

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Pendahuluan

Pada hidrolika saluran terbuka, banyak fenomena aliran yang tidak bisa dianalisis secara tepat dengan formulasi matematika. Sedangkan perhitungan formulasi matematika dalam pendekatannya melakukan pengabaian-pengabaian terhadap sifat dasar zat cair dan alirannya seperti :

- a. sifat kekentalan zat cair diabaikan
- b. gaya sentripetal akibat aliran yang melengkung diabaikan, dan
- c. kerapatan zat cair selalu tetap sehingga perubahannya diabaikan.

Oleh karena itu terjadi kesenjangan antara hidrolika teoritis dengan hidrolika empiris. Untuk menjembatani kesenjangan tersebut, perlu diupayakan angka koreksi terhadap perhitungan teoritis, yang diperoleh melalui pengujian-pengujian terhadap beberapa model hidrolis.

2. 2. Model Hidrolika

Pengetahuan hidrolika merupakan dasar yang harus dikuasai untuk menyelesaikan masalah aliran. Pada umumnya para teknisi menyelesaikan permasalahan aliran dengan menggunakan pendekatan model hidrolika, antara lain model matematika (“mathematic model”), model fisik (“hydraulic model”), dan model campuran (“hybrid model”).

Model matematika adalah simulasi fisik melalui persamaan matematika yang sudah diketahui dan diselesaikan dengan pendekatan numerik.

Karena kompleksnya permasalahan yang dibahas pada aliran, maka sering studi model matematika tidak bisa menjawab secara tuntas permasalahan aliran, sehingga diperlukan model fisik untuk melengkapi penyelesaian masalah aliran, agar lebih sesuai dengan kondisi aslinya.

Peran model hidrolis dalam mendukung kegiatan perencanaan pekerjaan bangunan air adalah :

- a. untuk meramalkan kemungkinan yang akan terjadi setelah bangunan dibuat,
- b. untuk memperoleh tingkat keyakinan yang tinggi atas keberhasilan suatu perencanaan bangunan, dan
- c. untuk meramalkan pengaruh bangunan terhadap struktur bangunannya sendiri serta lingkungan.

2. 2. 1. Model Fisik Dua Dimensi

Model fisik dua dimensi diperlukan untuk mengamati fenomena aliran dua dimensi yang terjadi di sekitar model. Aliran dua dimensi memiliki gradien dua arah yaitu sumbu x dan sumbu y .

Kecepatan aliran bervariasi ke arah sumbu y , sedangkan tekanan bervariasi ke arah sumbu x . Model dua dimensi umumnya dipakai untuk menyelidiki bentuk mercu bendung yang ekonomis, mengukur koefisien debit, dan pengupayaan peredaman energi aliran ("stilling basin")

2. 2. 2. Model Fisik Tiga Dimensi

Model fisik tiga dimensi adalah model yang diperlukan untuk mengamati fenomena aliran tiga dimensi yang terjadi disekitar model tersebut. Aliran tiga dimensi adalah aliran yang memiliki gradien tiga arah dalam sistem koordinat kartisius.

Jadi parameter aliran bervariasi terhadap sumbu x , y , z . Model tiga dimensi umumnya diperlukan untuk menyelidiki perilaku bangunan utama irigasi, seperti perbaikan bentuk dan konfigurasi dinding sayap

2. 3. Jenis Eksperimen

Secara umum, eksperimen hidrolika dapat dikelompokkan kedalam tiga kategori (Nizam dan Djoko Legono, Hidrolika Eksperimen, PAU Teknik 1988.).

1. eksperimen Pembuktian
2. eksperimen Evaluasi
3. eksperimen Variabel.

2. 3. 1. Eksperimen Pembuktian

Eksperimen bertujuan memperkuat formulasi yang dihasilkan dari tinjauan analisis matematika.

2. 3. 2. Eksperimen Evaluasi

Eksperimen evaluasi bertujuan mengevaluasi koefisien dengan melengkapi persamaan teoritis yang disebabkan oleh pengabaian-pengabaian sifat dasar zat cair dan aliran.

Dengan melakukan pengukuran di laboratorium Hidrolika, maka semua faktor pengabaian tersebut akan menjadi suatu koefisien sehingga diperoleh :

$$\text{Harga sesungguhnya} = \text{Koefisien} \times \text{Formula Teoritis}$$

Hubungan antara variabel yang diteliti akan mudah di mengerti bila disajikan dalam bentuk grafik. Hasil pengamatan yang tidak sesuai dengan yang diharapkan tidak boleh dihilangkan dari grafik yang akan disajikan. Bila hasilnya cenderung untuk membentuk garis bisa dilakukan dengan metode kwadrat kecil ("least square method"), yang merupakan hubungan antara satu "independent variable" dengan satu "dependent variable". Bila diperoleh kecenderungan hasil lengkung, persamaan garis bisa dianalisis dengan merubah grafik eksponensial menjadi grafik logaritmik.

Karena yang dicari merupakan koefisien suatu persamaan, maka hasilnya akan diperbandingkan dengan koefisien standar yang ada di dalam buku acuan. Bila dijumpai penyimpangan hasil maka harus dijelaskan dan dicari kemungkinan sumber kesalahan.

2. 3. 3. Eksperimen Hubungan Variabel

Eksperimen hubungan variabel bertujuan mencari hubungan variabel yang diperkirakan akan berpengaruh terhadap suatu fenomena aliran hidraulik yang belum bisa diselesaikan secara analitis. Hubungan variabel hanya bisa diketahui melalui eksperimen.

Prosedur eksperimen ini, nantinya dapat digunakan sebagai analisis dimensi dalam hidrolika untuk :

- a. pengecekan kebenaran persamaan,
- b. penentuan dimensi koefisien empiris, dan
- c. pengelompokan variabel dalam penelitian untuk membantu sistematika penelitian.

2. 4. Pintu Sorong

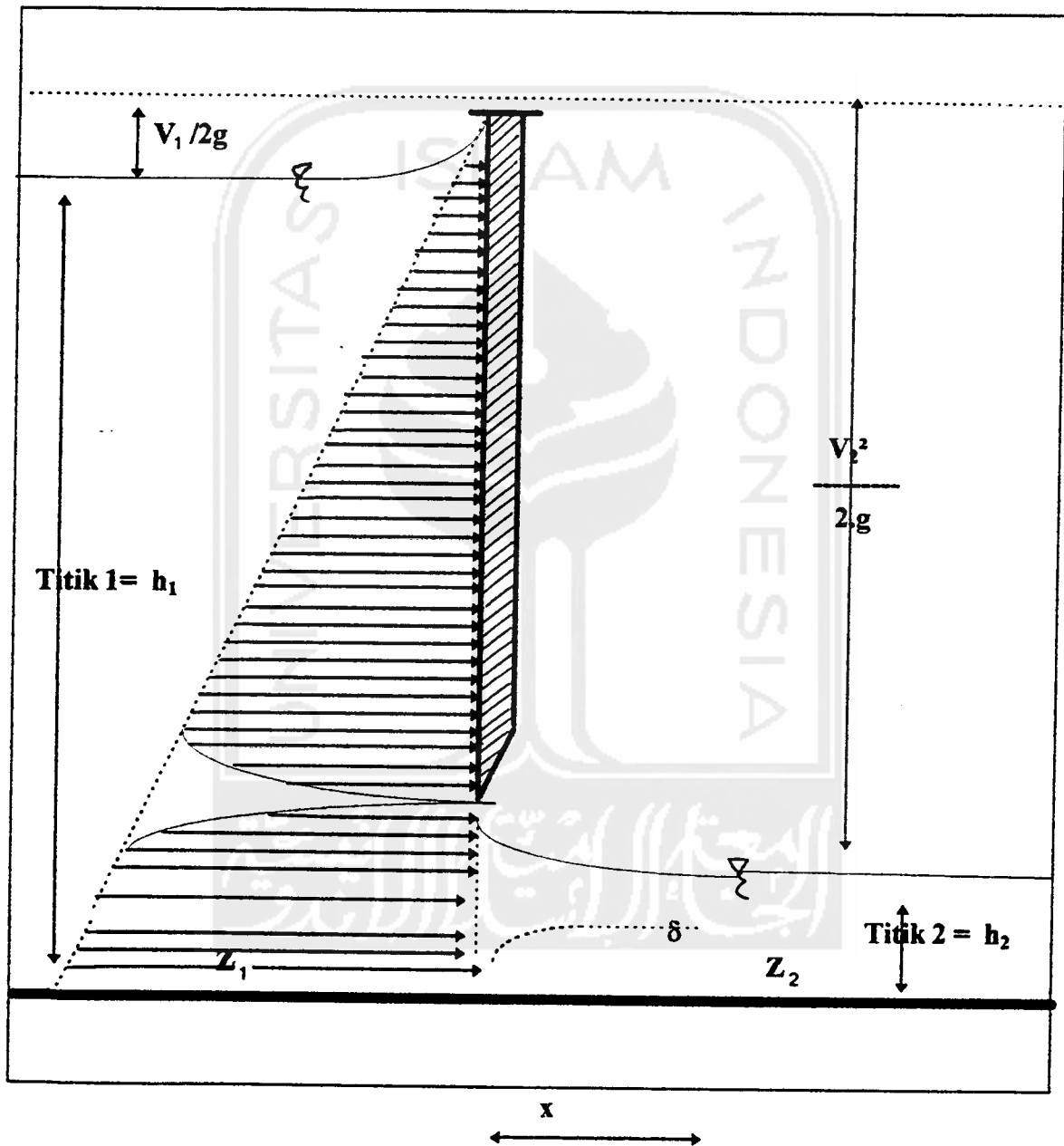
Bentuk pintu sorong dalam penerapannya sebagai pengatur debit yang didefinisikan sebagai bangunan yang dapat menghasilkan hubungan antara debit dan kedalaman di hulu bangunan dengan penampang lintang tertentu. Bangunan pengatur debit juga dapat digunakan untuk mengukur debit.

2. 4. 1. Kondisi Aliran Modular

Pada kondisi aliran modular (aliran bebas), aliran yang melewati pintu akan mencapai kedalaman minimum yang disebut “vena contracta”.

Gambar (2. 1.) menunjukkan distribusi tekanan pada pintu sorong, yang diperoleh para ahli hidrolis, bahwa tekanan pada pintu sorong, bukan tekanan hidrostatis. Aliran di hilir pintu merupakan aliran super kritik termasuk dalam klasifikasi aliran “rapidly varied flow”, sedangkan aliran di hulu pintu merupakan aliran sub kritik dan termasuk dalam klasifikasi aliran “gradually varied flow” yang membentuk kurva aliran balik (“back water curve”).

Pintu sorong dalam prakteknya pada saluran irigasi berfungsi sebagai pengontrol debit aliran dengan cara mengatur tinggi bukaan pintu dan mengetahui hubungan antara tinggi muka air di hulu pada debit aliran.



Gambar 2. 1 Distribusi tekanan pada pintu sorong yang didapat dari para ahli

Harga koefisien kontraksi diperoleh :

$$C_c = h_g / h_1$$

dengan C_c = koefisien kontraksi

h_g = tinggi bukaan

h_1 = tinggi permukaan di hulu

Berdasarkan hukum konservasi energi pada titik 1 dan 2 pada gambar (2. 1.)

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2.g} + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2.g} + Z_2$$

$$Z_1 = Z_2$$

$$\frac{V_1^2}{2.g} + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2.g}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = h_1; \quad \frac{P_2}{\gamma} = h_2 \quad \text{sehingga}$$

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2.g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2.g}$$

dengan Z_1 dan Z_2 = kedalaman dasar saluran

V_1 dan V_2 = kecepatan aliran

P_1 dan P_2 = tinggi tekanan

h_1 dan h_2 = tinggi permukaan

g = gaya gravitasi

γ = berat jenis zat cair

Berdasarkan persamaan kontinuitas

$$Q = V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \quad (2. 1.)$$

maka diperoleh:

$$h_1 + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot B^2 \cdot h_1^2} = h_2 + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot B^2 \cdot h_2^2}$$

$$\frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot B^2 \cdot h_1^2} - \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot B^2 \cdot h_2^2} = h_2 - h_1$$

$$\frac{Q^2 (h_2 - h_1)}{2 \cdot g \cdot B^2 \cdot h_1^2 \cdot h_2^2} = h_2 - h_1$$

$$Q^2 = 2 \cdot g \cdot B^2 (h_2 - h_1) \cdot \frac{(h_2 \cdot h_1)^2}{(h_2 + h_1)(h_2 - h_1)}$$

$$Q = h_1 \cdot h_2 \cdot B \cdot \sqrt{\frac{h_1}{h_1 + h_2}}$$

$$Q = \frac{B \cdot hg \cdot C_c \cdot (2 \cdot g \cdot h_1)}{(h_2/h_1)}$$

maka

$$Q = C_d \cdot B \cdot hg \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot h_1)} \quad (2.2.)$$

$$C_d = \frac{C_c}{\sqrt{1 + (h_2/h_1)}} \quad (2.3.)$$

dengan Q = debit aliran

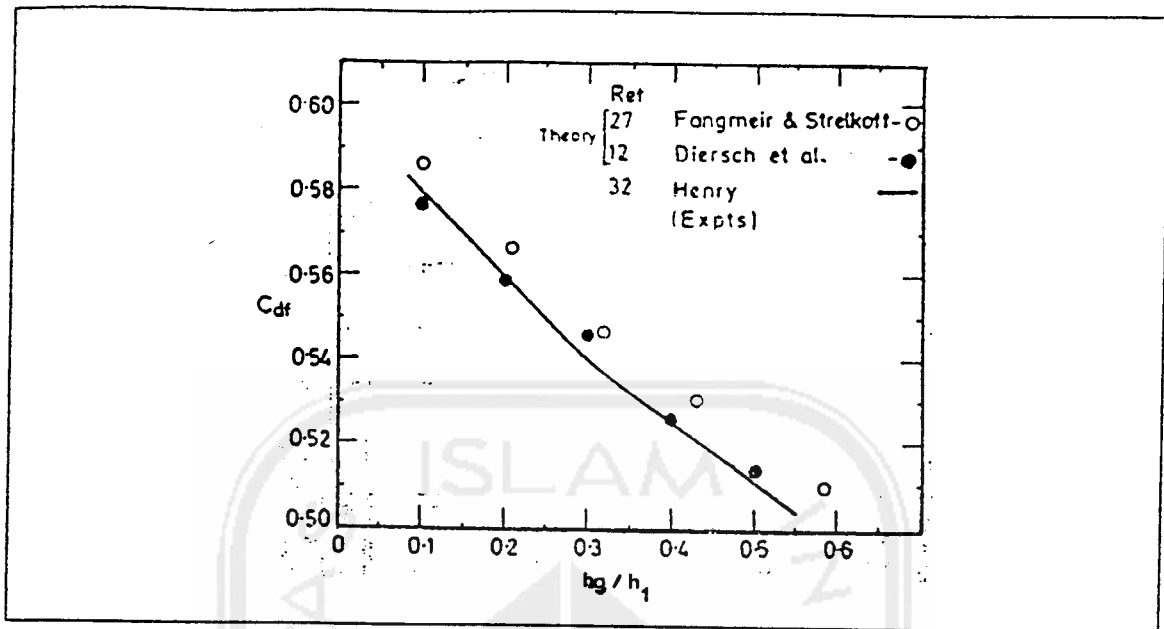
C_d = koefisien debit

B = lebar saluran pada "tilting flume"

2.4.2. Hasil Penelitian Empiris

Fangmeir, Henry dan Diersch secara sendiri-sendiri mengadakan pengukuran koefisien debit dengan model pintu sorong pada "tilting flume" di laboratorium mereka masing-masing, diperoleh harga variasi koefisien debit terhadap perbandingan tinggi bukaan pintu dengan tinggi permukaan air di hulu. Seperti gambar 2. 2.

(K. Subramanya Flow Open Chanel, 1988.)



Gambar 2. 2 Variasi koefisien debit (C_d)

2. 4. 3. Kondisi Batas Modular

Kondisi batas modular terjadi, jika aliran di hilir berubah menjadi aliran kritis. Sehingga pada kondisi aliran tenggelam, aliran di hilir menjadi aliran sub kritis.

2. 5. BendungAmbang Lebar

Ambang adalah bangunan yang berfungsi sebagai pembendung aliran, melimpaskan aliran ke hilir ambang, dan sebagai alat ukur debit. Akibat dari pembendungan, aliran akan menimbulkan kurva balik (“back water curve”)

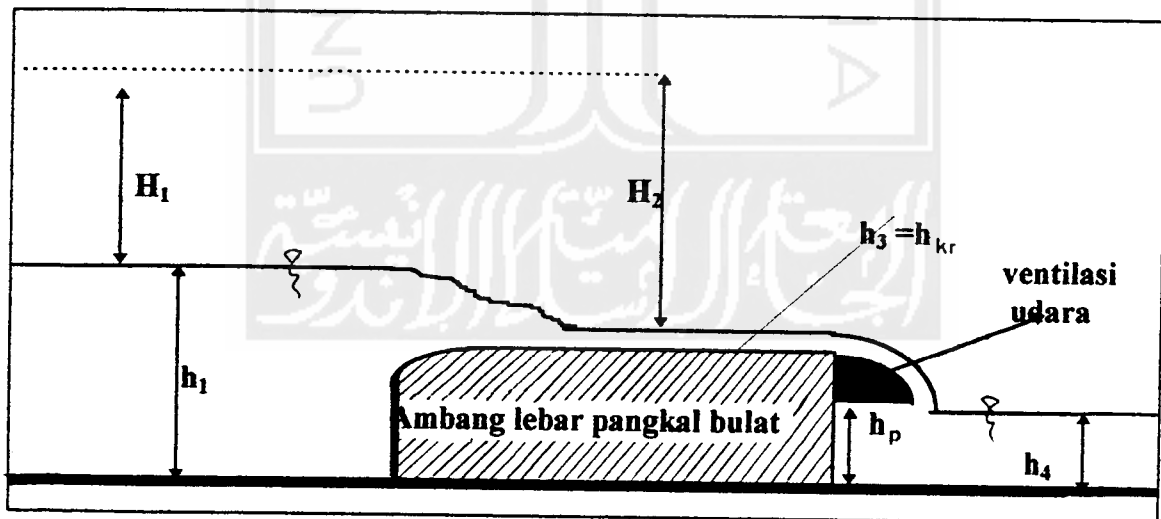
Pada saat elevasi mencapai titik kulminasi maka aliran akan melimpas. Fenomena limpasan pada bangunan ambang (baik ambang tajam maupun ambang lebar) akan terjadi fenomena lokal yang disebut jatuh bebas (“free over fall”).

2. 5. 1. Kondisi Aliran Modular

Ambang lebar adalah bangunan yang mempunyai panjang ambang minimal mampu menghasilkan garis aliran yang sejajar dengan ambang, sehingga diatas ambang terjadi distribusi tekanan hidrostatik.

Ukuran panjang biasanya dinyatakan dengan angka perbandingan (H_1/ L) yakni $0,08 < H_1/ L < 0,5$. Untuk $\frac{H_1}{L} < 0,08$ kehilangan energi diatas ambang tidak bisa diabaikan. Sedangkan untuk $\frac{H_1}{L} > 0,5$ aliran diatas ambang tidak terjadi distribusi tekanan hidrostatik. Bila suatu ambang lebar bekerja sebagai pengendali, maka debit yang lewat dapat diperkirakan berdasarkan kondisi aliran kritis di atas ambang dengan asumsi garis aliran sejajar. Gambar (2. 3 .) menunjukkan aliran kritis di atas ambang.

H_1 = tinggi tekanan
 L = panjang ambang lebar



Gambar 2. 3. Aliran diatas ambang lebar

Dengan anggapan kehilangan energi akibat turbulensi dan viskositas diabaikan, maka berdasarkan persamaan kontinuitas dan persamaan energi :

$$H = E_{kr} = 3/2 h_{kr}$$

$$H = 3/2 \cdot \left(\frac{Q^2}{g \cdot B^2} \right)^{1/3}$$

$$\left(\frac{2}{3} \cdot H \right)^3 = \frac{Q^2}{g \cdot B^2}$$

sehingga

$$Q = B \cdot (\sqrt{g}) \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot H \right)^{1,5} \quad (2. 4.)$$

Persamaan (2. 4.) adalah persamaan teoritis ambang lebar, akibat dari pengabaian kehilangan energi karena pengaruh turbulensi dan viskositas, sehingga terjadi hasil yang berbeda antara hasil perhitungan teoritis dengan pengukuran.

Sehingga persamaan (2. 4.) harus dikalikan dengan angka koefisien debit yang mewakili harga-harga, yang diakibatkan oleh pengabaian sifat dasar zat cair tersebut.

Maka persamaan di atas menjadi :

$$Q = C_d \cdot B \cdot (\sqrt{g}) \left(\frac{2}{3} \cdot H \right)^{1,5} \quad (2. 5.)$$

atau

$$Q = 1,705 \cdot Cd \cdot B \cdot (H)^{1,5}$$

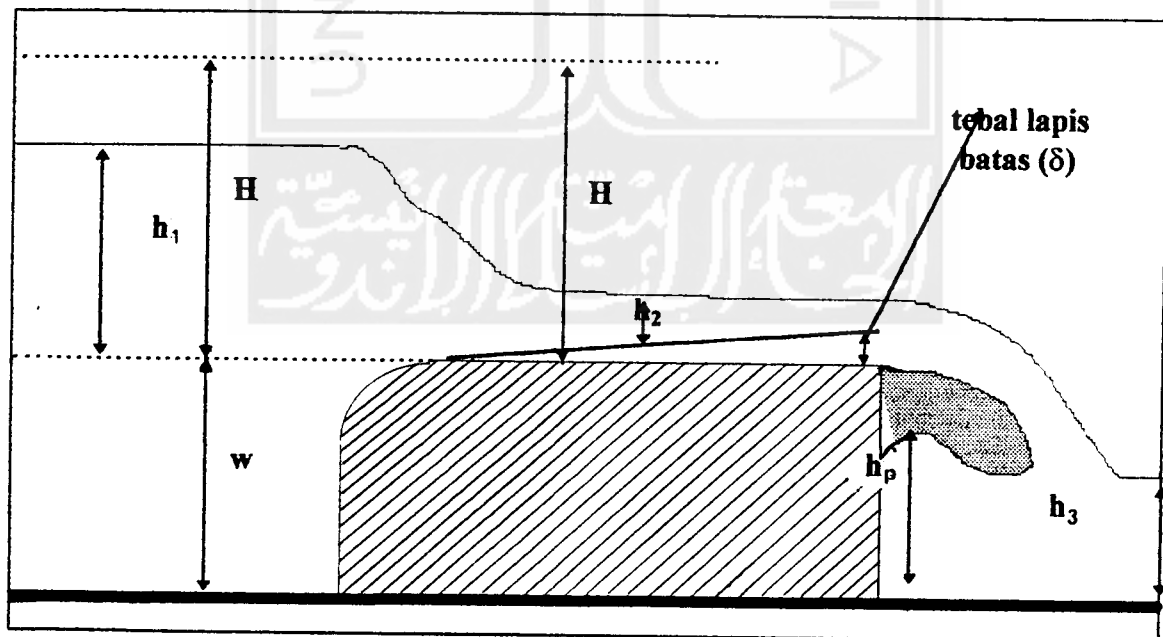
(2. 6.)

2. 5. 2. Hasil Penelitian Empiris Berdasarkan Pendekatan Konsep Lapis Batas

Pada kondisi aliran modular, tinggi permukaan air di hilir tidak di pengaruhi oleh tinggi muka air di hulu, maka persamaan debit aliran pada ambang lebar dapat di dekati dengan tinggi muka air kritis dan pendekatan fenomena lokal yang berupa lapis batas. Dalam pendekatannya dilakukan asumsi sebagai berikut :

1. pada ambang garis aliran sejajar terhadap ambang dengan kedalaman air kritis

$$h_2 = h_{kr}$$
2. kecepatan (v) merupakan kecepatan aliran yang seragam di luar lapisan batas,
3. tebal lapis batas (δ) relatif kecil terhadap tinggi permukaan air di atas ambang, dan
4. tidak terdapat gradien tekanan sepanjang lapis batas.



Gambar 2. 4. Fenomena lapis batas pada ambang lebar

Seperti pada gambar (2. 4.) berdasarkan konsep lapis batas, kecepatan aliran di luar lapis batas memenuhi persamaan Bernoulli sehingga :

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot (H - h)} \quad (2. 7.)$$

maka debit sesungguhnya adalah

$$Q = v \cdot [B \cdot h_2 - (B + 2 \cdot h_2) \cdot \delta^*] \quad (2. 8.)$$

dengan δ^* merupakan tebal perpindahan lapis batas ("boundary layer displacement thickness").

Pada aliran kritis debit alirannya tidak bertambah terhadap pertambahan kedalaman di atas ambang artinya berapapun besarnya debit asalkan dalam kondisi modular tinggi permukaan air di atas ambang selalu dalam kondisi kedalaman air kritik atau $dQ/dh_2 = 0$. Di substitusi persamaan (2. 7.) ke persamaan (2. 8.) dan didiferensialkan terhadap h_2 maka diperoleh :

$$Q = \sqrt{2 \cdot g \cdot (H - h_2)} \cdot [B h_2 - (B + 2 h_2) \delta^*] \quad (2. 9.)$$

$$\frac{dQ}{dh_2} = \frac{2 \cdot g \cdot (H - h_2) \cdot (B - 2 \cdot \delta^*) - 2 \cdot g \cdot (B h_2 - B \cdot \delta^* - 2 \cdot h_2 \cdot \delta^*)}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (H - h_2)}}$$

$dQ/dh_2 = 0$ maka $h_2 = h_{kr}$ (tinggi kritik) sehingga

$$h_{kr} = \frac{2. H (2. \delta^* - B) - B. \delta^*}{3. (2. \delta^* - B)}$$

$$h_{kr} = 2/3. H + 1/3. \left(\frac{B. \delta^*}{B - 2. \delta^*} \right)$$

karena δ^* sangat kecil sehingga

$$h_{kr} = \frac{2 H}{3} + \frac{\delta^*}{3} \quad (2. 10.)$$

maka

$$H - h_{kr} = \frac{1}{3} . (H - \delta^*) \quad (2. 11.)$$

substitusikan persamaan (2. 11.) dan (2. 10.) ke persamaan (2. 9.) maka

$$Q = \sqrt{g} . B. (2/3. H)^{3/2} . \left(1 - \frac{2. \delta^*. L}{L B} \right) . \left(1 - \frac{\delta^*. L}{L H} \right)^{3/2}$$

berdasarkan persamaan (2. 5.) maka

$$Cd = \left(1 - \frac{2. \delta^* L}{L. B} \right) . \left(1 - \frac{\delta^* L}{L. H} \right)^{3/2} \quad (2. 12.)$$

dari persamaan (2.12.) terlihat bahwa koefisien debit pada ambang lebar akan bervariasi terhadap tebal perpindahan lapis batas relatif δ^*/L (“relative boundary layer displacement thickness”).

dengan panjang ambang L , dan H tinggi tenaga aliran di atas ambang.

Harga tebal perpindahan relatif terhadap panjang ambang lebar dapat diperoleh dari grafik pada gambar (2. 5.), merupakan grafik hubungan tebal perpindahan lapis batas relatif terhadap “Reynold number.”

“British Standard Institute” meneliti dengan model ambang lebar, memperoleh harga “Reynold number” pada daerah transisi laminar ke turbulen seperti pada gambar (2. 5.).

$$\text{Ret} = \frac{v. x_t}{\nu} = 3. 10^6$$

dengan :

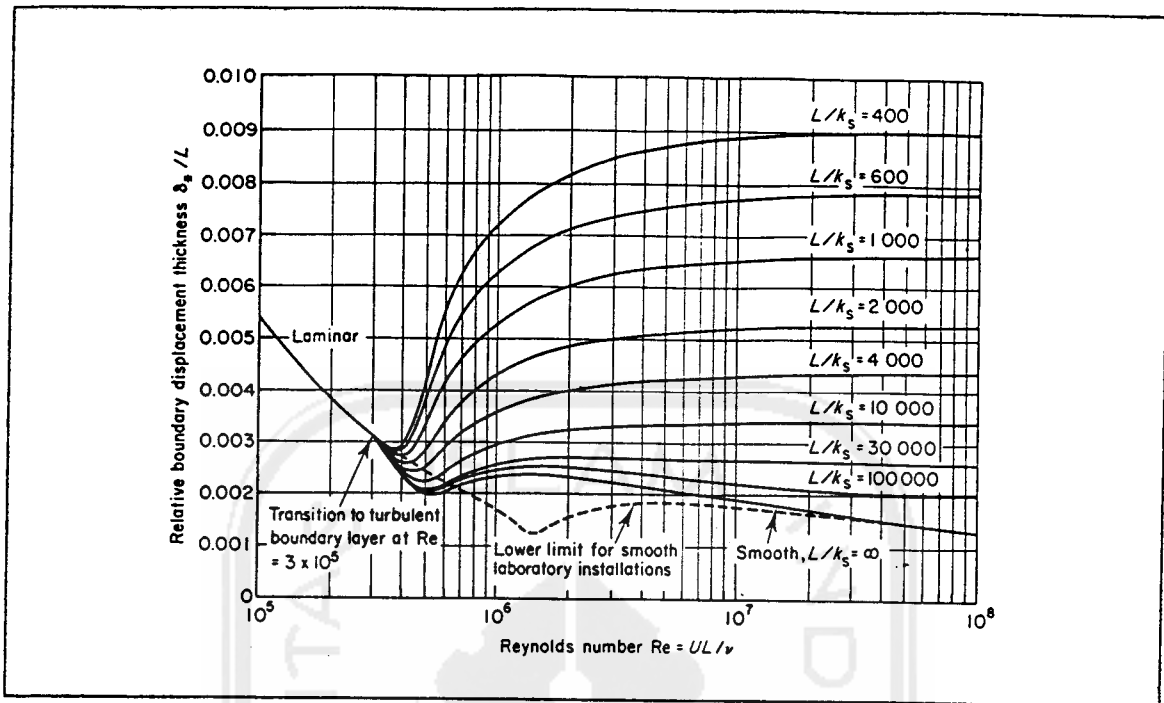
Ret = bilangan reynold pada kondisi transisi

x_t = panjang transisi

ν = viskositas kinematik

sehingga harga $\delta^*/L = 0,003$.

Maka persamaan (2. 12.) dengan $H \approx h$ dapat ditulis (Reginald W Herschy, Hydrometry Principles and Practices, John Wiley and Sons, New York, 1978.)



Gambar 2. 5. Grafik lapis batas relatif

$$C_d = \left[1 - \frac{0,006 \cdot L}{B} \right] \cdot \left[1 - \frac{0,031 \cdot L}{h} \right]^{3/2} \quad (2. 13.)$$

dengan L : panjang ambang

B : lebar ambang

h : tinggi muka air hulu

2. 5. 3. Kondisi Batas Modular

Batas modular, pada ambang lebar dengan pangkal dibulatkan adalah angka perbandingan antara H_2/H_1 , pada saat angka tersebut dicapai, debit aliran yang lewat berkurang 1% dari debit pada kondisi modular.

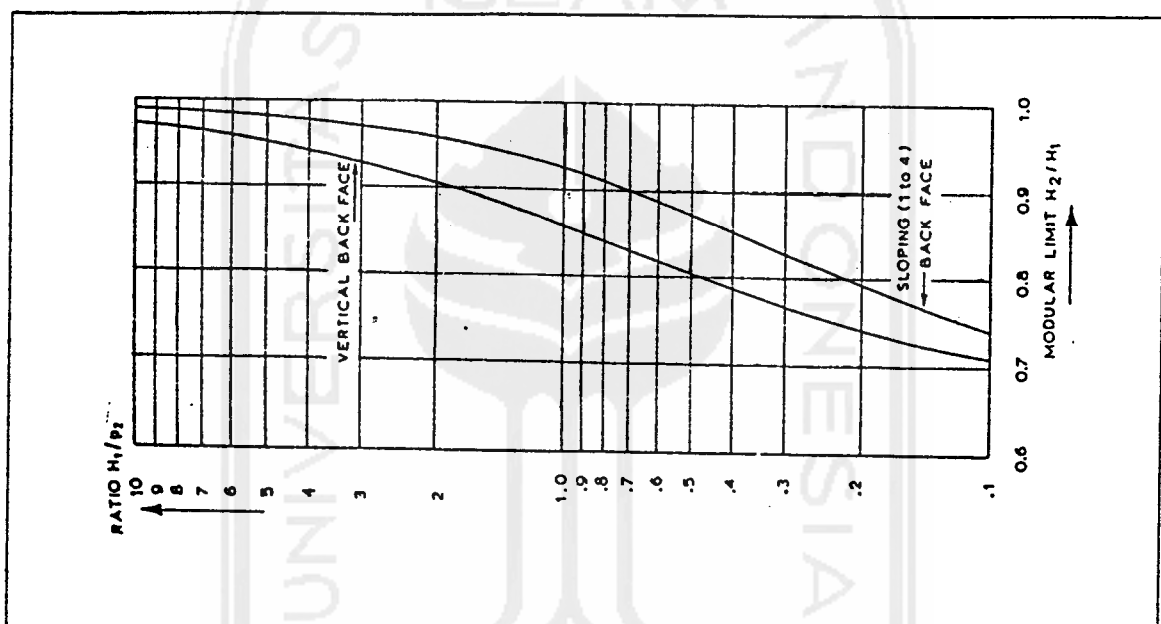
Harga lapis batas modular dapat dibaca pada grafik berikut (Working Group Hydraulics Structure 1988.).

Tabel 2. 1. Koefisien debit empiris

L/b	h/L	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
0,2	0,9924	0,9919	0,9913	0,9906	0,9898	0,9888	0,9876	0,9864
0,4	0,9912	0,9907	0,9901	0,9894	0,9886	0,9876	0,9864	0,9852
0,6	0,9900	0,9895	0,9889	0,9883	0,9875	0,9865	0,9853	0,9840
0,8	0,9888	0,9883	0,9878	0,9871	0,9863	0,9853	0,9841	0,9829
1,0	0,9876	0,9872	0,9866	0,9859	0,9851	0,9841	0,9829	0,9817
1,2	0,9865	0,9860	0,9854	0,9847	0,9839	0,9829	0,9818	0,9805
1,4	0,9853	0,9848	0,9842	0,9835	0,9827	0,9818	0,9806	0,9793
1,6	0,9841	0,9836	0,9831	0,9824	0,9816	0,9806	0,9794	0,9782
1,8	0,9829	0,9824	0,9819	0,9812	0,9804	0,9794	0,9782	0,9770
2,0	0,9818	0,9813	0,9807	0,9800	0,9792	0,9782	0,9770	0,9758
2,2	0,9808	0,9801	0,9795	0,9789	0,9781	0,9771	0,9759	0,9747
2,4	0,9794	0,9787	0,9784	0,9777	0,9769	0,9759	0,9748	0,9735
2,6	0,9783	0,9778	0,9772	0,9765	0,9757	0,9748	0,9736	0,9724
2,8	0,9771	0,9766	0,9761	0,9754	0,9749	0,9736	0,9724	0,9712
3,0	0,9759	0,9755	0,9749	0,9742	0,9734	0,9724	0,9713	0,9701
3,2	0,9748	0,9743	0,9733	0,9731	0,9723	0,9713	0,9701	0,9689
3,4	0,9736	0,9731	0,9726	0,9719	0,9711	0,9701	0,9690	0,9676
3,6	0,9725	0,9720	0,9714	0,9708	0,9700	0,9690	0,9678	0,9666
3,8	0,9713	0,9708	0,9703	0,9696	0,9688	0,9678	0,9667	0,9655
4,0	0,9702	0,9697	0,9691	0,9685	0,9677	0,9667	0,9656	0,9643
4,2	0,9690	0,9685	0,9680	0,9673	0,9665	0,9656	0,9644	0,9632
4,4	0,9679	0,9674	0,9668	0,9662	0,9654	0,9644	0,9633	0,9621
4,6	0,9667	0,9663	0,9657	0,9650	0,9642	0,9633	0,9621	0,9609
4,8	0,9656	0,9651	0,9646	0,9639	0,9631	0,9621	0,9610	0,9593
5,0	0,9645	0,9640	0,9634	0,9628	0,9620	0,9610		

Sumber : Reginald W. Herschy, Stream Flow Measurement 1985

Batas modular, pada ambang lebar dengan pangkal dibulatkan, adalah angka perbandingan antara H_2 / H_1 dimana pada saat angka tersebut dicapai, debit aliran yang lewat berkurang 1% dari debit pada kondisi modular, dan di kalibrasi. Maka harga batas modular dapat dibaca pada grafik berikut (Working Group, Hydraulics Structure 1988.)



Gambar 2. 6. Batas modular sebagai fungsi H_1 / w

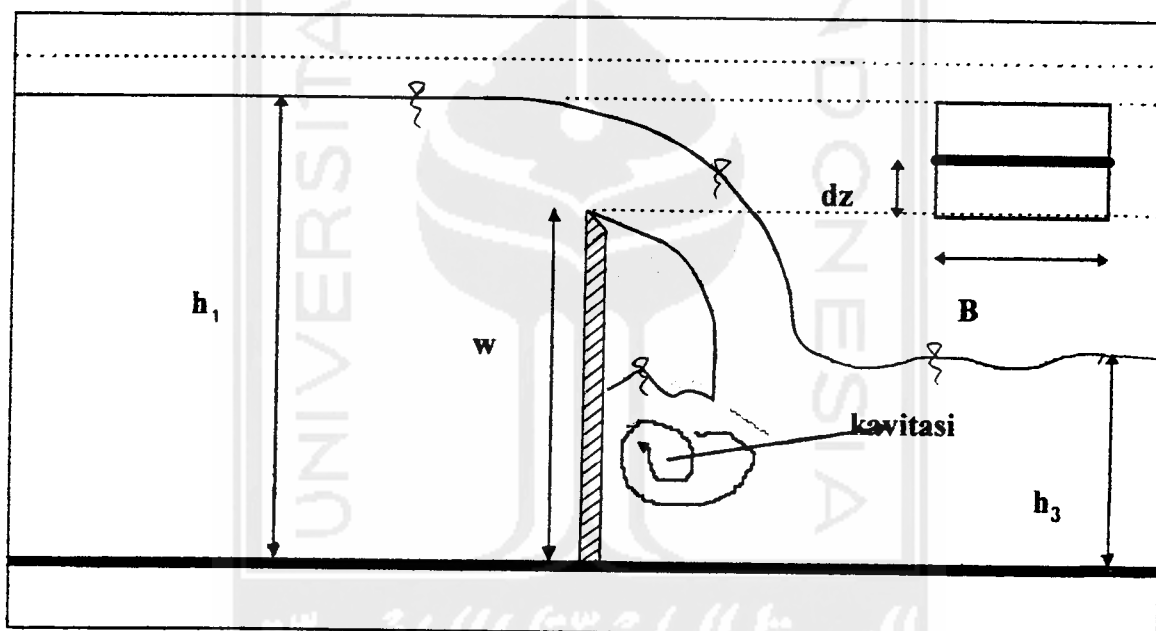
2. 6. Bendung Ambang Tajam

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

Fenomena tekanan negatif yang diakibatkan oleh meletusnya gelembung udara ke daerah bertekanan tinggi sehingga menyebabkan hilangnya energi mekanik yang disebut dengan kavitasi. Untuk menghindari efek kavitasi di bawah tirai luapan harus diberikan pengudaraan yang cukup.

2. 6. 1. Kondisi Aliran Modular

Berdasarkan persamaan energi dan persamaan kontinuitas diturunkan persamaan sebagai berikut



Gambar 2.7. Aliran melalui ambang

Dengan menerapkan persamaan energi

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2.g} + \frac{P_1}{\gamma} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2.g}$$

Karena kecepatan air diatas ambang berupa pancaran maka

$$P \approx 0 \text{ dan } P_1 / \gamma + Z_1 = h$$

$$V_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(h - Z_2 + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} \right)}$$

debit teoritik yang akan melewati pias setebal dZ adalah $V_2 \cdot B \cdot dZ$

$$dQ = -B \cdot \sqrt{2 \cdot g} \int_0^h \sqrt{\left(h - Z_2 + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} \right)} \cdot dZ$$

$$Q = 2/3 \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot g} \left| \sqrt{\left(h - Z_2 + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} \right)} \right|_0^h$$

$$Q = 2/3 \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot g} \left| \left(h + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} \right) - \left(\frac{V_1^2}{2 \cdot g} \right) \right|^{1,5}$$

maka

$$Q = 2/3 \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (h)^{1,5} \quad (2.14.)$$

kemudian rumus praktisnya

$$Q = 2,953 \cdot C_d \cdot B \cdot (h)^{1,5} \quad (2.15.)$$

dengan h adalah beda tinggi muka air di hulu

2. 6. 2. Penelitian Empiris

Menurut penelitian Kindsvater dan Carter (Reginald W, Herschy stream Flow Measurment. 1985.). besarnya C_d untuk ambang tajam dapat dihitung dengan formula empiris hasil penelitiannya.

$$C_d = \alpha + \beta \cdot \frac{h}{w}$$

Harga α , β tergantung kepada perbandingan anantara lebar saluran dengan lebar permukaan saluran (B/b)

Tabel 2. 2 Perbandingan B/b

B/b	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
α	0,588	0,589	0,590	0,591	0,592	0,593	0,594	0,596	0,602
β	-0,002	-0,002	0,002	0,006	0,011	0,018	0,030	0,045	0,075

Sumber : Reginald. W. Herschy, Hydrometry Principels and Practices. 1985.

karena pada saluran persegi $B/b = 1$ maka rumus di atas menjadi

$$C_d = 0,602 + 0,075 \cdot \frac{h}{w} \quad (2.16.)$$

dengan w : tinggi ambang .

h : tinggi permukaan air di hulu

Catatan: formula Kindsvater dan Carter berlaku untuk ambang tajam dengan model kontraksi penuh maupun kontraksi sebagian.

2. 6. 3. Batas Modular

Untuk bendung ambang tajam pada aliran modular harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$h_3 < 2/3 \cdot h_1$$

maka batas modular

$$h_3 = 2/3 \cdot h_1$$

dengan h_1 : tinggi muka air di hulu

h_2 : tinggi muka air diatas ambang

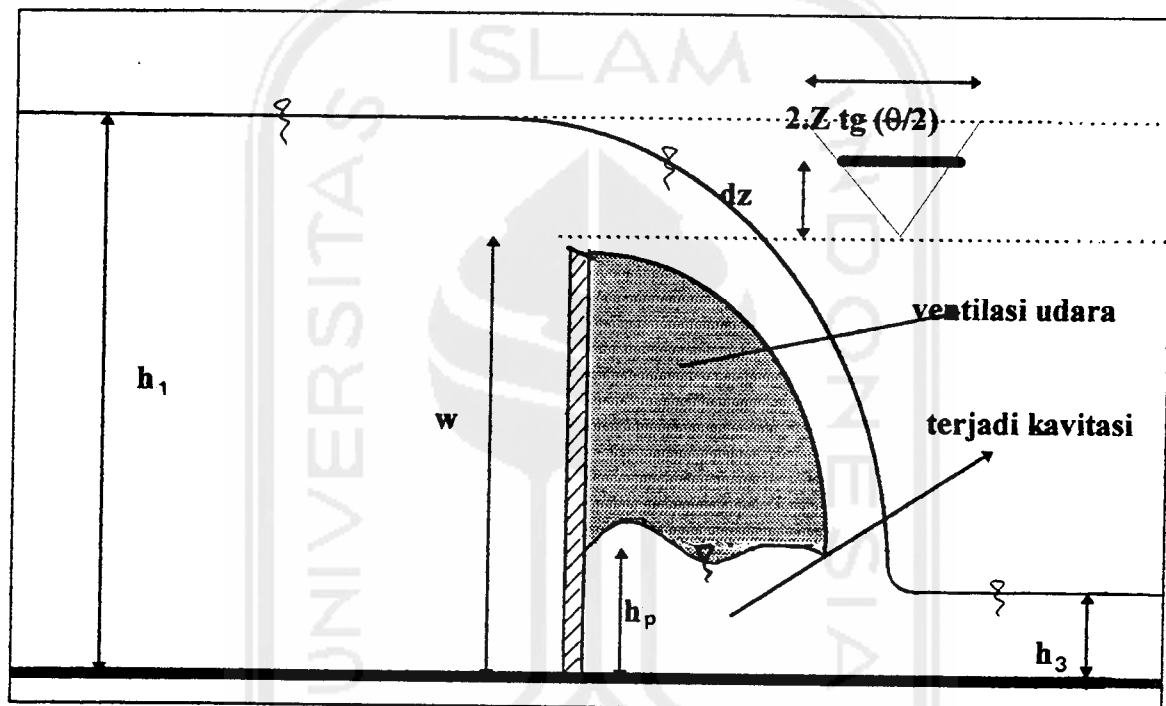
h_3 : tinggi muka air di hilir

2. 7. Bendung Peluap Tipe “V- Notch”

Bendung “V-Notch“ termasuk bendung ambang tajam ($L \leq 2 \text{ mm}$), dengan tampang limpasan berbentuk segi tiga.

2. 7. 1. Kondisi Aliran Modular

Pada pelimpah ambang “V-Notch” kecepatan di hulu ambang lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan diatas ambang (Djoko Legono, Nizam, Hydraulics Eksperiment, PAU Ilmu Teknik UGM. 1988.) Dengan demikian persamaan yang diperoleh sama dengan debit yang keluar.



Gambar 2. 8. Aliran melalui “V-Notch” debit dengan lebar pias dZ

$$Q = \sqrt{2 \cdot g} \int_0^h B \sqrt{(h - Z)} dZ$$

karena $b = 2 \cdot Z \cdot \text{tg}(\theta/2)$ dan $y = h - z$; maka

$$Q = 2 \cdot \operatorname{tg}(\theta/2) \sqrt{2 \cdot g} \int_0^h (y)^{1/2} dy$$

$$= \frac{8}{15} \sqrt{2 \cdot g} \operatorname{tg}(\theta/2) (h)^{5/2}$$

Model pelimpah yang digunakan mempunyai sudut pelimpah = 25,321° sehingga menjadi :

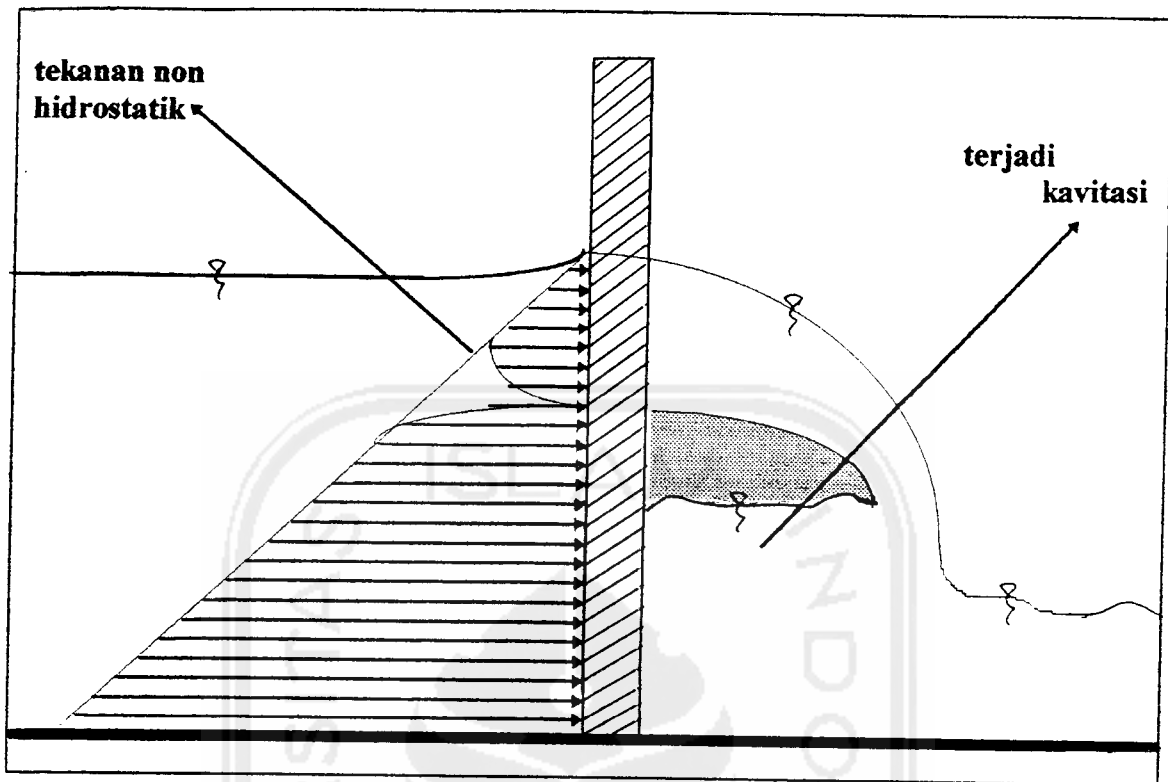
$$Q = \frac{8}{15} \sqrt{2 \cdot g} (h)^{5/2}$$

$$Q = 2,362 \cdot (h)^{5/2} \quad (2.17.)$$

Persamaan (2.17.) merupakan rumus teoritis yang didasarkan pada asumsi:

- di hulu pelimpah aliran seragam dan tekanan yang terjadi hidrostatis,
- aliran di atas ambang dianggap sejajar dan mendatar serta tinggi alirannya sama dengan di hulu ambang, dan
- tekanan sekeliling aliran di atas ambang adalah tekanan atmosfer.

Tetapi pada kenyataannya aliran di atas ambang membentuk hidrostatis (Working Group Hydraulics Structure Discharge Measurement Structure, I L R I Wegenigen Nederland 1988.).



Gambar 2. 9. Distribusi tekanan di hulu

Sehingga asumsi diatas tidak sepenuhnya terpenuhi, maka persamaan tersebut perlu dikoreksi dengan mengalikan koefisien debit (C_d), sehingga persamaan diatas menjadi :

$$Q = 3,54 \cdot C_d \cdot (h)^{5/2} \quad (2.18.)$$

2. 7. 2. Hasil Penelitian Empiris

Hasil penelitian empiris koefisien debit ambang “V-Notch” yang pernah dilakukan para ahli hidraulika eksperimen diperoleh nilai koefisien debit ambang tajam sebagai berikut (Reginald W, Herschy, Stream Flow Measurment. 1988.).

Tabel 2. 3. Koefisien debit pelimpah ambang “V - Notch”

h	C_d	Q	h	C_d	Q
0,060	0,6032	0,001257	0,120	0,5885	0,006935
0,061	0,6028	0,001309	0,121	0,5883	0,007079
0,062	0,6023	0,001362	0,122	0,5882	0,007224
0,063	0,6019	0,001417	0,123	0,5881	0,007372
0,064	0,6015	0,001473	0,124	0,5880	0,007522
0,065	0,6012	0,001530	0,125	0,5880	0,007673
0,066	0,6008	0,001588	0,126	0,5879	0,007827
0,067	0,6005	0,001648	0,127	0,5878	0,007982
0,068	0,6001	0,001710	0,128	0,5877	0,008139

Sumber : Reginald W. Herschy ,Stream flow measurement 1988

2. 8. Ikhtisar

Dari kajian pustaka dapat menentukan jenis eksperimen yang dilakukan, yaitu eksperimen evaluasi yang bertujuan membuat evaluasi koefisien debit untuk melengkapi persamaan teoritis pada model alat ukur debit yang disebabkan oleh pengabaian sifat dasar zat cair dan aliran.

Dengan melakukan pengukuran di laboratorium hidraulika Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia akan diperoleh beberapa variabel yang mempengaruhi koefisien debit seperti debit aliran, panjang ambang pada ambang lebar, dan koefisien kontraksi pada pintu sorong.

Setelah memperoleh nilai koefisien debit dari pengukuran maka hasilnya diperbandingkan dengan persamaan koefisien empiris pada kajian pustaka. Bila

dijumpai penyimpangan hasil harus dijelaskan dan di cari kemungkinan sumber kesalahan dengan kajian pustaka dan landasan teori.

