapun tahap pembuatannya adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan bahan-bahan dan alat-alat yang dipergunakan berupa: pintu air, palu, *silicone flubbers*, meteran kain, lem, karet, gergaji dan balok kayu.
2. Pemasangan pintu air pada saluran yang telah dibuat.
3. Merapatkan pintu air dengan diberi karet dan *silicone flubbers* sebagai perekat yang direkatkan pada pintu air tersebut agar bangunan kedap air.
4. Pemasangan mistar ukur pada titik-titik tertentu yang akan diambil data-datanya, baik sebelah hulu maupun sebelah hilir bangunan pintu air

D. Pelaksanaan Penelitian

1. Kalibrasi Debit Aliran yang Melalui Saluran Terbuka

Kalibrasi dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui secara benar seberapa besar debit yang melewati saluran terbuka tersebut. Adapun langkah kalibrasi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan serta memeriksa kondisi peralatan seperti: mesin pompa air dan bak ukur (bejana ukur).
- b. Pengukuran volume tampungan bak ukur (bejana ukur) dengan menggunakan gelas ukur berkapasitas 1 liter.
- c. Mengisi air pada bak utama (bak penampungan) dari sumur dengan menggunakan pompa air (*jet pump*), diusahakan agar pintu air pada bak penampungan ditutup rapat sampai kedap air.
- d. Menetapkan tinggi muka air yang diinginkan pada *Thompson*.

- e. Menyiapkan bejana ukur dan *stopwatch*, kemudian melakukan pencatatan waktu yang dibutuhkan oleh aliran yang melalui saluran terbuka untuk mengisi bejana ukur. Hal ini dilakukan setelah kondisi aliran melalui *flume* konstan.

2. Pengumpulan Data

Untuk menentukan panjang kolam olak dan tinggi *End Sill* pada bangunan pintu air dengan meninjau parameter loncat air yang terjadi. Adapun tahap-tahap pengambilan data adalah sebagai berikut:

- a. Menetapkan tinggi bukaan pintu (y_0), masing-masing bukaan 1,0; 1,1; 1,2 cm.
- b. Menetapkan debit percobaan, dengan mengukur lama waktu yang diperlukan oleh aliran sewaktu mengisi bak ukur, seperti halnya langkah kalibrasi yang telah dijelaskan pada langkah terdahulu.
- c. Menetapkan jarak awal antara pintu air dengan letak loncat air di sebelah hilir pintu air (L_a), dengan mengalirkan air ke dalam saluran sampai aliran dalam keadaan konstan, kemudian mengaturnya sampai jarak yang diinginkan tercapai.
- d. Setelah aliran konstan, dilakukan pengukuran ragam kedalaman aliran yang terbentuk di hilir pintu air antara lain :
 1. Pada daerah *vena contracta* (y_c)
 2. Tinggi awal loncat air (y_1)
 3. Tinggi pusat loncat air (y_p)
 4. Kedalaman aliran diatas *End Sill* (y_2).
 5. Kedalaman aliran di hilir loncat air (y_3).

Sejalan dengan pelaksanaan tersebut diatas dilakukan pengukuran jarak antar pintu air dengan awal loncat air (L_s), panjang loncat air (L_j) dan jarak antar awal loncat air dengan *End Sill* (x).

- e. Langkah point diatas dilakukan secara berulang untuk setiap perubahan jarak *apron* (jarak antar pintu air dengan letak *End Sill*) dan setiap penambahan tinggi *End Sill*. Pengukuran dibatasi hanya pada kondisi loncat air terbuka (*surface flow*), tidak termasuk kondisi loncatan terendam (*submerged flow*).

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Debit Aliran Untuk Percobaan

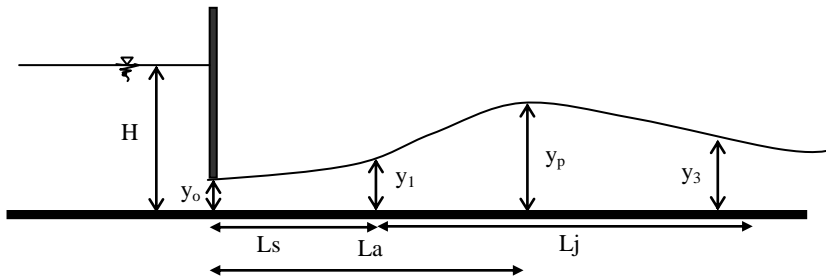
Debit aliran pada saluran terbuka (*frame*) yang digunakan dalam penelitian ini, ditetapkan dengan cara seperti yang telah dibahas pada sub bab terdahulu. Besarnya nilai debit tersebut dengan melakukan kalibrasi debit yang melewati pintu *Thompson* yang disalurkan ke saluran terbuka dengan beberapa kali percobaan.

Tabel 4.1. Data Kalibrasi Debit *Thompson*

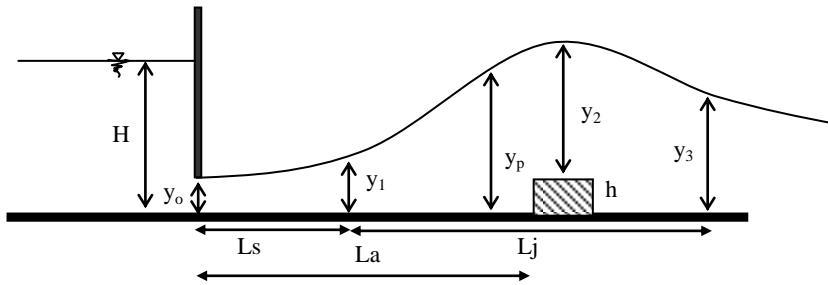
No	Tinggi muka air pada <i>Thompson</i> (cm)	Waktu (detik)						Waktu Rata2 \bar{t}_r	Debit ($m^3/detik$)	Koefisien debit <i>Thompson</i>
		t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6			
1	4	42.71	40.93	41.31	41.90	41.81	41.44	41.688	5.51×10^{-4}	1.721
2	5	27.62	27.41	27.35	27.53	28.32	28.27	27.750	8.28×10^{-4}	1.481
3	6	17.60	18.69	18.41	18.53	18.31	17.56	18,183	1.26×10^{-3}	1.428
4	7	9.00	9.94	9.8	8.78	9.06	8.69	9,211	2.5×10^{-3}	1.928
5	8	8.88	8.84	8.84	8.81	8.75	9.01	8.855	2.6×10^{-3}	1.436
6	9	7.06	7.72	7.25	7.13	7.21	7.03	7.233	3.17×10^{-3}	1.304
7	10	6.56	6.34	6.50	6.16	6.25	6.38	6.365	3.61×10^{-3}	1.141
8	11	5.15	5.28	5.15	8.12	5.10	5.31	5.185	4.43×10^{-3}	1.103
9	12	4.81	4.36	4.75	4.78	4.69	4.78	4.740	4.85×10^{-3}	0.972
									$C_r = 1.390$	

Data hasil pengukuran debit aliran pada saluran dengan volume bejana ukur berkapasitas 23 liter = $0,023 m^3$ dapat dilihat pada Tabel 5.1.

B. Parameter Pengukuran



Gambar 4.1. Sebelum dipasang ambang (*End sill*)



Gambar 4.2. Setelah pemasangan Ambang (*End sill*)

Keterangan : H = tinggi air di depan pintu air (cm), y_0 = tinggi bukaan pintu air (cm), y_1 = tinggi air pada awal loncat air (cm), y_p = tinggi puncak loncat air (cm), h = tinggi *End Sill* (cm), y_2 = tinggi air di atas *End Sill* (cm), y_3 = tinggi air setelah loncatan (cm), L_s = jarak dari pintu ke awal loncat air (cm), x = jarak dari awal loncat air ke *End Sill* (cm), La = jarak dari pintu ke letak *End Sill* (cm), L_j = panjang loncat air (cm), dan L_s = jarak antara tinggi pintu air dengan awal loncat air (cm).

Pengukuran dilakukan dengan 3 variasi tinggi bukaan pintu (y_0) dan 3 variasi tinggi *End Sill* (h), dengan jarak perletakan *End Sill* (La) yang beragam sampai mencapai fenomena loncatan terendam (*submerged*). Hasil observasi fenomena loncatan air yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Data parameter pengukuran yang diambil dengan atau tanpa *End Sill*

No	y_0 (cm)	H (cm)	La (cm)	H (cm)	y_1 (cm)	y_2 (cm)	y_3 (cm)	L_j (cm)	y_p (cm)	L_s (cm)	x (cm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	1	0	77.5	8.6	0.75	0	2.8	25.2	2.8	71	
2	1	0.5	75	8.6	0.75	1.95	2.8	25.2	2.8	71	4
		0.5	72.5	8.6	0.73	1.93	2.8	25.3	2.8	69.3	3.2
		0.5	70	8.6	0.72	1.84	2.8	25.4	2.8	67.9	2.4
		0.5	67.5	8.6	0.71	1.38	2.8	25.5	2.8	65.9	1.6
		0.5	65	8.6	0.7	1.1	2.8	25.6	2.8	64.2	0.8
		0.5	62.5	8.6			2.8	2.8	2.8	62.5	0.6
3	1	1	75	8.9	0.75	1.81	2.8	25.2	2.8	60	15
		1	72.5	8.9	0.73	1.82	2.8	25	2.8	58.3	14.2
		1	70	8.9	0.72	1.84	2.8	25.4	2.8	56.7	13.3
		1	67.5	8.9	0.71	1.83	2.8	25.6	2.8	55	12.5
		1	65	8.9	0.7	1.81	2.8	25.7	2.8	53.3	11.7
		1	62.5	8.9	0.69	1.82	2.8	25.8	2.8	51.7	10.9
		1	60	8.9	0.68	1.8	2.8	25.9	2.8	50	10
		1	57.5	8.9	0.67	1.79	2.8	26.1	2.8	48.3	9.2
		1	55	8.9	0.65	1.77	2.8	26.2	2.85	46.6	8.4
		1	52.5	8.9	0.63	1.75	2.8	26.3	2.9	45	7.5
		1	50	8.9	0.6	1.74	2.8	26.4	2.95	43.3	6.7

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
		1	47.5	8.9	0.58	1.73	2.8	26.5	2.85	41.6	5.9
		1	45	8.9	0.57	1.7	2.8	20.7	2.88	40	5
		1	42.5	8.9	0.56		2.8				
4	1	1.5	75	8.95	0.56	2.15	2.8	26.8	3.65	34	41
		1.5	75.5	8.95	0.57	1.95	2.8	26.7	3.54	34.8	37.7
		1.5	70	8.95	0.58	1.93	2.8	26.6	3.33	35.5	34.5
		1.5	67.5	8.95	0.59	1.9	2.8	26.5	3.08	36.3	31.2
		1.5	65	8.95	0.61	1.89	2.8	26.4	3.17	37	28
		1.5	62.5	8.95	0.62	1.92	2.8	26.2	3.43	37.8	24.7
		1.5	60	8.95	0.64	1.94	2.8	26.1	3.15	38.6	21.4
		1.5	57.5	8.95	0.65	2	2.8	26.2	3.55	36.6	20.9
		1.5	55	8.95	0.64	1.94	2.8	26.3	3.17	34.6	20.4
		1.5	52.5	8.95	0.63	1.95	2.8	26.4	3.54	32.6	19.9
		1.5	50	8.95	0.62	1.96	2.8	26.5	3.55	30.6	19.4
		1.5	47.5	8.95	0.59	1.98	2.8	26.6	3.61	28.6	18.9
		1.5	45	8.95	0.57	1.97	2.8	26.7	3.55	26.6	18.4
		1.5	42.5	8.95	0.68	1.89	2.8	26.8	3.45	24.6	17.9
		1.5	40	8.95	0.67	1.77	2.8	26.9	3.48	22.6	17.4
		1.5	37.5	8.95	0.65	1.84	2.8	27	3.43	20.6	16.9
		1.5	35	8.95	0.64	1.9	2.8	27.1	3.48	18.6	16.4
		1.5	32.5	8.95	0.63	1.88	2.8	27.2	3.9	16.6	15.9
		1.5	30	8.95	0.61	1.75	2.8	27.3	3.75	14.6	15.4
		1.5	27.5	8.95	0.6	1.65	2.8	27.4	3.6	12.6	14.9
		1.5	25	8.95	0.59	1.88	2.8	27.4	3.55	10.6	14.4
		1.5	22.5	8.95	0.57	1.87	2.8	27.5	3.6	8.6	13.9
		1.5	20	8.95			2.8				
5	1	2	7.5	10.6			2.8				
6	1.1	0	52.58	7.2	0.7		2.8	25.2	3.6	47.5	
7	1.1	0.5	50	7.2	0.73	1.65	2.8	25.2	2.89	44	6
		0.5	47.5	7.2	0.74	1.6	2.8	25.3	2.93	42	5.5
		0.5	45	7.2	0.77	1.61	2.8	25.3	2.94	41	4
		0.5	42.5	7.2	0.81	1.5	2.8	25.4	2.97	40.5	2
		0.5	40	7.2			2.8				
8	1.1	1	50	7.2	0.72	1.88	2.8	25.2	2.97	35	15
		1	47.5	7.2	0.73	1.87	2.8	25.3	2.99	33.1	14.4
		1	45	7.2	0.74	1.89	2.8	25.4	3.15	31.2	13.8
		1	42.5	7.2	0.73	1.75	2.8	25.5	3	29.3	13.2
8		1	40	7.2	0.71	1.88	2.8	25.7	2.98	27.4	12.6
		1	37.5	7.2	0.72	1.89	2.8	25.8	2.99	25.5	12
		1	35	7.2	0.72	1.9	2.8	25.9	2.89	23.6	11.4
		1	32.5	7.2	0.73	1.74	2.8	26	2.99	21.7	10.8
		1	30	7.2	0.74	1.73	2.8	26.1	2.93	19.8	10.2
		1	27.5	7.2	0.71	1.72	2.8	26.2	2.97	17.9	9.6
		1	25	7.2	0.69	1.71	2.8	26.4	2.99	16	9
		1	22.5	7.2	0.68	1.72	2.8	26.5	2.92	14.1	8.4
		1	20	7.2	0.7	1.71	2.8	26.6	2.96	12.2	7.8
		1	17.5	7.2	0.69	1.7	2.8	26.7	2.99	10.3	7.2

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
		1	15	7.2	0.68	1.72	2.8	26.8	2.98	8.4	6.6
9	1.1	1.5	50	7.3	0.68	2	2.8	26.8	3.61	0.7	11.72
		1.5	47.5	7.3	0.7	1.97	2.8	26.6	3.49	0.8	10.81
		1.5	45	7.3	0.72	1.98	2.8	26.5	3.48	0.9	9.98
		1.5	42.5	7.3	0.74	1.96	2.8	26.3	3.49	1	9.22
		1.5	40	7.3	0.76	1.98	2.8	26.2	3.48	1.1	8.52
		1.5	37.5	7.34	0.78	1.96	2.8	26	3.72	1.2	7.88
		1.5	35	7.34	0.77	1.94	2.8	25.9	3.65	1.3	7.29
		1.5	32.5	7.34	0.79	1.93	2.8	25.7	0.64	1.1	6.74
		1.5	30	7.34	0.76	1.92	2.8	25.6	3.62	0.9	6.24
		1.5	27.5	7.34	0.74	1.89	2.8	25.4	3.59	0.7	5.78
		1.5	25	7.34	0.73	1.88	2.8	25.3	3.58	0.5	5.35
		1.5	22.5	7.34	0.74	1.87	2.8	25.1	3.59	0.4	4.95
		1.5	20	7.34	0.81	1.85	2.8				
10	1.2	2	50	8.4			2.8				0
11	1.2	0	35	6.8			2.8		3.58		
12	1.2	0.5	32.5	6.8	0.8	1.9	2.8	25.2	2.91	28	4.5
		0.5	30	6.8	0.79	1.98	2.8	25.4	2.89	26.3	3.7
12		0.5	27.5	6.8	0.77	2.1	2.8	25.7	2.88	24.6	2.3
		0.5	25	6.8	0.76	1.6	2.8	25.9	2.91	22.9	2.2
		0.5	22.5	6.8			2.8				
13	1.2	1	32.5	6.8	0.76	2.1	2.8	25.9	3.81	12.5	20
		1	30	6.8	0.74	2.23	2.8	26	3.83	10.5	19.5
		1	27.5	6.8	0.69	2.22	2.8	26.1	3.72	8.5	19
		1	25	6.8	0.68	2.15	2.8	26.1	3.81	6.5	18.5
		1	22.5	6.8	0.68	2	2.8	26.2	3.74	4.5	18
		1	17.5	6.8	0.67	1.98	2.8	26.3	3.8	2.5	15
		1	15	6.8			2.8		3.69		
14	1.2	1.5	32.5	7.1			2.8				
15	1.2	2	32.5	8.3			2.8				

C. Karakteristik Aliran

Data karakteristik aliran yang diamati meliputi tinggi bukaan pintu (y_0), tinggi air pada awal loncatan (y_1), tinggi pada akhir loncatan (y_3), tinggi *End Sill* (h), serta debit aliran (Q), sehingga dapat dihitung kecepatan aliran, angka *Froude* aliran baik pada awal loncat air (Fr_1), maupun di hilir setelah loncat air terjadi (Fr_3).

Pada ketinggian air yang melewati pintu *Thompson* $H = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$, koefisien debit *Thompson* $c = 1.390$ diperoleh debit aliran dengan menggunakan rumus debit yang melewati pintu Thomson :

$$Q = c H^{5/2} = 1,390 \cdot (0,06)^{5/2} = 0,0012257 \text{ m}^3 / \text{det}$$

a. Kecepatan aliran.

Kecepatan aliran merupakan perbandingan debit aliran dengan lebar saluran kali kedalaman air pada saluran. Kecepatan aliran di hilir setelah loncat air dapat dihitung dengan rumus :

$$V_3 = \frac{Q}{B \cdot y_3} = \frac{1225,7}{27 \cdot 2,8} = 16,213 \text{ cm / det}$$

dengan :

Q = debit aliran (cm³/dt)

B = lebar saluran (cm)

y₃ = tinggi air setelah loncat air (cm)

b. Angka *Froude* (Fr)

Angka *Froude* adalah angka tak berdimensi yang merupakan akhir dari perbandingan antara gaya inersia dengan berat. Angka *Froude* pada awal loncat air maupun di hilir setelah loncat air dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Fr_1 = \frac{V}{\sqrt{g y}} = \frac{60,528}{\sqrt{981 \cdot 0,75}} = 2,576$$

$$Fr_3 = \frac{V}{\sqrt{g y}} = \frac{16,213}{\sqrt{981 \cdot 0,75}} = 0,185$$

dengan :

Fr₁ = bilangan *Froude* pada awal loncatan air

Fr₃ = bilangan *Froude* setelah loncatan air

V = kecepatan aliran (cm/dt)

g = percepatan gravitasi (9.81 cm/dt²)

y = kedalaman air (cm)

Berdasarkan perhitungan bilangan *Froude* yang terjadi pada penelitian ini terdapat 2 macam aliran yaitu aliran subkritik (Fr < 1) dan aliran superkritik (Fr > 1). Aliran subkritik terjadi pada hilir pintu setelah loncatan air dan aliran super kritik terjadi pada awal loncatan.

D. Karakteristik Loncatan Air

Parameter yang diamati berkaitan dengan karakteristik loncat air adalah kedalaman awal loncat air (y₁), kedalaman di hilir setelah loncat air (y₃), lebar saluran (B). Dengan parameter tersebut akan dapat dihitung energi spesifik aliran awal maupun akhir loncatan sehingga dapat diketahui kemampuan (efisiensi) loncat air dalam meredam energi aliran. Berikut ini adalah contoh hitungan karakteristik loncat air yang diamati sebagai peredam energi aliran.

a. Energi spesifik.

Energi spesifik dalam suatu penampang saluran dinyatakan sebagai energi air setiap pon pada setiap penampang saluran, diperhitungkan terhadap dasar saluran. Model saluran pada penelitian ini merupakan saluran yang kemiringannya kecil, sehingga energi spesifik awal dan akhir loncatan dapat dihitung dengan persamaan :

$$E = y + \frac{V^2}{2g}$$

$$E_1 = y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = 0,75 + \frac{60,528^2}{2.981} = 2,617 \text{ cm}$$

$$E_3 = y_3 + \frac{V_3^2}{2g} = 2,8 + \frac{16,213^2}{2.981} = 2,934 \text{ cm}$$

b. Kehilangan Energi (ΔE)

$$\Delta E = E_3 - E_1 = 2,934 - 2,617 = 0,317$$

c. Efisiensi loncat air (ζ)

$$\zeta = \frac{\Delta E}{E} = 0,121$$

E. Pembahasan Jarak Pembentukan Pola Loncat Air di Hilir Bangunan Pintu Air

Penelitian ini menggunakan tiga macam bukaan pintu air dengan debit yang konstan. Untuk tiap perubahan tinggi bukaan pintu diawali dengan meninjau fenomena loncatan air yang terjadi (tanpa *End Sill*). Untuk bukaan pintu air (y_0) = 1,0 cm diukur jarak dari pintu air ke awal loncat air (L_s) = 71,0 cm; bukaan pintu air (y_0) = 1,1 cm jarak awal loncat air (L_s) = 47,5 cm dan pada bukaan pintu air (y_0) = 1,2 cm jarak awal loncat air (L_s) = 30,0 cm. Posisi ini menjadi acuan penempatan *End Sill* atau perencanaan panjang *apron* (kolam olak) dengan masing-masing panjang (L_a) = 70,0 cm; 50,0 cm; 35,5 cm.

Pada pengaturan tinggi *End Sill* (h) terhadap panjang *apron* (L_a) dengan cara pelaksanaan seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 4, dari tinjauan fenomena yang terjadi diperoleh data yang memperlihatkan perubahan pola aliran dihilir bangunan pintu air sebagai berikut :

- a. Pada bukaan pintu air 1,0 cm dengan tinggi *End Sill* 0,5 cm dengan jarak letak *End Sill* (*apron*) 75,0 cm jarak awal loncat air yang terjadi (L_s) = 71,0 cm. Untuk bukaan pintu dan tinggi *End Sill* yang sama diatur letak *End Sill* yang digeser mendekati hulu pintu air, ternyata semakin ke hulu perletakan

- End Sill* semakin pendek jarak awal loncat air yang terjadi dan pada jarak $L_a = 62,5$ cm terjadi fenomena loncatan terendam (*submerged*). Fenomena loncatan terendam ini adalah batasan yang tidak ditinjau pada penelitian ini.
- Pada tinggi bukaan yang sama 1,0 cm dengan perubahan tinggi *End Sill* 1,0 cm dengan awal letak *End Sill* pada jarak 75,0 cm diperoleh jarak $L_s = 60,0$ cm. Pada pengaturan jarak letak *End Sill* yang digeser dengan jarak tertentu sampai mendekati hulu pintu air, ternyata jarak L_s semakin pendek sampai mencapai fenomena loncatan terendam pada jarak 42,5 cm.
 - Pada bukaan pintu 1,0 cm dengan tinggi *End Sill* 1,5 cm dengan pengaturan letak *End Sill* yang digeser sampai mendekati hulu pintu air terjadi hal yang sama yaitu jarak L_s semakin pendek sampai mencapai fenomena loncatan terendam pada jarak $L_a = 20,0$ cm.
 - Tinggi *End Sill* 2,0 cm untuk setiap bukaan pintu dengan jarak letak *End Sill* $L_a = 75,0$ cm sudah mengalami loncatan terendam. (*submerged*).
 - Untuk setiap perubahan bukaan pintu dan perubahan tinggi *End Sill* yang dipakai dengan pengaturan letak *End Sill* yang digeser mendekati hulu pintu air, terjadi hal yang sama yakni jarak awal loncat air yang terjadi semakin pendek, sampai pada jarak *End Sill* tertentu akan mengalami fenomena loncatan terendam (*submerged*), sedangkan panjang loncat air yang terjadi hampir sama untuk setiap perubahan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dari pengaturan jarak letak *End Sill* dan tinggi *End Sill* terhadap fenomena yang terjadi di hilir bangunan pintu air, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Pembentukan panjang jarak dari pintu air ke *End Sill* yang mengalir melalui bangunan pintu air sangat di pengaruhi oleh tinggi bukaan pintu (y_0) dan muka air hulu akan naik, seiring dengan kenaikan bukaan pintu.
- Penggunaan *End Sill* dapat mengurangi panjang *apron* yang diperlukan oleh aliran dalam proses peredaman energi loncatan air.

B. Saran

Dalam pengambilan data pada peragaan ini, khususnya pengambilan data jarak awal loncat air yang terjadi akibat perletakan dan tinggi *End Sill*, belum dapat menentukan tingkat efisiensi dan efektifitas yang terjadi pada jarak awal loncat air. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : keadaan pintu air belum terlalu rapat yang menyebabkan pada bukaan pintu air terjadi sedikit

perbedaan ketinggian ujung yang satu dengan yang lainnya, dan juga keadaan dasar saluran yang belum terlalu rata, sehingga ketinggian loncat air yang terjadi tidak merata. Untuk itu penulis menyarankan agar pada penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan kedua hal yang disebutkan di atas.

DAFTAR PUSTAKA ??????????????????????

