

Daftar Isi

II.1 Gaya Spesifik.....	3
II.2 Rumus Umum Loncat Air.....	5
II.3 Energi pada Loncat Air	7
II.3.1 Energi yang hilang pada Loncat Air	7
II.3.2 Efisiensi peredaman energi pada Loncat Air	8
II.4 Tinggi Loncat Air.....	8
II.5 Panjang Loncat Air (Lla).....	8
II.5.1 Rumus-rumus:.....	8
II.5.1.1 Kazimierz Wóycicki (1931).....	8
II.5.1.2 Jan Smetana (1933).....	8
II.5.1.3 Silvester (1964)	8
II.6 Loncat Air Terendam.....	9
II.6.1 Ven Te Chow (1959)	10
II.6.2 Govinda Rao (1963).....	11
II.6.3 Panjang Loncat Air Terendam (Llat)	11
II.7 Loncat Air pada lantai miring	11
II.7.1 Kindsvater (1944), Bradley, Peterka (1957), Rajaratnam (1967)	11
II.8 Rekapitulasi Rumus Loncat Air	15
II.8.1 Istilah yang digunakan.....	15
II.8.2 Notasi yang digunakan	16

Daftar Gambar

Gambar II.1 Perubahan momentum karena perubahan luas tampang basah	3
Gambar II.2 Kurva Energi Spesifik, Loncat Air, dan Kurva Gaya Spesifik	5
Gambar II.3 Loncat Air Terendam.....	9
Gambar II.4 Loncat Air bebas/semipurna terjadi karena h_4 (h hilir) = h_2	9
Gambar II.5 Loncat Air bebas/semipurna terjadi karena h_4 (h hilir) = h_2 , terjadi lebih ke hilir dibandingkan Gambar II.4 di atas.	10
Gambar II.6 Loncat Air pada lantai miring	12
Gambar II.7 Kurva hitungan loncat air pada saluran miring (y_2^* dalam grafik adalah $h_2(I)$, l dalam grafik adalah L_h)	13

Gambar II.8 Kurva hitungan loncat air pada saluran miring (y_2 dalam grafik adalah $h_2(l)$, L dalam grafik adalah L_1)	14
Gambar II.9 Tipe loncat air tergantung kedalaman air hilir (h_4).....	15

Daftar Tabel

Tabel II.1 Rekapitulasi Rumus-rumus Loncat Air Saluran Persegi	16
--	----

Bab II Momentum pada saluran terbuka

Seperti telah disebutkan pada subbab sebelumnya bahwa momentum suatu aliran tiap satuan waktu adalah

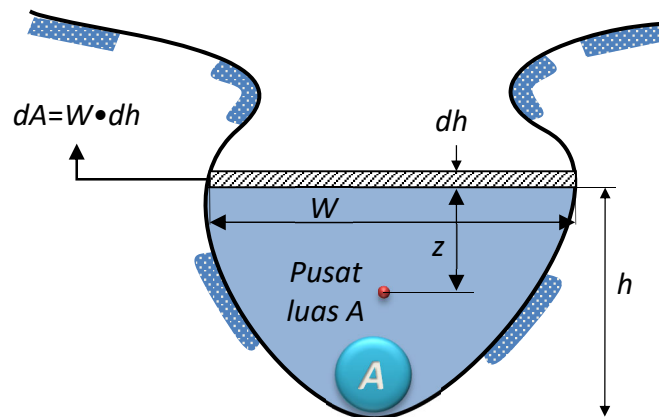
$$M = \frac{\beta Q \gamma V}{g} \quad (II.1)$$

Menurut Newton: perubahan momentum tiap satuan waktu dari partikel air yang mengalir sama dengan resultan semua gaya yang bekerja pada partikel tersebut.

$$\frac{Q\gamma}{g} (\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1) = P_1 - P_2 + G \sin \theta - F_f \quad (II.2)$$

dengan P_1 dan P_2 : gaya tekan yang bekerja pada tampang 1 dan 2, G : berat air antara tampang 1 dan 2, F_f : gaya total: gaya gesek dan gaya tahanan yang bekerja pada bidang kontak antara dasar dan air

II.1 Gaya Spesifik



Gambar II.1 Perubahan momentum karena perubahan luas tampang basah

Jika prinsip momentum diterapkan pada saluran prisma yang relatif pendek dan horisontal, maka pengaruh F_f dan G bisa diabaikan. Sehingga dengan $\theta = 0$, $F_f = 0$ dan asumsi $\beta_1 = \beta_2 = 1$, maka

$$\begin{aligned} \frac{Q\gamma}{g} (V_2 - V_1) &= P_1 - P_2 \\ &= \gamma z_1 A_1 - \gamma z_2 A_2 \end{aligned}$$

maka

$$\frac{Q^2}{gA_1} + z_1 A_1 = \frac{Q^2}{gA_2} + z_2 A_2 \quad (II.3)$$

dengan z_1 dan z_2 : titik berat tampang 1 dan 2 diukur dari muka air, A_1 dan A_2 : luas basah tampang 1 dan 2

Ruas kiri dan ruas kanan dari Pers. (II.3) adalah serupa, bisa ditulis sebagai berikut:

$$F_s = \frac{Q^2}{gA} + zA \quad (II.4)$$

Pers. (II.4) terdiri atas 2 suku:

1. Suku pertama adalah momentum partikel air yang mengalir melalui saluran tiap satuan berat jenis air.
2. Suku kedua adalah gaya tekan air tiap satuan berat jenis air.

Kedua suku tersebut merupakan gaya tiap satuan berat jenis air yang disebut *Gaya Spesifik*.

$$\frac{dF}{dh} = -\frac{Q^2}{gA^2} \frac{dA}{dh} + \frac{d(zA)}{dh} \quad (II.5)$$

$\frac{d(zA)}{dh}$ artinya jika air berubah dh , berapa perubahan letak titik berat air dikalikan $(A+dA)$.

Dicari dengan momen potongan saluran terhadap muka air, maka

$$d(zA) = \left\{ A(z+dh) + W \frac{dh^2}{2} \right\} - zA, \text{ dengan } dh^2 \approx 0 \rightarrow d(zA) = Adh \quad (II.6)$$

diperoleh

$$\begin{aligned} \frac{dF}{dh} &= -\frac{Q^2}{gA^2} W + A \\ &= -\frac{V^2 W}{g} + A \end{aligned}$$

F_s minimum jika $\frac{dF}{dh} = 0 \rightarrow \frac{V^2}{g} = \frac{A}{W}$, jadi $\frac{V^2}{g} = D \rightarrow V = \sqrt{g \frac{A}{W}} = \sqrt{gD}$ dengan W adalah lebar muka air (bukan lebar bawah tampang)

Ditulis ulang sebagai:

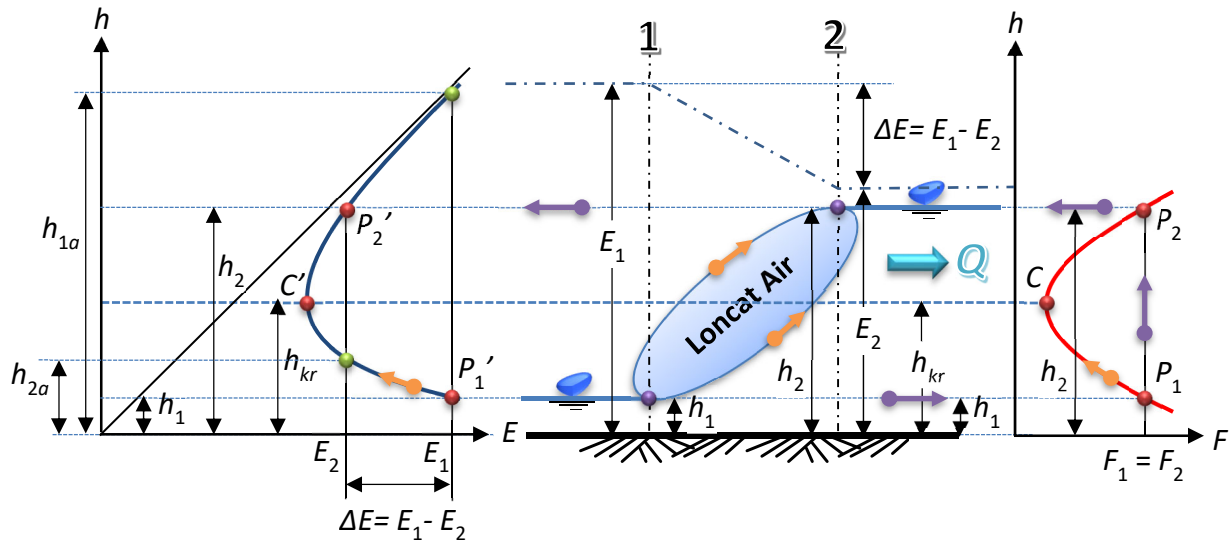
$$\frac{V^2}{2g} = \frac{D}{2} \quad (II.7)$$

Ternyata kriteria ini persis sama dengan kriteria pada Energi Spesifik. Sehingga F_s minimum terjadi pada h_{kr} . Jadi pada h_{kr} , E_s dan F_s minimum.

Perbandingan antara kurva E_s dan F_s lihat Gambar II.2. Pada suatu harga $E_s = E_1$, kurva E_s menunjukkan bahwa 2 kedalaman air yang mempunyai $E_s = E_1$ yakni h_1 dan h_{1a} . Untuk harga $F_s = F_1$; analog diatas terdapat 2 kedalaman air dengan $F_s = F_1$ yakni h_1 dan h_2 , dimana h_1 terletak pada daerah superkritik; h_2 dan h_{1a} dalam daerah subkritik. Kedua kurva ini menunjukkan bahwa ternyata h_2 selalu lebih rendah daripada h_{1a} , sehingga $E_2 < E_1$.

Oleh karena itu untuk menjaga suatu harga F_1 yang konstan, kedalaman air dapat berubah dari h_1 ke h_2 dengan kehilangan sebagian energi sebesar $E_1 - E_2$. Contoh: loncat air

Last saved: Sabtu, 23 Mei 2020 06:38:00



Gambar II.2 Kurva Energi Spesifik, Loncat Air, dan Kurva Gaya Spesifik

II.2 Rumus Umum Loncat Air

Dari Gambar II.2 terlihat bahwa loncat air terjadi bila aliran dari P_1 menjadi P_2 melalui titik kritis C. Loncat air terjadi jika terdapat perubahan sifat aliran dari superkritik ke subkritik (melalui h_{kr})

Dari Gambar II.2 terlihat bahwa, hubungan h_1 dan h_2 dengan mudah terlihat dengan syarat

$$F_1 = F_2$$

$$\frac{\beta Q_1^2}{gA_1} + z_1 A_1 = \frac{\beta Q_2^2}{gA_2} + z_2 A_2 \tag{II.8}$$

Pada saluran dengan dinding vertikal

$$q = \frac{Q}{W}; A = Wh$$

$$\frac{\beta Q_1^2}{gWh_1} - \frac{\beta Q_2^2}{gWh_2} = \frac{1}{2} h_2 W h_2 - \frac{1}{2} h_1 W h_1$$

$$\frac{2\beta Q^2}{gB^2} \left(\frac{h_2 - h_1}{h_1 h_2} \right) = (h_2 + h_1)(h_2 - h_1) \tag{1}$$

$$\frac{2\beta q^2}{g} = h_1 h_2 (h_1 + h_2) \rightarrow \text{persamaan simetris}$$

Jadi secara teoritis kedudukan h_1 dan h_2 simetris terhadap loncat air h_1 dan h_2 disebut:

- *Sequent depth.*
- *Conjugate depth.*
- Tinggi pasangan.

Secara eksplisit diselesaikan menggunakan persamaan kuadrat:

$$(h_1)h_2^2 + (h_1)^2 h_2 - \frac{2\beta q^2}{g} = 0$$

D:\My Stuff\Kuliah\Hidrolika Terapan\Buku Kuliah\Momentum dan Loncat Air.docx (918 Kb)

$$h_2 = \frac{-h_1^2 + \sqrt{h_1^4 + 8h_1\beta q^2/g}}{2h_1}$$

$$= \frac{1}{2}h_1 \left(\sqrt{1 + \frac{8\beta q^2}{h_1^3 g}} - 1 \right)$$

Jadi

$$h_2 = \frac{1}{2}h_1 \left(\sqrt{1 + \frac{8\beta q^2}{gh_1^3}} - 1 \right) \quad (\text{II.9})$$

Dari bab Spesifik Energi didapat bahwa pada h_{kr} :

$$\frac{\alpha V^2}{2g} = \frac{D_{kr}}{2}$$

dengan $D = \text{hidraulic mean depth} = \frac{A}{W}$, sedangkan W adalah lebar muka air.

Untuk saluran persegi $D = h_{kr}$ dan $V = \frac{q}{h}$

$$\frac{\alpha q^2}{gh_{kr}^2} = h_{kr} \rightarrow \frac{\alpha q^2}{g} = h_{kr}^3$$

Jika $\alpha \approx \beta$ maka $\frac{\beta q^2}{g} = h_{kr}^3$

Didapat

$$h_2 = \frac{1}{2}h_1 \left(\sqrt{1 + \left(\frac{2h_{kr}}{h_1} \right)^3} - 1 \right)$$

Dalam bentuk lain¹

$$\frac{2h_1^2 h_2^2}{h_1 + h_2} = h_{kr}^3$$

Untuk kepentingan similaritas, mengingat bahwa pada fenomena loncat air pengaruh gaya berat adalah yang terpenting. Kadang-kadang persamaan diatas dinyatakan sebagai fungsi bilangan Froude (Fr).

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}} \rightarrow Fr_1^2 = \frac{q^2}{gh_1^3} \quad (\text{II.10})$$

Jika $\beta \approx 1$, maka $h_2 = \frac{1}{2}h_1 \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right)$ atau $h_1 = \frac{1}{2}h_2 \left(\sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1 \right)$ karena simetris; atau dapat ditulis sebagai:

$$\boxed{\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right) \text{ atau } \frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1 \right)} \quad (\text{II.11})$$

¹ Open-Channel Hydraulics, 1959, oleh Ven Te Chow, McGraw-Hill International Book Company, halaman 59.

yang disebut persamaan utama loncat air bebas, dengan

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \frac{A_1}{W_1}}} \text{ dan } Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{g \frac{A_2}{W_2}}} \quad (\text{II.12})$$

atau lebih umum²

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \frac{A_1 \cos \theta}{W_1 \beta}}} \text{ dan } Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{g \frac{A_2 \cos \theta}{W_2 \beta}}} \quad (\text{II.13})$$

Sedangkan θ : kemiringan dasar saluran, β adalah koefisien koreksi momentum, A adalah luas tampang basah dan W adalah lebar muka air.

II.3 Energi pada Loncat Air

II.3.1 Energi yang hilang pada Loncat Air

Tinggi tenaga yang hilang

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_1 - E_2 \\ &= \left(h_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} \right) - \left(h_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g} \right) \\ \Delta E &= h_1 - h_2 + \frac{\alpha q^2}{g} \left(\frac{1}{2h_1^2} - \frac{1}{2h_2^2} \right) \\ &= h_1 - h_2 + \frac{\alpha q^2}{g} \left(\frac{h_2^2 - h_1^2}{2h_2^2 h_1^2} \right) \\ &= h_1 - h_2 + \frac{(h_1 + h_2)(h_2 - h_1)}{2h_2^2 h_1^2} \frac{\alpha q^2}{g} \end{aligned}$$

Jika $\alpha \approx \beta$

$$\begin{aligned} \Delta E &= h_1 - h_2 + \frac{(h_1 + h_2)(h_2 - h_1)}{2h_1^2 h_2^2} \frac{h_1 h_2 (h_1 + h_2)}{2} \\ &= h_1 - h_2 + \frac{(h_1 + h_2)(h_2^2 - h_1^2)}{4h_1 h_2} \\ &= \frac{(4h_1^2 h_2 - 4h_1 h_2^2 - h_1^3 + h_1 h_2^2 - h_1^2 h_2 + h_2^3)}{4h_1 h_2} \\ &= \frac{h_2^3 - 3h_2^2 h_1 + 3h_1 h_2^2 - h_1^3}{4h_1 h_2} \end{aligned} \quad (\text{II.14})$$

² *Open-Channel Hydraulics*, 1959, oleh Ven Te Chow, McGraw-Hill International Book Company, halaman 60 (bandingkan dengan Pers.(3-13), halaman 43.

$$\text{Jadi}^3 \quad \Delta E = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1 h_2} \quad (\text{II.15})$$

II.3.2 Efisiensi peredaman energi pada Loncat Air

Efisiensi peredaman energi loncat air didefinisikan dan dapat dibuktikan sama dengan⁴

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\sqrt{(1 + 8Fr_1^2)^3 + 1} - 4Fr_1^2}{8Fr_1^2(2 + Fr_1^2)} \quad (\text{II.16})$$

II.4 Tinggi Loncat Air

Tinggi sebuah loncat air didefinisikan sebagai $h_{la} = h_2 - h_1$ dan dapat dibuktikan sama dengan⁵

$$\frac{h_{la}}{E_1} = \frac{\sqrt{(1 + 8Fr_1^2)^3 + 1} - 3}{2 + Fr_1^2} \quad (\text{II.17})$$

II.5 Panjang Loncat Air (L_{la})

Panjang Loncat air (L_{la}) adalah jarak dari titik tepat di hulu (di depan) pusaran sampai dengan titik tepat di hilir (di belakang) pusaran (lihat gambar di depan). Panjang loncat air tidak dihitung berdasarkan teori, melainkan dihitung dari hasil penyelidikan.

II.5.1 Rumus-rumus:

II.5.1.1 Kazimierz Wóycicki (1931)

$$\frac{L_{la}}{h_2 - h_1} = c - 0,05 \frac{h_2}{h_1} \text{ dengan } c = 8$$

II.5.1.2 Jan Smetana (1933)

$$\frac{L_{la}}{h_2 - h_1} = c \text{ dalam praktek } c = 6$$

dari Laboratorium Hidraulika DTSL FT UGM didapat $c = 4,5 - 7$

II.5.1.3 Silvester (1964)

$$\frac{L_{la}}{h_1} = 9,75 (Fr_1 - 1)^{1,01}$$

Untuk saluran non-persegi Silvester mengajukan rumus

$$\frac{L_{la}}{h_1} = \sigma (Fr_1 - 1)^\Gamma \text{ dengan } \sigma \text{ dan } \Gamma \text{ adalah konstanta.}$$

³ *Open-Channel Hydraulics*, 1959, oleh Ven Te Chow, McGraw-Hill International Book Company, halaman 60.

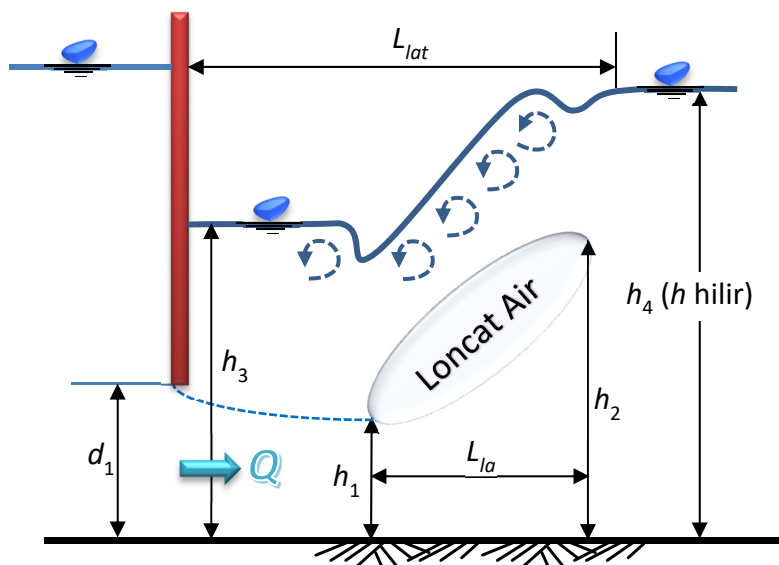
⁴ *Open-Channel Hydraulics*, 1959, oleh Ven Te Chow, McGraw-Hill International Book Company, halaman 396, *Open-Channel Hydraulics*, Bab. 3, 1985, oleh Richard H. French, McGraw-Hill Book Company, halaman 87.

⁵ *Open-Channel Hydraulics*, 1959, oleh Ven Te Chow, McGraw-Hill International Book Company, halaman 396.

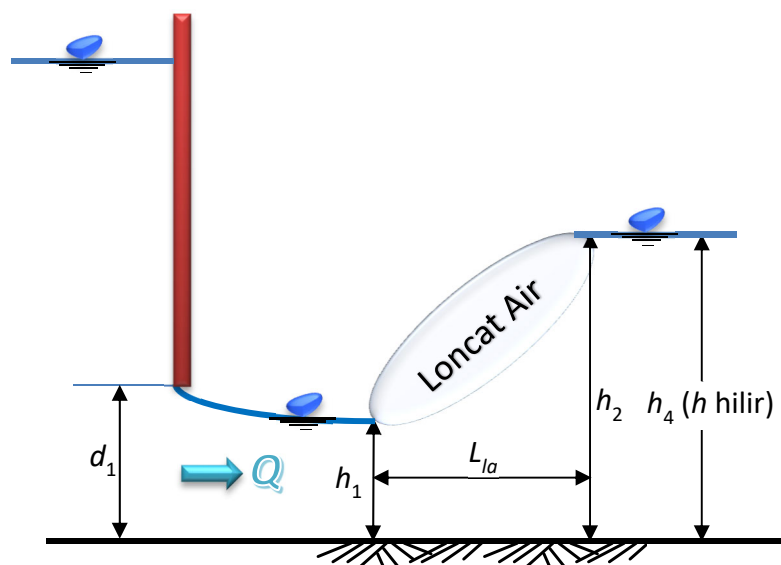
dengan L_{la} : panjang loncat air, dan h_1 : kedalaman air sebelah hulu loncat air dan h_2 : kedalaman air sebelah hilir loncat air.

II.6 Loncat Air Terendam

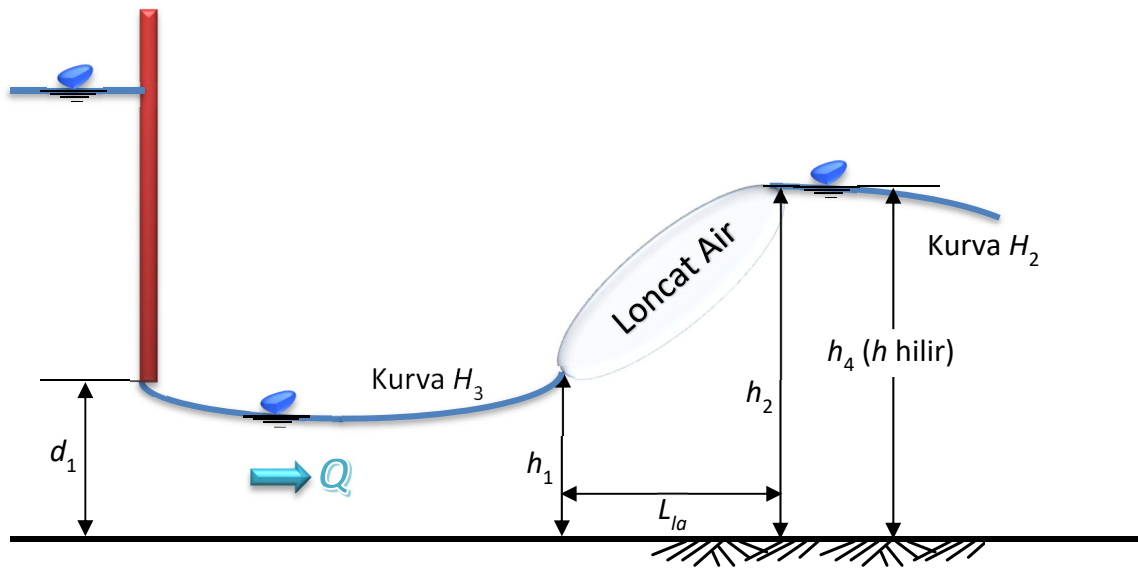
Loncat air sempurna (bebas) terjadi karena dua kondisi yang harus terpenuhi yaitu (a) kondisi di hulu terdapat aliran superkritik (dengan kedalaman air h_1), dan (b) kondisi hilir sedemikian rupa sehingga terjadi aliran subkritik dengan kedalaman air h_2 . Jika di sebelah hilir kedalaman air dibawah h_2 , maka loncat air belum akan terbentuk di lokasi tersebut. Sebaliknya jika aliran subkritik di sebelah hilir mempunyai kedalaman h_4 yang lebih besar dari h_2 , maka terjadi Loncat Air Terendam. Kedalaman air di sebelah hulu loncat air menjadi h_3 , lebih tinggi dari h_1 . Hitungan Loncat Air Terendam dapat dihitung dengan formula berikut ini.



Gambar II.3 Loncat Air Terendam



Gambar II.4 Loncat Air bebas/semurna terjadi karena h_4 (h hilir) = h_2 .



Gambar II.5 Loncat Air bebas/sepurna terjadi karena h_4 (h hilir) = h_2 , terjadi lebih ke hilir dibandingkan Gambar II.4 di atas.

Langkah-langkah hitungan:

1. Harus diketahui kondisi aliran superkritik di sebelah hulu untuk menghitung h_1 .
2. Harus diketahui kondisi aliran subkritik di sebelah hilir (h_4).
3. Dihitung tinggi pasangan loncat air di sebelah hilir (h_2) dengan rumus loncat air bebas Pers. (II.11).
4. Jika nilai $h_4 < h_2$, maka loncat air akan terdorong ke hilir pada saluran horisontal. Hitungan dilakukan dengan profil muka air H_3 . Loncat air yang terjadi dapat dihitung sebagai berikut:
 - a. Kedalaman muka air hilir (h_4) akan menjadi penyebab terjadinya loncat air: $h_2 = h_4$.
 - b. Kedalaman loncat air sebelah hulu dihitung dengan rumus: $\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1 \right)$
5. Jika nilai $h_4 = h_2$, maka akan terjadi loncat air bebas.
6. Jika nilai $h_4 > h_2$, maka akan terjadi loncat air terendam, kemudian hitung h_3 dengan rumus berikut ini.

II.6.1 Ven Te Chow (1959)⁶

$$\frac{h_3}{h_4} = \sqrt{1 + 2Fr_4^2 \left(1 - \frac{h_4}{h_1}\right)} \quad (\text{II.18})$$

⁶ *Open-Channel Hydraulics*, 1959, oleh Ven Te Chow, McGraw-Hill International Book Company, halaman 60, Pers, (3-23).

II.6.2 Govinda Rao (1963)⁷

$$\frac{h_3}{h_1} = \sqrt{(1+S)^2 \phi^2 - 2Fr_1^2 + \frac{2Fr_1^2}{(1+S)\phi}} \quad (II.19)$$

dengan

$$S = \frac{h_4 - h_2}{h_2} \quad (II.20)$$

$$\phi = \frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right) \quad (II.21)$$

II.6.3 Panjang Loncat Air Terendam (L_{lat})

Panjang loncat air terendam dapat dihitung dengan rumus yang diusulkan oleh Govinda Rao (1963)⁸

$$\frac{L_{lat}}{h_2} = 4,9S + 6,1 \quad (II.22)$$

II.7 Loncat Air pada lantai miring⁹

Pada bangunan pemecah energi, saluran hulu biasanya mempunyai kemiringan saluran yang cukup curam, kemudian dilanjutkan dengan lantai horisontal sebagai bagian dari kolam olakan (lihat Gambar II.6). Loncat air dapat terjadi pada bagian lantai hilir yang horisontal maupun lantai miring bagian hulu.

II.7.1 Kindsvater (1944), Bradley, Peterka (1957), Rajaratnam (1967)

$$\begin{aligned} \frac{h_2}{h_1} &= \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8G_1^2} - 1 \right) \\ G_1^2 &= \Gamma_1^2 Fr_1^2 \\ \Gamma_1 &= 10^{0,027\theta} \\ h &= \frac{d}{\cos \theta} \end{aligned} \quad (II.23)$$

dengan θ adalah sudut kemiringan dasar saluran ($^\circ$), d adalah kedalaman air tegak lurus dasar saluran (m)

Langkah-langkah hitungan:

1. Harus diketahui kondisi aliran superkritik di sebelah hulu untuk menghitung h_1 . Jika kedalaman air (d) aliran superkritik di saluran miring diketahui, maka $h_1 = \frac{d}{\cos \theta}$.
2. Harus diketahui kondisi aliran subkritik di sebelah hilir (h_{hilir}).

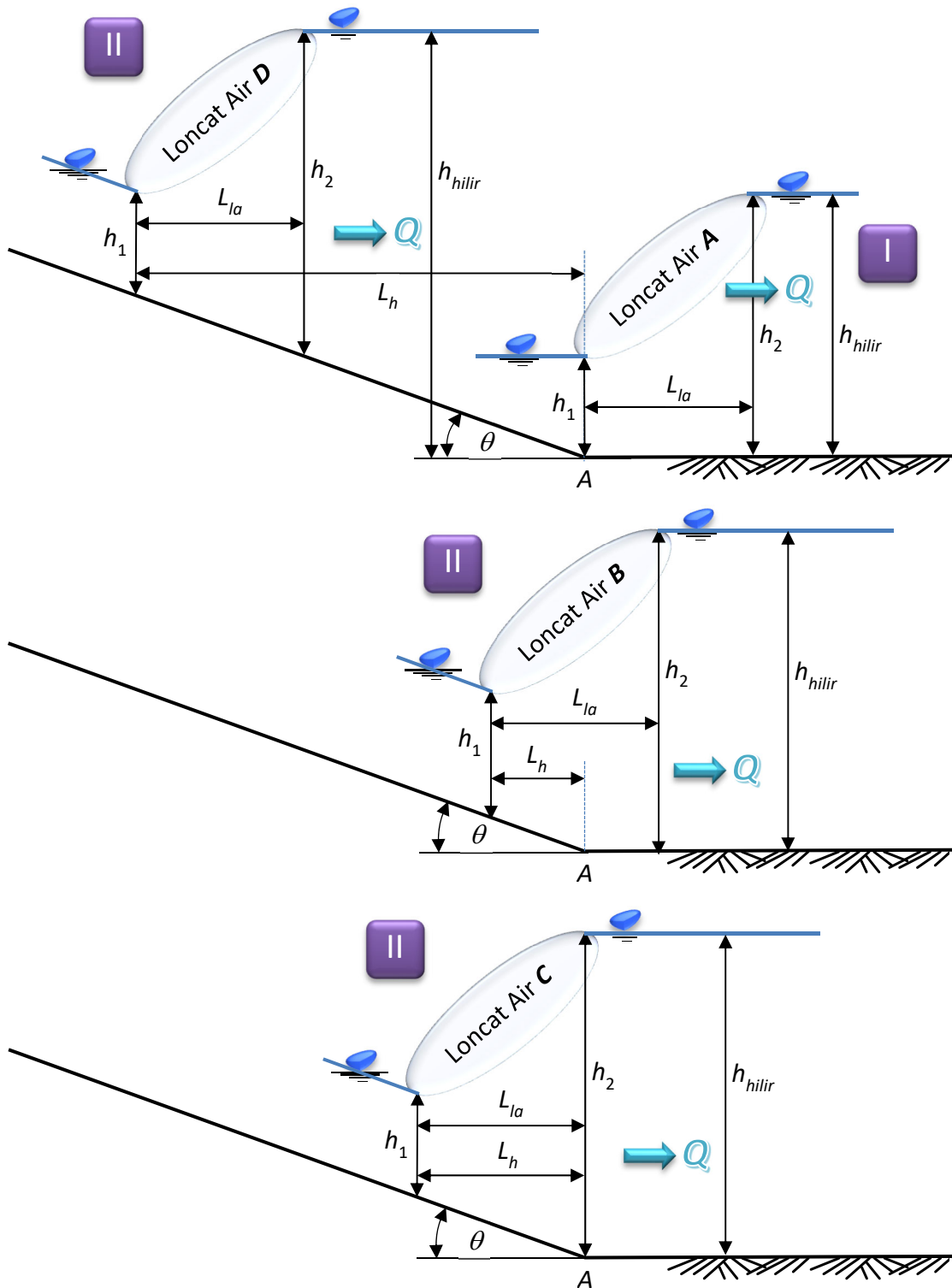
⁷ *Open-Channel Hydraulics*, 1985, oleh Richard H. French, McGraw-Hill Book Company, halaman 86.

⁸ *Open-Channel Hydraulics*, 1985, oleh Richard H. French, McGraw-Hill Book Company, halaman 92.

⁹ *Open-Channel Hydraulics*, 1959, oleh Ven Te Chow, McGraw-Hill International Book Company, halaman 427, Pers. (15-19), *Open-Channel Hydraulics*, 1985, oleh Richard H. French, McGraw-Hill Book Company, halaman 93.

3. Dihitung tinggi pasangan loncat air di sebelah hilir (h_2) dengan rumus loncat air bebas

(Kondisi I), diberi simbol $h_{2(I)}$:
$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right).$$



Gambar II.6 Loncat Air pada lantai miring

Last saved: Sabtu, 23 Mei 2020 06:38:00

4. Jika nilai $h_{hilir} < h_{2(I)}$, maka loncat air akan terdorong ke hilir pada saluran horisontal. Hitungan di lakukan dengan profil muka air H_3 . Loncat air yang terjadi dapat dihitung sebagai berikut:
 - a. Kedalaman muka air hilir (h_{hilir}) akan menjadi penyebab terjadinya loncat air: $h_2 = h_{hilir}$.
 - b. Kedalaman loncat air sebelah hulu dihitung dengan rumus: $\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1 \right)$
5. Jika nilai $h_{hilir} = h_{2(I)}$, maka akan terjadi loncat air bebas, dengan ujung hulu loncat air tepat berada di Titik A yaitu pertemuan saluran miring dan horisontal, Loncat Air Tipe A.
6. Dihitung tinggi pasangan loncat air di sebelah hilir (h_2) dengan rumus loncat air miring (Kondisi II), diberi simbol $h_{2(II)}$: $\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8G_1^2} - 1 \right)$.
7. Jika nilai $h_{hilir} = h_{2(II)}$, maka akan terjadi 2 jenis loncat air. Loncat air jenis ini harus diselesaikan dengan bantuan kurva, karena penyelesaian analitisnya belum ada (lihat Gambar II.7 dan Gambar II.8). Panjang L_h dihitung dari Gambar II.7 dan panjang loncat air L_{la} dihitung dari Gambar II.8:

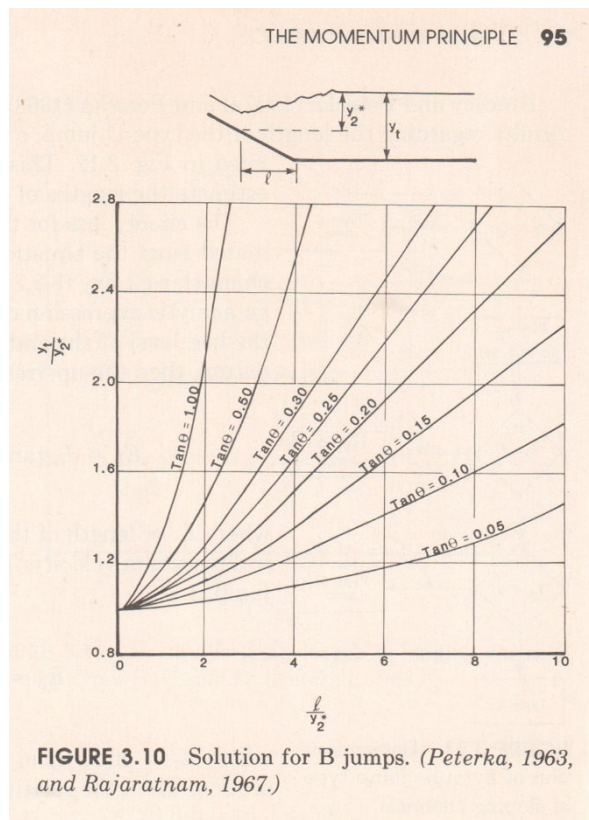


FIGURE 3.10 Solution for B jumps. (Peterka, 1963, and Rajaratnam, 1967.)

Gambar II.7 Kurva hitungan loncat air pada saluran miring (y_2^* dalam grafik adalah $h_{2(I)}$, l dalam grafik adalah L_h)¹⁰

- c. Terjadi Loncat Air Tipe B yaitu ujung hulunya berada pada saluran miring dan ujung hilirnya pada saluran horisontal. Hal ini terjadi jika $L_h < L_{la}$.

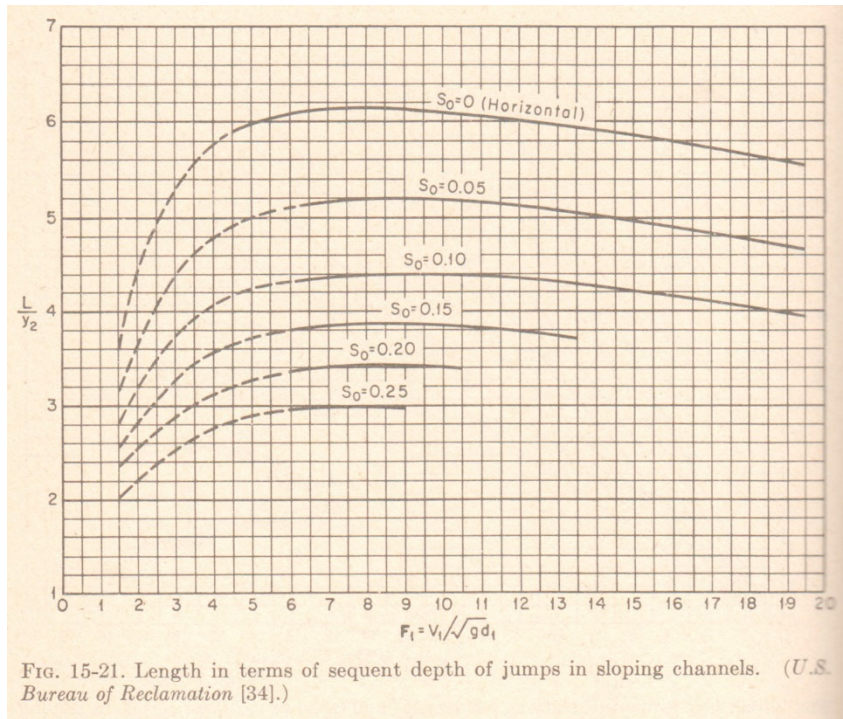
¹⁰ Open-Channel Hydraulics, 1985, oleh Richard H. French, McGraw-Hill Book Company, halaman 95.

D:\My Stuff\Kuliah Hidraulika Terapan\Buku Kuliah\Momentum dan Loncat Air.docx (918 Kb)

Last saved: Sabtu, 23 Mei 2020 06:38:00

- d. Terjadi Loncat Air Tipe C yaitu ujung hilirnya tepat pada Titik A yaitu pertemuan saluran miring dan horisontal. Hal ini terjadi jika $L_h = L_a$.

Jika nilai $h_{hilir} > h_{2(II)}$, maka akan terjadi loncat air dengan ujung hulu dan hilir berada di saluran miring, akan terjadi Loncat Air Tipe D dan panjang loncat air L_a dihitung dari Gambar II.8.



Gambar II.8 Kurva hitungan loncat air pada saluran miring (y_2 dalam grafik adalah $h_{2(II)}$, L dalam grafik adalah L_a)¹¹

Gambar II.9 dapat digunakan untuk menjelaskan konsep terjadinya loncat air di sembarang saluran. Pada Gambar II.9 digunakan saluran horisontal agar gayut dengan topik loncat air yang dibahas sebelumnya. Loncat air bebas/semipurna akan terjadi jika terdapat aliran superkritik di hulu dan ketersediaan energi di hilir berupa aliran subkritik dengan ketersediaan kedalaman air h_{hilir} yang cukup. Kedalaman air tepat di hulu (h_1) dan hilir (h_2) loncat air bebas semacam ini akan selalu dihubungkan dengan formula simetri sebagai berikut:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1 \right) \text{ atau } \frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right) \tag{II.24}$$

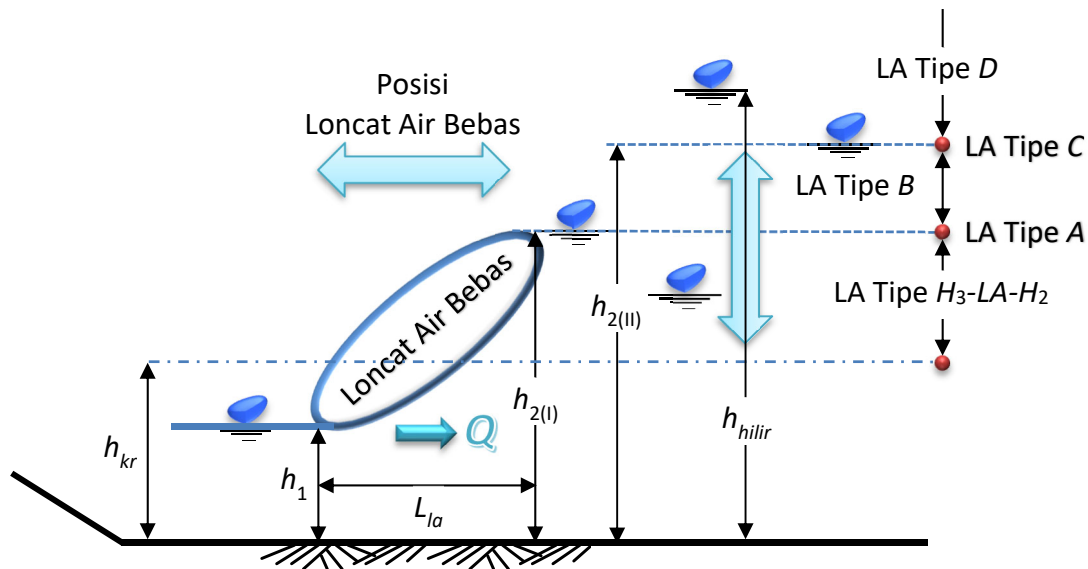
Ketersediaan air di hilir (h_{hilir} yang selalu harus lebih besar dari kedalaman air kritis), akan mengakibatkan posisi loncat air bebas bergerak ke hulu maupun hilir. Jika h_{hilir} naik, maka posisi loncat air bebas akan bergeser ke arah hulu, jika h_{hilir} turun, maka , maka posisi loncat air bebas akan bergeser ke arah hilir.

¹¹ *Open-Channel Hydraulics*, 1959, oleh Ven Te Chow, McGraw-Hill International Book Company, halaman 428

D:\My Stuff\Kuliah\Hidraulika Terapan\Buku Kuliah\Momentum dan Loncat Air.docx (918 Kb)

II.8 Rekapitulasi Rumus Loncat Air¹²

Karakteristik dan dimensi loncat air merupakan faktor yang sangat penting dalam perancangan bangunan teknik sipil. Banyak penelitian dilakukan, karena beberapa karakteristik loncat air tidak dapat ditentukan berdasarkan formula matematis, melainkan empirik yang dilakukan dalam laboratorium. Dalam Tabel II.1 disajikan rekapitulasi penelitian dan rumus loncat air. Beberapa istilah dan notasi yang digunakan dalam dijelaskan di bawah ini:



Gambar II.9 Tipe loncat air tergantung kedalaman air hilir (h_4)

II.8.1 Istilah yang digunakan

Dalam istilah yang digunakan di bawah ini, terdapat tiga huruf. Huruf pertama yaitu B atau T yaitu untuk membedakan loncat air bebas atau terendam/tenggelam. Huruf kedua yaitu D atau M yaitu untuk membedakan loncat air yang terjadi pada dasar saluran datar atau miring. Huruf ketiga yaitu H atau K yaitu untuk membedakan loncat air terjadi pada dinding saluran yang halus atau kasar.

- Loncat Air: Bebas, Datar, Halus (BDH) adalah loncat air bebas yang terjadi pada dasar saluran datar dengan dinding saluran halus.
- Loncat Air: Bebas, Datar, Kasar (BDK) adalah loncat air bebas yang terjadi pada dasar saluran datar dengan dinding saluran kasar.
- Loncat Air: Bebas, Miring, Halus (BMH) adalah loncat air bebas yang terjadi pada dasar saluran miring dengan dinding saluran halus.
- Loncat Air: Terendam, Datar, Halus (TDH) adalah loncat air terendam yang terjadi pada dasar saluran datar dengan dinding saluran halus.

¹² Prediction Characteristics of Free and Submerged Hydraulic Jumps on Horizontal and Sloping Beds using SVM Method, Kiyoumars Roushangar and Farzin Homayounfar. Korean Society of Civil Engineers, Journal of Civil Engineering (2019) 23(11): 4696-4709. DOI 10.1007/s12205-019-1070-6

Tabel II.1 Rekapitulasi Rumus-rumus Loncat Air Saluran Persegi

Peneliti	Rumus	Jenis
Tinggi pemasangan		
Belanger (Prinsip momentum), 1849	$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right)$	BDH
Rajaratnam, 1966	$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8G_1^2} - 1 \right)$ $G_1^2 = \Gamma_1^2 Fr_1^2$, $\Gamma_1 = 10^{0,027\theta}$ dan $h_1 = \frac{d}{\cos \theta}$	BMH
Carollo, et al., 2007	$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8 \left(1 - 0,42 \frac{D}{h_1} \right) Fr_1^2} - 1 \right)$ D adalah rerata diameter kekasaran k_s	BDK
Panjang Loncat Air		
Woycicki, 1931	$\frac{L_{la}}{h_2 - h_1} = 6 - 0,05 \frac{h_2}{h_1}$	BDH
Bakhmeteff, 1932	$L_{la} = 5 (h_2 - h_1)$	BDH
Smetana, 1934	$L_{la} = 6 (h_2 - h_1)$	BDH
Nolan, 1936	$L_{la} = 5,4 (h_2 - h_1)$	BDH
Hager, 1992	$L_{la-BDK} = 8 h_1 (Fr_1 - 1,5)$	BDK
Silvester, 1964	$L_{la-BDK} = 9,75 h_1 (Fr_1 - 1)^{1,01}$	BDK
Henderson, 1996	$L_{la-BMH} = h_2 (6,1 + 4 \tan \theta)$	BMH
Govinda Rao & Rajaratnam, 1963	$L_{la-TDH} = h_2 (4,9S + 6,1)$, $S = (h_{hilir} - h_2)/h_2$	TDH
Ead & Rajaratnam, 2002	$L_{la-BDK} = h_1 (1,74 Fr_1 + 3,62)$	BDK

II.8.2 Notasi yang digunakan

- L_{la} adalah panjang loncat air BDH.
- L_{la-BDK} adalah panjang loncat air BDK.
- L_{la-BMH} adalah panjang loncat air BMH.
- L_{la-TDH} adalah panjang loncat air TDH.
- h_{hilir} adalah kedalaman air di bagian hilir saluran setelah loncat air.
- θ adalah sudut kemiringan saluran miring.
- d adalah kedalaman air saluran diukur tegak lurus dasar saluran.
- Notasi 1 dan 2 menunjukkan tampang bagian hulu dan hilir loncat air.
- Fr adalah bilangan Froude $Fr = \frac{V}{\sqrt{g \frac{A \cos \theta}{W \alpha}}}$ untuk energi dan $Fr = \frac{V}{\sqrt{g \frac{A \cos \theta}{W \beta}}}$ untuk momentum.