

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Pendahuluan.**

Aliran air didalam saluran terbuka mempunyai sifat khusus bila dibandingkan dengan aliran air didalam pipa, yaitu antara lain:

- a. Aliran air pada saluran terbuka memiliki permukaan bebas (“free surface”).
- b. Tekanan air pada permukaan bebas sama dengan tekanan atmosfer.
- c. Terjadinya saling ketergantungan antara luas tampang basah, kekentalan zat cair, kemiringan dasar saluran, kekasaran dasar, dan bervariasinya geometrik saluran.

Penyelesaian masalah aliran dalam saluran terbuka lebih sulit bila dibandingkan dengan aliran dalam pipa karena terjadinya saling ketergantungan pada sifat kekentalan zat cair, gravitasi dan kondisi hidrolis saluran (Van Te Chow, Hidrolika Saluran Terbuka, 1985).

#### **3.2. Aliran Air.**

Aliran air dalam saluran dapat berupa aliran saluran terbuka maupun aliran pipa. Kedua jenis aliran tersebut sama dalam banyak hal, namun berbeda dalam satu hal penting yaitu Aliran saluran terbuka harus memiliki kondisi permukaan bebas, sedangkan aliran dalam pipa adalah aliran bertekanan. Aliran dalam pipa dipengaruhi oleh kekasaran dinding pipa pada bagian dalam saluran, akibatnya kecepatan aliran

yang terjadi sangat dipengaruhi oleh keadaan kekasaran dinding bagian dalam pipa tersebut.

### 3.3. Klasifikasi Aliran.

Aliran saluran muka air bebas dapat diklasifikasikan kedalam beberapa klas berdasarkan pada perubahan kedalaman aliran mengikuti ruang dan waktu. Berdasarkan fungsi waktu, maka aliran dapat dibedakan:

#### a. Aliran Tetap. ('Steady Flow')

Aliran dalam saluran terbuka dikatakan tetap apabila kedalaman aliran tidak berubah menurut waktu atau dapat dianggap tetap dalam suatu interval waktu, dengan demikian kecepatan aliran juga tidak berubah menurut waktu, jadi  $\partial h/\partial t=0$ ;  $\partial u/\partial t=0$  tertentu.

#### b. Aliran Tak Tetap ("Unsteady Flow")

Aliran dikatakan tak tetap bila kedalaman berubah sesuai dengan waktu ;  $\partial h/\partial t \neq 0$ , demikian pula dengan kecepatannya berubah menurut waktu;  $\partial u/\partial t \neq 0$ .

sedangkan berdasarkan fungsi ruang, maka aliran dapat dibedakan sebagai:

#### a. Aliran seragam ('Uniform Flow')

Aliran saluran terbuka dikatakan seragam bila kedalaman aliran sama pada setiap penampang;  $\partial h/\partial s=0$  dan kecepatannya tidak berubah menurut waktu;  $\partial u/\partial s=0$ .

#### b. Aliran tidak seragam ('Ununiform Flow')

Sedangkan aliran saluran terbuka dikatakan tidak seragam bila kedalaman aliran berubah pada setiap penampang;  $\partial h/\partial s \neq 0$  dan kecepatannya berubah menurut waktu;  $\partial u/\partial s \neq 0$ .

Aliran ini dapat berupa:

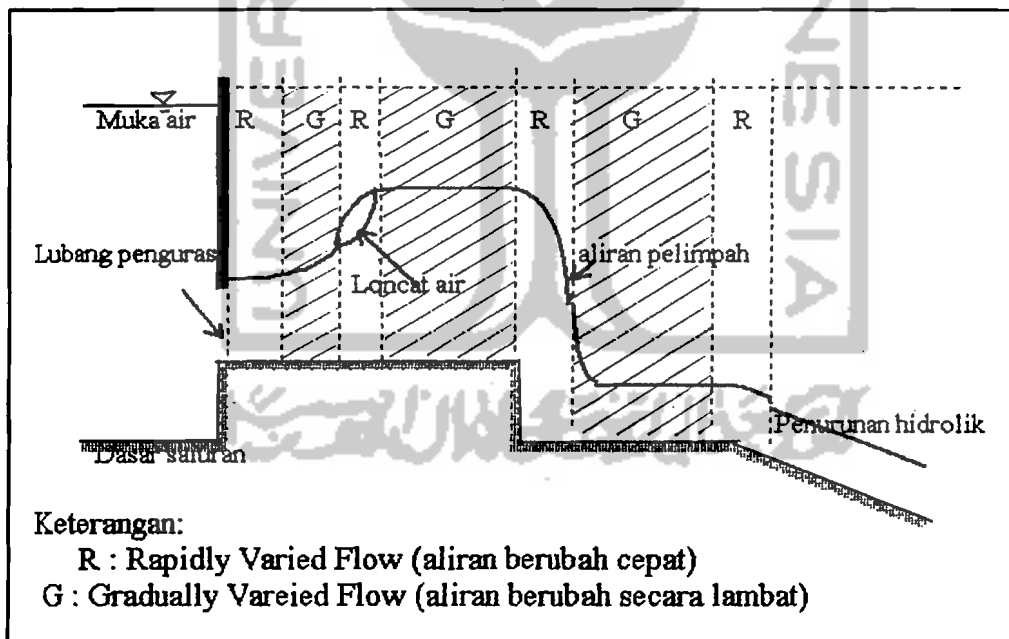
1. Aliran berubah lambat laun (“Gradually Varied Flow” ).

Disebut aliran berubah lambat laun karena kedalamannya berubah pada jarak yang cukup panjang, yaitu

2. Aliran berubah tiba-tiba (“rapidly varied Flow” )

Aliran disebut berubah tiba-tiba bila kedalamannya mendadak berubah dengan cepat pada jarak yang cukup pendek.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar (3.1) yang menerangkan klasifikasi aliran.



Gambar 3.1. Klasifikasi Aliran.

### 3.4. Kondisi Aliran.

Kondisi aliran ditentukan oleh pengaruh kekentalan dan gravitasi secara relatif

dibandingkan dengan gaya inertiannya Karena pengaruh kekentalan kinematiknya aliran dapat bersifat laminar atau turbulen. Pengaruh kekentalan kinematik tersebut dapat dinyatakan dengan angka Reynold, yang didefinisikan sebagai:

$$R_e = (uL)/\nu \quad (3.1)$$

dengan:

$u$  : Kecepatan aliran (m/det).

$L$  : Panjang karakteristik (m),

pada saluran muka air bebas  $L = R$

$R$  : Jari-jari hidrolik saluran.

$\nu$  = Kekentalan kinematik ( $m^2/det$ )

Sedangkan pengaruh gaya gravitasi dan inertiannya dinyatakan dengan angka Froude yang didefinisikan sebagai:

$$Fr = u/\sqrt{gL} \quad (3.2)$$

dengan:

$u$  : Kecepatan rata-rata aliran (m/det).

$g$  ; gaya gravitasi ( $m^2/det$ )

$L$  : Panjang karakteristik (m),

pada saluran muka air bebas  $L = D$

$D$  : Kedalaman hidrolik.

Keadaan aliran dapat diketahui dengan mengetahui angka froudenya yaitu untuk  $Fr = 1$ , aliran dinyatakan sebagai aliran kritis, sedang apabila  $Fr < 1$  disebut sebagai aliran subkritis dan untuk  $Fr > 1$  alirannya disebut superkritis.

### 3.5. Loncat Air.

Loncat air terjadi apabila suatu aliran superkritis berubah menjadi aliran subkritis dan pada perubahan itu terjadi pelepasan energi.

Pada mulanya teori mengenai loncatan air dikembangkan untuk saluran-saluran horisontal atau yang kemiringannya kecil, sehingga pengaruh berat air terhadap sifat-sifat loncatan air dapat diabaikan, akan tetapi hasil yang diperoleh, dapat diterapkan pada sebagian besar saluran-saluran yang ada. Untuk saluran yang gradiennya besar, pengaruh berat air pada loncatan cukup besar sehingga harus dimasukkan dalam perhitungan.

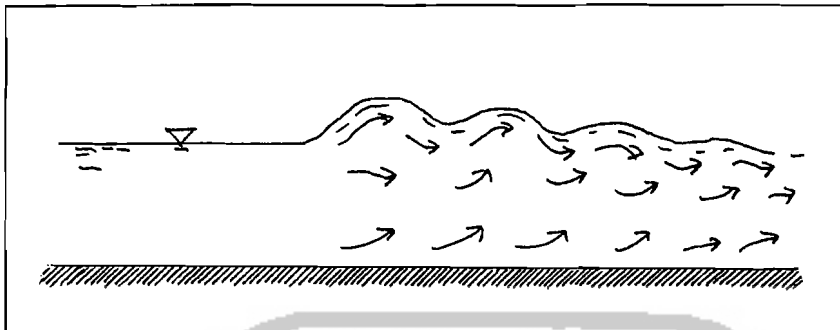
Pemakaian praktis dari perhitungan panjang loncatan air adalah untuk perencanaan bangunan peredam energi pada bendungan, saluran dan struktur hidrolis yang lain untuk mencegah pengikisan struktur dibagian hilir.

### 3.6. Tipe Loncat Air.

Berdasarkan bilangan Froude, loncat air pada saluran yang datar dapat dibedakan menjadi 5 yaitu:

a.  $Fr = 1 - 1,7$

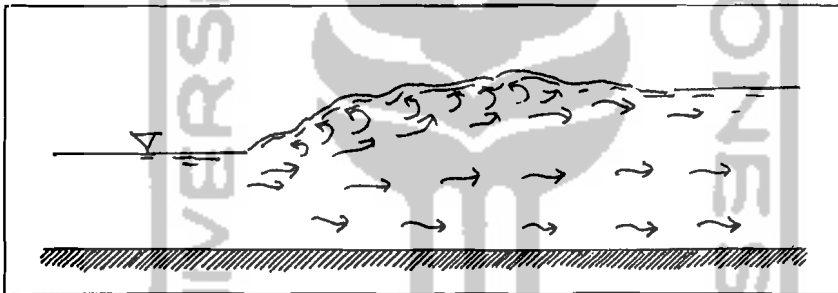
Untuk  $Fr = 1 - 1.7$  akan terjadi ombak pada permukaan air, dan loncatan yang terjadi dinamakan *loncatan berombak*



Gambar 3.2. Loncatan berombak

b.  $Fr = 1,7 - 2,5$

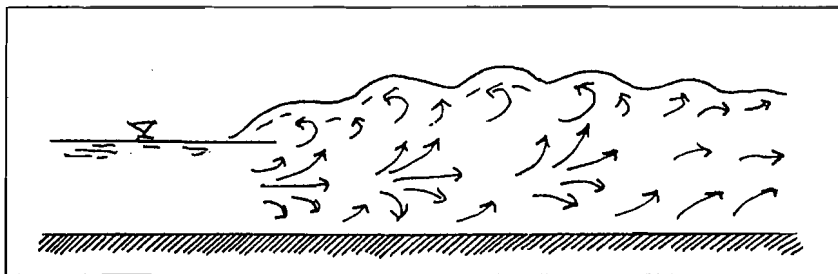
Pada angka  $Fr$  seperti, akan terbentuk rangkaian ombak pada permukaan loncatan, tetapi permukaan air dihilir tetap halus.



Gambar 3.3. Loncatan lemah

c.  $Fr = 2,5 - 4,5$

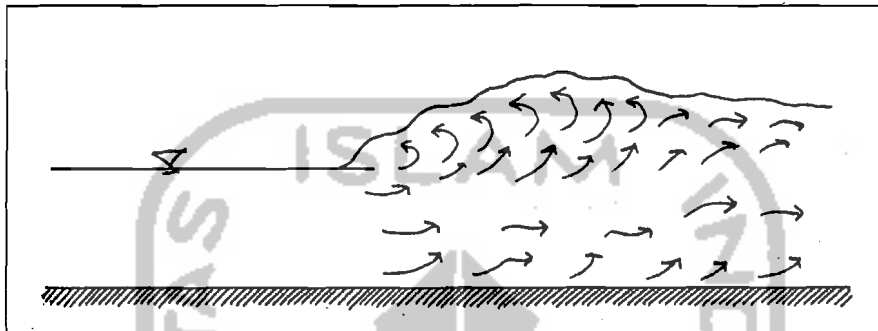
Untuk  $Fr$  2.5 sampai 4.5, terdapat semburan berosilasi menyertai dasar loncatan bergerak kepermukaan dan kembali lagi tanpa periode tertentu. Loncatan ini dinamakan *loncatan berosilasi*



Gambar 3.4. Loncatan berosilasi.

d.  $Fr = 4,5 - 9,0$

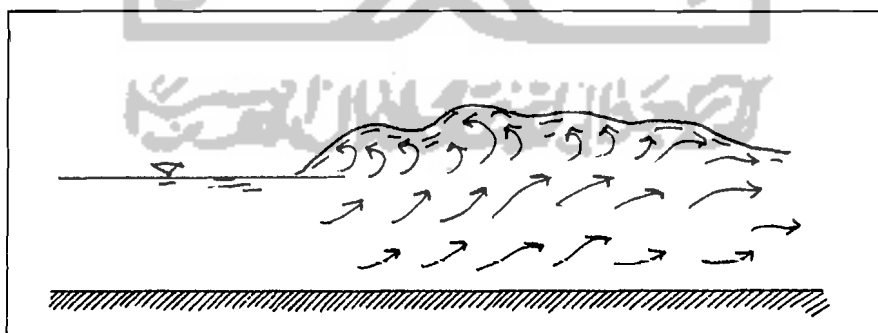
Untuk  $Fr = 4.5$  sampai  $9.0$ , ujung-ujung permukaan hilir akan bergulung dan titik dimana kecepatan semburannya tinggi cenderung memisahkan diri dari aliran.



Gambar 3.5. Loncatan tetap.

e.  $Fr > 9,0$

Untuk  $Fr = 9.0$  dan yang lebih besar, kecepatan semburan yang tinggi akan memisahkan hempasan gelombang gulung dari permukaan loncatan, menimbulkan gelombang-gelombang hilir, jika permukaan kasar akan mempengaruhi gelombang yang akan terjadi dan gerakan loncatan jarang terjadi, loncatan ini dinamakan loncatan kuat.



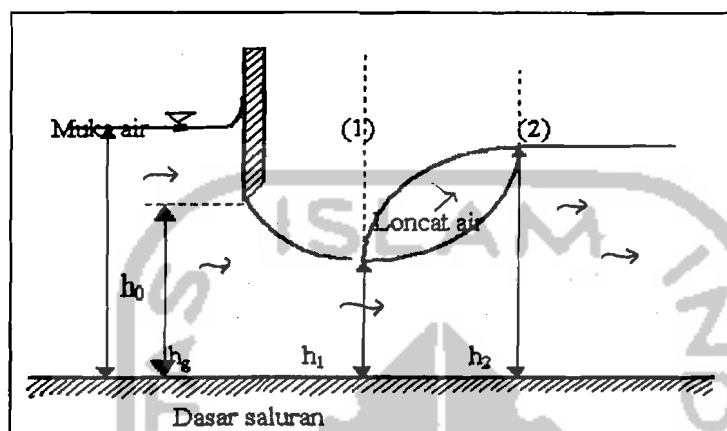
Gambar 3.6. Loncatan kuat.

### 3.7. Panjang Loncat Air.

Panjang loncat air dapat didefinisikan sebagai jarak yang diukur dari titik tepat

dihulu (didepan) olakan sampai dengan titik tepat dihilir (dibelakang) olakan.

Seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Profil Loncatan Air.

Gambar (3.7), terlihat bahwa loncat air terjadi bila aliran  $h_1$  menjadi  $h_2$  melalui transisi ("zone of transition"). Jadi loncat air terjadi jika terdapat perubahan sifat aliran dari super kritis (1) ke sub kritis (2).

Dari beberapa penyelidikan, panjang loncat air ditentukan dengan rumus empiris yang bentuk umumnya antara lain:

a. Woyeiski (1931)

$$L_j = (c - 0.05 \frac{h_2}{h_1})(h_2 - h_1), \text{ dim ana } (c) = 8$$

$$C = c - 0.05 h_2/h_1$$

b. Smetana (1933)

$$L_j = C(h_2 - h_1), \text{ dimana } C = 6$$

Sedangkan dari laboratorium mekanika fluida, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta didapat  $C = 4,5 - 7$



dengan:

$l_j$  = Panjang loncat air.

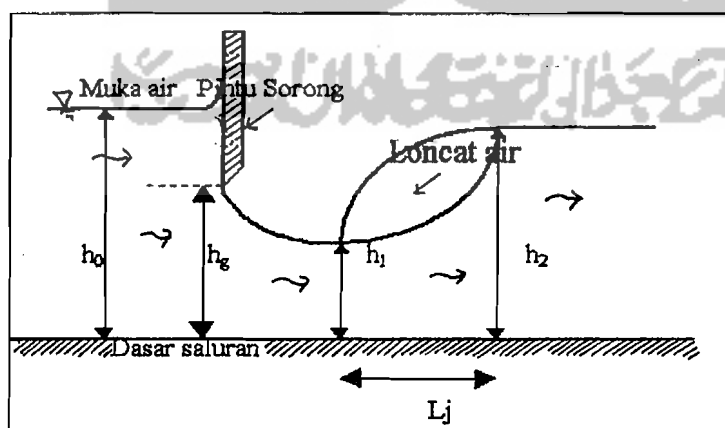
$h_2, h_1$  = 'conjugate depth'

### 3.8. Model Bangunan Air yang Digunakan.

Model bangunan air yang digunakan adalah model yang dibelakang bangunan air tersebut terjadi loncat air yang menimbulkan olakan. Beberapa model yang digunakan dalam penelitian ini adalah pintu sorong, bendung ambang lebar, bendung ambang tajam dan bendung tipe ogee.

#### 3.8.1. Pintu Sorong.

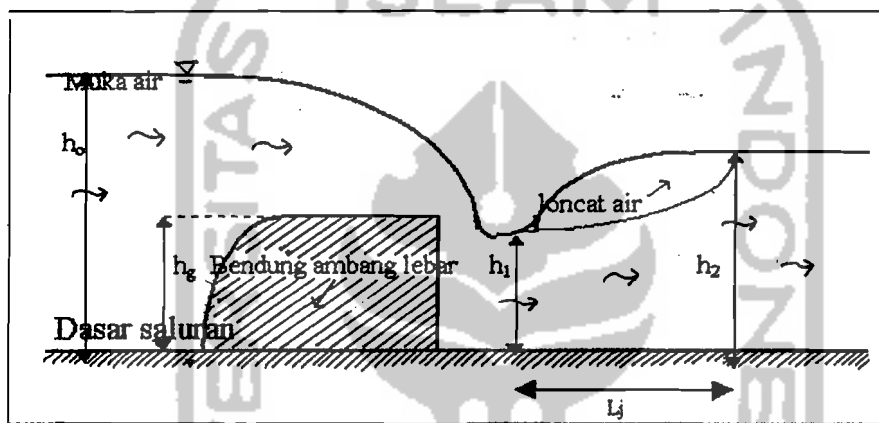
Bentuk pintu sorong dalam penerapannya sebagai pengatur besarnya aliran yang lewat dibawah bagian bangunan pintu sorong (besarnya debit) dalam hal ini dapat didefinisikan sebagai bangunan yang dapat menghasilkan hubungan antara kedalaman, debit yang lewat dan panjang loncat air yang terjadi.



Gambar 3.8. Aliran air melalui pintu sorong

### 3.8.2. Bendung Ambang Lebar.

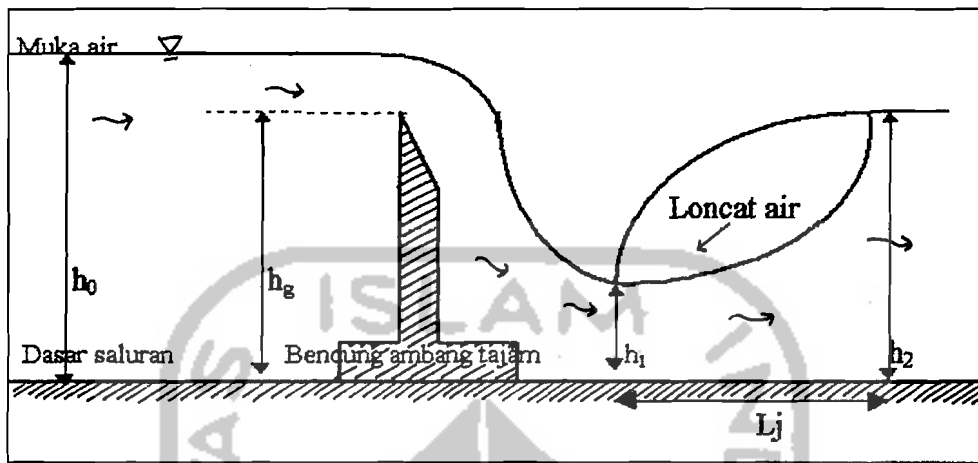
Fungsi dari bendung ambang lebar adalah sebagai pembendung aliran yang kemudian melimpaskan aliran ke hilir ambang, akibat dari melimpasnya air ke hilir maka akan terjadi loncatan air yang kemudian panjang dari loncat air tersebut dapat diketahui yaitu dengan penyelidikan di laboratorium.



Gambar 3.9. Aliran melalui bendung ambang lebar.

### 3.8.3. Bendung Ambang Tajam.

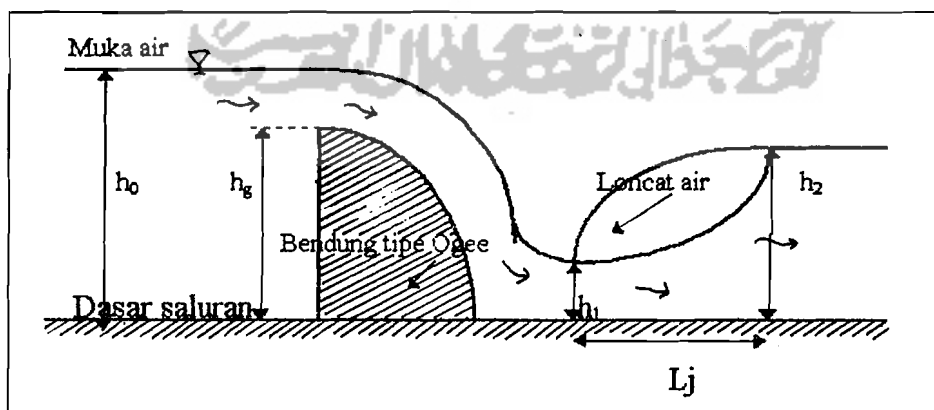
Bendung ambang tajam adalah bangunan yang memiliki fungsi meninggikan muka air, melimpahkan air ke hilir dan sebagai alat untuk mengetahui berapa panjang loncat air yang terjadi di hilir bangunan tersebut. Disebut ambang tajam karena panjang ambang tidak mempengaruhi hubungan antara tinggi energi dengan debit ( $H_1/L > 15$ ). Pada prakteknya panjang ambang maksimum 2 mm, sehingga akan mengakibatkan aliran yang melimpas di atas ambang berupa pancaran.



Gambar 3.10. Aliran air melalui ambang tajam

#### 3.8.4. Bendung Tipe Ogee.

Mercu Ogee berbentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasi. Oleh karena itu mercu ini tidak akan memberikan tekanan subatmosfir pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Untuk debit yang rendah, air akan memberikan tekanan kebawah pada mercu.



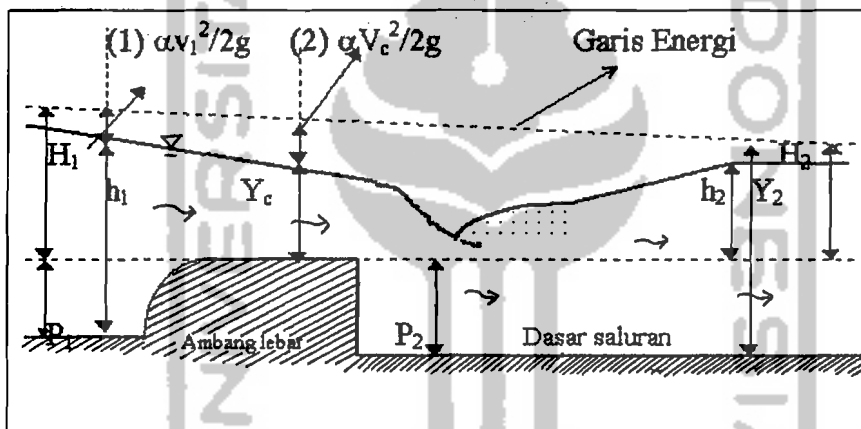
3.10. Aliran air pada bendung Ogee

### 3.9. Aliran Modular dan Batas Modular.

Suatu aliran mempunyai debit yang dihitung dengan kontinuitas  $Q = VA$ , dengan kata lain apabila pada suatu penampang aliran diketahui kecepatan rerata aliran ( $V$ ) dan luas penampang ( $A$ ) maka besarnya debit ( $Q$ ) yang lewat pada penampang tersebut dapat diketahui. Besarnya  $V$  dicari dengan persamaan bernoulli yakni:

$$Z_1 + P_1/\rho g + \alpha V^2/2g = Z_2 + P_2/\rho g + \alpha V^2/2g \dots \dots (3.3)$$

Pada gambar 3.11. dibawah ini dapat dilihat penguraian perstatemen variabel.



3.11. Distribusi Tekanan Yang didapatkan Oleh Para Ahli

Jika pada penampang-penampang terjadi aliran kritis dengan kedalaman  $Y_c$  dan bidang referensinya adalah puncak ambang, maka  $Z_1 = Z_2 = 0$ .

$$H_1 = \alpha V_1^2 + h_1 = \alpha V_2^2 + Y_c$$

$$V_2 = (2g(H_1) - Y_c)^{0.5} \alpha^{0.5}$$

Hubungan antara  $H_1 - Y_c$  dicari dari persamaan sebelumnya diatas:

$$H_1 = Y_c + V_c^2/2g$$

$$V_c^2/2g = A_c/2B_c$$

$A_c$  merupakan fungsi dari  $B_c$  dan  $Y_c$ , tetapi karena  $B_c$  sudah tetap (karena lebar bagian kontrol yang sudah ditentukan maka  $A_c/2B_c$  hanya merupakan fungsi dari  $Y_c$ ).

$$H_1 = f(Y_c) \text{ atau } Y_c = f(H_1)$$

$$\text{maka: } Q = A_c [(2g(H_1) - f(H_1))]^{0.5} \alpha^{0.5}$$

Untuk mencapai kedalaman kritis, tinggi muka air disebelah hilir bagian kontrol harus cukup rendah dimaksudkan agar air disebelah hilir tidak berpengaruh pada tinggi muka air disebelah hulu. Aliran kritik pada kondisi ini disebut **aliran modular** (Modular Flow).

Tinggi muka air dihilir maksimum yang diperoleh agar terjadi aliran modular biasanya dinyatakan dalam perbandingan tinggi energi hilir dengan tinggi energi hulu ( $H_2/H_1$ ). Yang disebut **batas modular** didefinisikan adalah suatu perbandingan tinggi energi total hilir dengan hulu ( $H_2/H_1$ ) diukur diatas ambangt atau saluran, pada keadaan tepat mulai terpengaruh oleh muka air hilir dan debit yang lewat adalah sebesar 99% dari debit pada pengaliran modular.

### 3.10. Ikhtisar.

Dari kajian pustaka dapat ditentukan jenis eksperimen yang akan dilakukan, yaitu eksperimen evaluasi yang bertujuan membuat evaluasi panjang loncat air. Dari eksperimen tersebut akan diperoleh nilai/angka panjang loncat air serta angka koefisien panjang lompat air atau disebut juga koefisien C. Setelah diperoleh angka koefisien C tersebut lalu ditentukan formula matematika yang dapat digunakan untuk mencari nilai panjang loncat air ( $L_j$ ).

Dengan melakukan pengukuran langsung dilaboratorium hidrolika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia akan diperoleh beberapa variabel yang berpengaruh terhadap panjang loncat air seperti perbedaan tinggi muka air dibelakang model.

Setelah diperoleh angka koefisien panjang loncat air atau koefisien  $C$  dari perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan rumus  $L_j = C (Y_2 - Y_1)$  maka hasilnya dibandingkan dengan angka koefisien panjang loncat air ( $C$ ) yang didapat dari formula yang dihasilkan oleh peneliti.

