

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelimpah

Bangunan pelimpah merupakan bangunan pelengkap suatu bendungan yang berfungsi untuk membuang kelebihan air ke arah hilir. Tipe bangunan pelimpah yang sering digunakan yaitu bangunan pelimpah terbuka ambang tetap, bangunan ini terdiri dari empat bagian utama yaitu:

- 1) Saluran pengarah aliran
- 2) Saluran pengatur aliran
- 3) Saluran peluncur
- 4) Peredam energi

Pelimpah menghindarkan ketinggian air agar tidak melampaui tinggi air maksimum yang direncanakan serta menyalurkan air yang tidak dipergunakan oleh bendungan yang bersangkutan ke arah hilir. Saluran pengarah aliran berfungsi sebagai penentu dan pengarah aliran agar aliran dalam kondisi hidraulik yang baik.

Pada saluran pengarah aliran ini, kecepatan aliran air yang tidak melebihi 4 m/dt dan lebar saluran semakin mengecil ke arah hilir. Kedalam dasar saluran pengaruh besarnya diambil lebih besar dari $1/5$ x tinggi rencana lepasan di atas mercu ambang pelimpah. Bentuk dan dimensi saluran pengarah aliran ini biasanya disesuaikan dengan kondisi topografi setempat serta dengan persyaratan aliran hidrolika yang baik (Sosrodarsono,2000,p.179).

Saluran pengatur berfungsi untuk mengatur kapasitas aliran atau debit air yang melintasi bangunan pelimpah (Sosrodarsono,2000,p.180). Saluran pengatur terdiri dari ambang pelimpah dan saluran transisi. Pada kajian ini tipe saluran yang digunakan adalah tipe bendung pelimpah (*overflow weir type*). Saluran peluncur merupakan saluran pembawa dari ujung hilir saluran transisi atau ujung hilir ambang pelimpah (tanpa saluran transisi) sampai peredam energi.

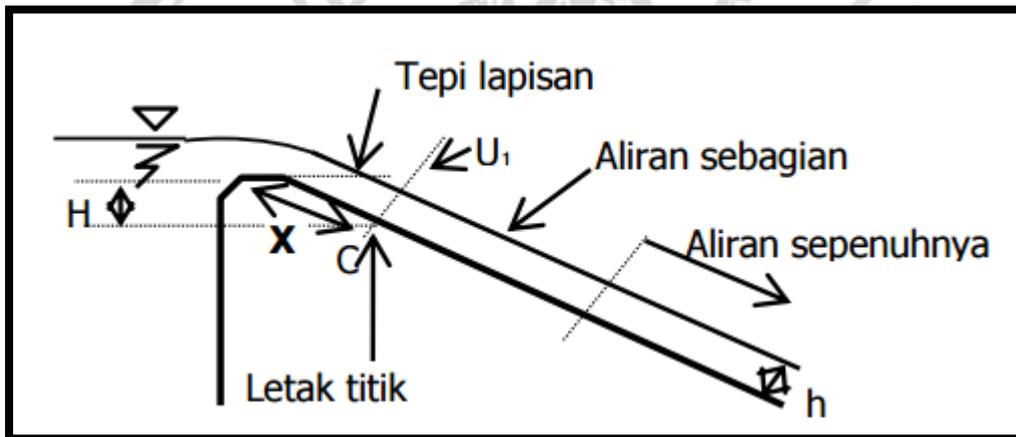
Sedangkan bangunan peredam energi (*stilling basin*) berfungsi untuk mereduksi kandungan energi yang terdapat dalam aliran dengan kecepatan tinggi dalam kondisi superkritis dengan daya penggerus yang sangat kuat, energi tersebut harus direduksi mencapai tingkat yang normal kembali (Sosrodarsono,2000,p.213). Selain itu pelimpah

juga dapat dibuat melintang sungai dengan tujuan untuk meningkatkan muka air sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi menuju tempat yang membutuhkan. Bangunan pelimpah yang berada melintang pada sungai ini disebut dengan bendung. Bendung terdiri dari tubuh bendung dan mercu bendung. Tubuh bendung merupakan ambang tetap yang berfungsi meninggikan muka air.

Sedangkan mercu bendung berfungsi sebagai pengatur tinggi muka air minimum dan melewati debit bajir. Letak mercu bendung dan tubuh bendung diusahakan harus lurus dengan arah aliran sungai agar aliran yang menuju bendung terbagi rata.

2.1.1 Pemasukan Udara Pada Pelimpah

Suatu karakter yang penting dari aliran dengan kecepatan tinggi pada permukaan pelimpah adalah bahwa udara masuk dari atmosfer ke dalam aliran dan bercampur dengan aliran. Penyelidikan lapangan dan laboratorium menetapkan pemasukan udara pada kemiringan curam, pertama terjadi pada titik tempat tebal lapisan batas sama dalam aliran di titik tersebut (Raju, 1986,p.250).



Gambar 2. 1 Daerah aliran yang berbeda pada pelimpah
 Sumber: Raju (1986,p.249)

Pada Gambar 2.1 menjelaskan bahwa, masuknya udara ke dalam aliran yang diawali dari titik C, menyebabkan kedalaman air di hilir titik tersebut akan bertambah. Dengan mengasumsi kecepatan udara dan kecepatan aliran sama, maka kedalaman aliran dengan pengudaraan dapat dihitung dengan persamaan (Raju, 1986,p.250):

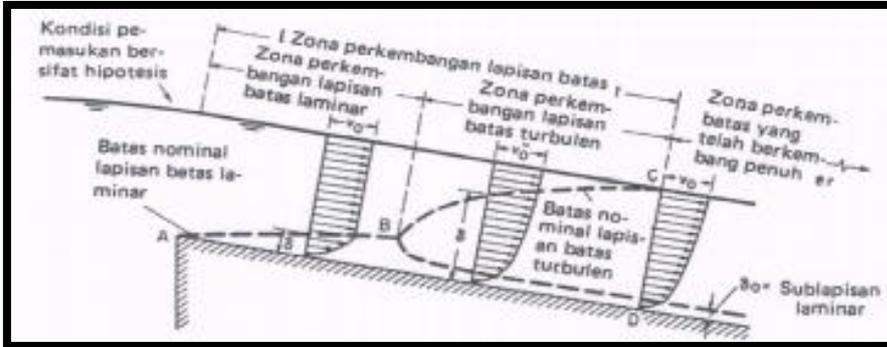
$$h_b = \frac{h_{na}}{1 - C_a} \dots\dots\dots (2-1)$$

Dengan:

- H_{na} = kedalaman aliran tanpa pengudaraan (m)
- H_b = kedalaman aliran dengan pengudaraan (m)
- C_a = konsentrasi udara dalam aliran

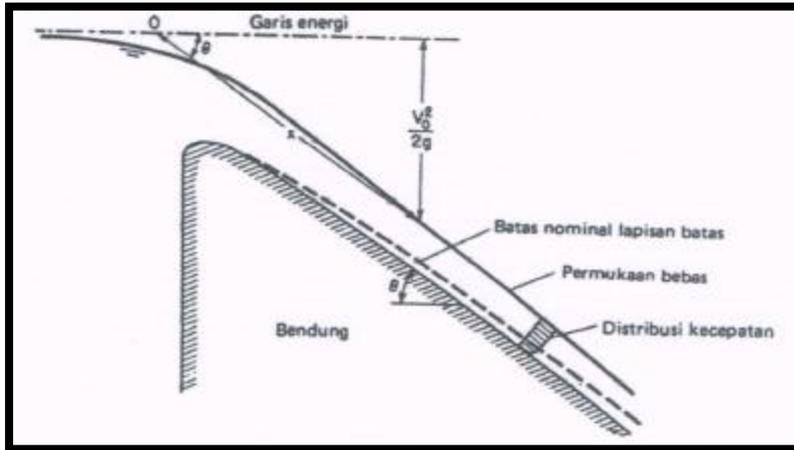


Bila air masuk ke saluran, distribusi kecepatan sepanjang penampang saluran akibat adanya kekasaran batas, dan akan bervariasi menurut jarak di mana air mengalir di saluran. Bila aliran tersebut seragam dan stabil dan bila saluran tersebut primitif dengan kekasaran konstan, distribusi kecepatan akan mengikuti pola yang tetap.



Gambar 2.2 Perkembangan lapisan batas dalam saluran terbuka
Sumber : Chow (1989,p.176)

Pada Gambar 2.2 bila aliran tersebut seragam dan stabil dan bila saluran yang bersangkutan prismatic dengan kekasaran konstan, distribusi kecepatan akan mengikuti pola yang tetap. Untuk penyederhanaan pembahasan dimisalkan sebagai berikut : (1) aliran yang masuk ke saluran bersifat laminar dengan distribusi kecepatan yang seragam, (2) tak ada hambatan di tempat pemasukan yang dapat menimbulkan gangguan pada permukaan air dan distribusi kecepatan, (3) kedalaman aliran sangat besar sehingga dapat dianggap konstan pada saat air memasuki saluran. Di saluran, pengaruh terhadap distribusi kecepatan akibat kekasaran batas ditunjukkan dengan garis ABC. Di luar ABC, distribusi kecepatan praktis seragam. Titik perubahan sifat aliran ini disebut titik B. Di hilir B, terjadi lapisan batas turbulen seperti diperlihatkan oleh garis BC. Bila keadaan aliran seragam terjadi sepanjang saluran, terjadi lapisan batas turbulen sepenuhnya di penampang CD sehingga distribusi kecepatan akan memiliki pola tertentu.



Gambar 2.3 Terjadinya lapisan batas atas permukaan pelimpah
 Sumber : Chow (1989,p.181)

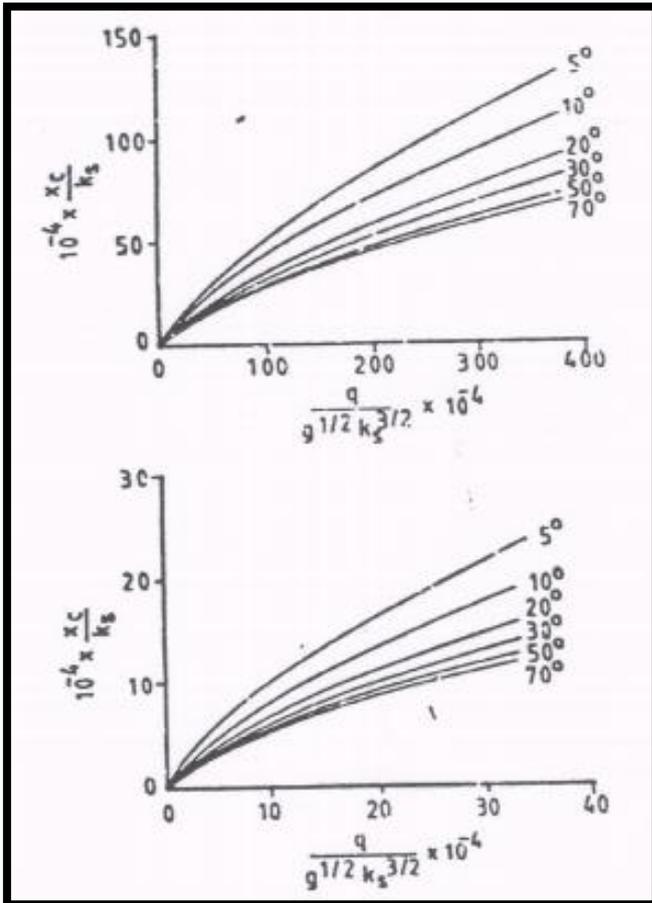
Perhitungan pendekatan untuk lapisan batas turbulen pada saluran yang lebar diajukan oleh Bauer. Penelitian timbulnya lapisan batas yang dilakukan oleh Bauer diterapkan pada pelimpah beton seperti yang di tunjukkan pada Gambar 2.3. Dalam hal ini peralihan lapisan batas laminer ke turbulen bisanya terjadi jauh di hulu zona yang diteliti, dengan demikian lapisan batas laminer dapat diabaikan sebab hal ini tidak terlalu penting dalam masalah tersebut. Dari hasil penelitian Bauner dapat dituliskan persamaan sebagai berikut (Chow, 1989,p.181):

$$\frac{0,024}{\left(\frac{x}{k}\right)^{0,13}} \dots\dots\dots (2-2)$$

dengan:

δ = tebal lapisan turbulen sejauh x dari 0 sejauh aliran (m)

k = tinggi kekasaran (m)



Gambar 2.4 Hubungan tanpa dimensi untuk letak titik pemasukan udara yang baru mulai pada pelimpah

Sumber: Raju (1986,p.249)

Berdasarkan penyelesaian numeris dari persamaan dua dimensi tentang gerak selama jumlah waktu rata-rata, Keller dan Rastogi²⁰ mengembangkan kurva tanpa dimensi tentang letak titik pemasukan udara untuk profil pelimpah yang dibahas dalam pasal 8.4.1 lihat Gambar 2.4. Kurva yang paling bawah di Gambar dengan skala yang dibesarkan untuk mempermudah pembacaan pada bilangan Reynols yang rendah. Ketebalan lapisan batas pada $x = 0$, yaitu δ_{semula} , diasumsikan dalam perhitungan ini sebagai (dalam satuan metrik).

$$\delta_{\text{semula}} = 0.0055 H_d^{0.7}$$

Meskipun perhitungan itu dilakukan untuk kondisi sehubungan dengan tinggi tekanan rencana H_d , keller dan Rastogi menemukan bahwa Gambar 2.4 berlaku dengan kesalahan yang dapat diabaikan, pada tinggi tekan lain daripada tinggi tekan rencana juga disediakan $0,5 \leq H / H_d \leq 1,33$.

2.2 Loncatan Hidraulik

Loncatan hidraulik terjadi karena adanya perubahan aliran menjadi aliran subkritis. Pada terjadinya loncatan air akan terlihat adanya olakan yang besar disertai dengan pengurangan energi yang sangat besar sehingga setelah loncatan air, aliran akan menjadi tenang karena kecepatan yang secara mendadak berukuran dan kedalaman air bertambah tinggi dengan cepat.

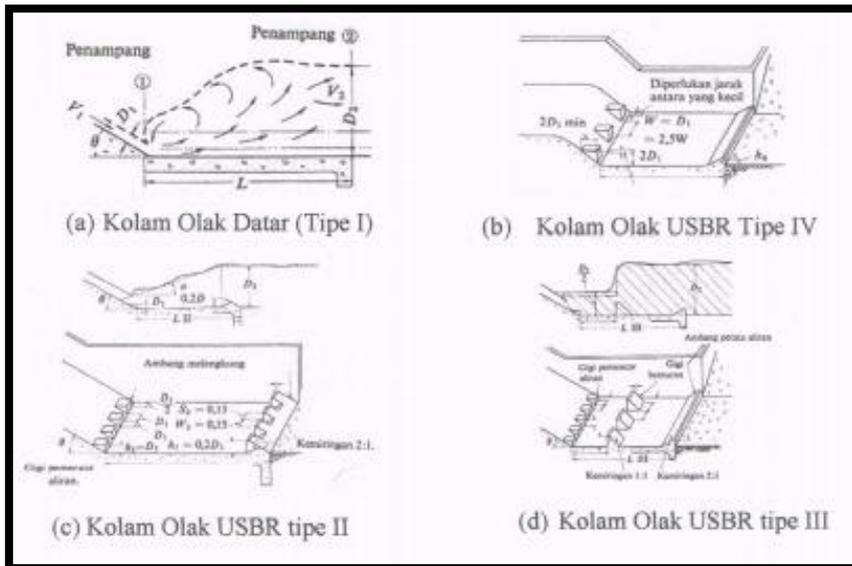
Manfaat dari adanya loncatan air ini antara lain sebagai peredam energi pada suatu bangunan air sehingga pengikisan struktur pada bagian hilir dapat dicegah, memperkecil tekanan angkat struktur dengan memperbesar kedalaman air.

2.3 Peredam Energi

Sebelum aliran dikembalikan ke sungai, maka aliran dengan kecepatan tinggi dalam kondisi superkritis harus diperlambat dan diubah pada kondisi aliran subkritis (Sosrodarsono, 2000, p.213).

Dalam keadaan aliran yang subkritis maka diharapkan aliran yang kembali ke sungai tersebut tidak membahayakan kestabilan alur sungai yang bersangkutan. Untuk mengurangi energi yang terdapat pada aliran tersebut maka dapat dibuat suatu bangunan peredam energi. Bangunan peredam energi yang biasanya digunakan yaitu USBR. Ada 4 tipe USBR yaitu:

- 1) USBR tipe I
- 2) USBR tipe II
- 3) USBR tipe III
- 4) USBR tipe IV



Gambar 2.5 Tipe-tipe peredam energi USBR (Tipe I,II,III,IV)
Sumber: Sosrodarsono,1989

1. Kolam olakan datar type I

Kolam olakan datar type I adalah suatu kolam olakan dengan dasar yang datar dan terjadinya peredaman energi yang terkandung dalam aliran air dengan benturan secara langsung aliran tersebut ke atas permukaan dasar kolam, seperti skema yang tertera pada Gambar 2.5. Benturan langsung tersebut menghasilkan peredaman energi yang cukup tinggi, sehingga perlengkapan-perengkapan lainnya guna penyempurnaan peredaman tidak diperlukan lagi pada kolam olakan tersebut. Karena penyempurnaan redamannya terjadi akibat gesekan-gesekan yang terjadi antara molekul-molekul air di dalam kolam olakan, sehingga air yang meninggalkan kolam tersebut mengalir memasuki alur sungai dalam kondisi yang sudah tenang. Akan tetapi kolam olakan menjadi lebih panjang dan karenanya type I ini hanya sesuai untuk mengalirkan debit yang relatif kecil dengan kapasitas peredaman energi yang kecil pula dan kolam olakannya pun akan berdimensi kecil. Dan kolam olakan type I ini biasanya dibangun untuk suatu kondisi yang tidak memungkinkan pembuatan perlengkapan-perengkapan lainnya pada kolam olakan tersebut.

2. Kolam Olak Type II

Kolam olakan datar type II ini dengan skema seperti yang tertera pada Gambar 2.5, dimana terjadinya peredaman energi yang terkandung di dalam aliran adalah akibat gesekan di antara molekul-molekul air di dalam kolam dan dibantu oleh perlengkapan-perengkapan yang dibuat berupa gigi-gigi pemecah aliran di pinggir udik dasar kolam dan ambang bergerigi di pinggir hilirnya. Kolam olakan type ini cocok untuk aliran dengan

tekanan hidrostatik yang tinggi dan dengan debit yang besar ($q > 45 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}$, tekanan hidrostatik $> 60 \text{ m}$ dan bilangan Froude $> 4,5$). Gigi-gigi pemencar aliran berfungsi untuk lebih meningkatkan efektifitas peredaman, sedang ambang bergerigi berfungsi sebagai penstabil loncatan hidrolis dalam kolam olakan tersebut. Kolam olakan type ini sangat sesuai untuk bendungan urugan dan penggunaannya pun cukup luas. Akan tetapi untuk bangunan pelimpah, misalnya dengan $V = 18 \text{ m}/\text{dt}$, maka akan lebih ekonomis apabila digunakan kolam olakan datar type I II, seperti yang akan diuraikan selanjutnya.

3. Kolam Olak Type III

Pada hakekatnya prinsip kerja dari kolam olakan ini sangat mirip dengan sistem kerja dari kolam olakan datar type II, akan tetapi lebih sesuai untuk mengalirkan air dengan tekanan hidrostatik yang rendah dan debit yang agak kecil ($q < 18,5 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}$, $V < 18,0 \text{ m}/\text{dt}$ dan bilangan Froude $> 4,5$). Untuk mengurangi panjang kolam olakan, biasanya dibuatkan gigi pemencar aliran di tepi udik dasar kolam, gigi penghadang aliran (gigi benturan) pada dasar kolam olakan (periksa Gambar diatas). Kolam olakan type ini biasanya untuk bangunan pelimpah pada bendungan urugan yang rendah. Karakteristika dari loncatan hidrolis aliran air dalam kolam olakan dapat diperiksa pada skema Gambar 2.5.

4. Kolam Olak Datar Type IV

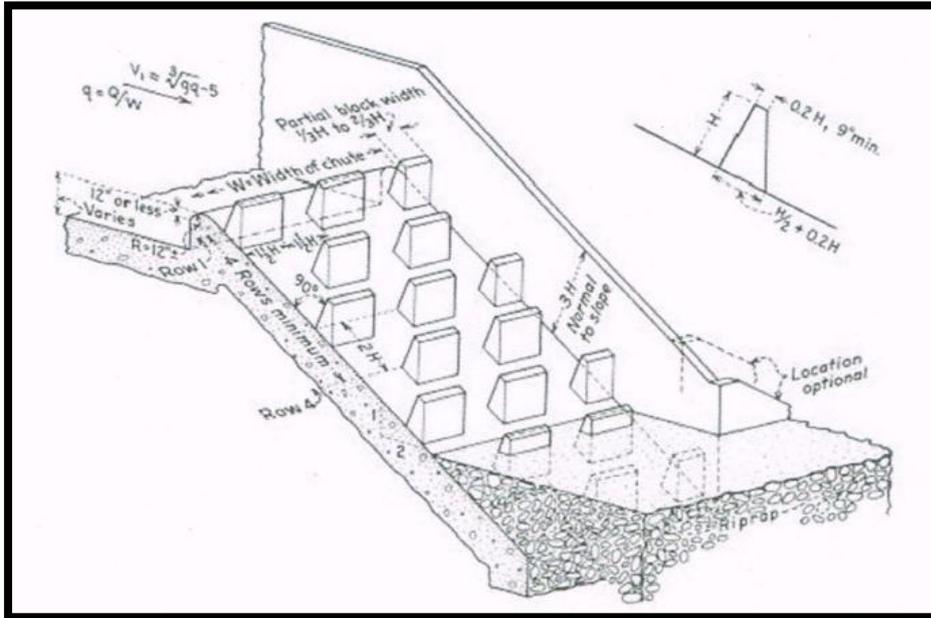
Sistem kerja kolam olakan type ini sama dengan sistem kerja kolam olakan type III, akan tetapi penggunaannya yang paling cocok adalah untuk aliran dengan tekanan hidrostatik yang rendah dan debit yang besar perunit lebar, yaitu untuk aliran dalam kondisi super-kritis dengan bilangan Froude antara 2,5 s/d 4,5. Biasanya kolam olakan type ini dipergunakan pada bangunan pelimpah suatu bendungan urugan yang sangat rendah atau pada bendung-bendung penyadap, bendung-bendung konsolidasi, bendung-bendung penyangga dan lain-lain. Bentuk kolam olakan tersebut dapat diperiksa pada Gambar 2.5. Berhubung peredaman energi untuk aliran dengan angka Froude antara 2,5 s/d 4,5 umumnya sangat sukar, karena getaran hidrolis yang timbul pada aliran tersebut tidak dapat dicegah secara sempurna, maka apabila keadaannya memungkinkan, sebaiknya lebar kolam diperbesar, supaya bilangan Froudenya berada di luar angka-angka tersebut. Disamping perhitungan-perhitungan hidrolika serta pertimbangan-pertimbangan kondisi konstruksinya, maka pemilihan type yang paling cocok untuk suatu bangunan pelimpah dilakukan pula dengan penelitian-penelitian pada model hidrolika.

5. Baffle Chute

Prosedur desain sederhana Baffle Chute:

1. Apron harus dirancang untuk debit maksimum yang diharapkan, Q .
2. Debit desain unit $q = \frac{Q}{W}$ mungkin sebagai tinggi 60 c.f.s. per kaki lebar saluran, W .
Kurangnya kondisi aliran yang parah di dasar parasut ada untuk 35 c.f.s. dan kondisi yang relatif ringan terjadi untuk pembuangan unit 20 c.f.s. dan kurang
3. Kecepatan masuk, V_1 harus serendah praktis. Kondisi ideal ada ketika $V_1 = \sqrt[3]{gq} - 5$.
Kondisi aliran tidak dapat diterima ketika $V_1 = \sqrt[3]{gq}$.
4. Pengimbangan vertikal antara pendekatan lantai saluran dan saluran digunakan untuk membuat kolam yang tenang atau V_1 yang diinginkan dan akan bervariasi dalam instalasi individu. Menggunakan kurva radius pendek untuk memberikan lambang pada peluncur miring. Letakkan baris pertama dari pilar *baffle* dekat dengan bagian atas *chute* tidak lebih dari 12 inci di ketinggian di bawah puncak.
5. Tinggi dermaga *baffle*, H , seharusnya sekitar $0,8 D_e$. Kedalaman kritis pada saluran persegi panjang adalah $D_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$, Ketinggian dermaga *baffle* bukanlah dimensi kritis tetapi tidak boleh kurang dari yang direkomendasikan. Itu tinggi dapat ditingkatkan menjadi $0,9 D_o$.
6. Lebar *baffled* di dermaga dan jarak seharusnya sama, sebaiknya sekitar $3/2 H$, tetapi tidak kurang dari H . Dimensi dermaga *baffle* lainnya tidak kritis, disarankan penampang ditunjukkan. Blok sebagian, lebar $1/3 H$ hingga $2/3 H$, harus ditempatkan melawan dinding pelatihan di Baris 1, 3, 5, 7, dll., bergantian dengan jarak dan lebar yang sama di Baris 2, 4, 6, dll.
7. Jarak kemiringan (sepanjang 2: 1 kemiringan) antara barisan dermaga *baffle* harus $2 H$, dua kali lipat ketinggian *baffle* H . Ketika ketinggian *baffle* kurang dari 3 kaki, jarak baris mungkin lebih besar dari pada $2 H$ tetapi tidak boleh melebihi 6 kaki. Untuk lereng lebih datar dari 2 : 1, jarak baris dapat ditingkatkan untuk menyediakan diferensial vertikal yang sama antara baris seperti yang dinyatakan oleh jarak untuk kemiringan 2 : 1.
8. *Baffle* biasanya dibangun dengan hulu menghadap ke permukaan *chute* Namun pilar dengan menghadap vertikal dapat digunakan. Tatakan vertikal cenderung menghasilkan lebih banyak percikan, tetapi perbedaannya tidak signifikan.
9. Empat baris dermaga *baffle* wajib membangun kontrol penuh dari aliran, meskipun lebih sedikit baris telah berhasil dioperasikan. Baris tambahan di luar yang keempat mempertahankan kontrol yang ditetapkan hulu, dan banyak baris dapat dibangun

seperti yang diperlukan. Peluncuran harus diperluas ke di bawah elevasi saluran hilir normal sebagaimana dijelaskan dalam teks pada bagian ini, dan pada setidaknya satu baris baffle harus dikubur di pengurukan.



Gambar 2.6 Perencanaan standar USBR untuk *baffled chute*
Sumber: Monter, 1998,p.364

Peredam energi tipe *baffled chute* adalah sistem peredam energi dengan membuat gigi benturan atau gigi peredam (*baffled*) di saluran peluncur (*chuteway*). Dapat dilihat pada Gambar 2.6 bahwa, gigi benturan ini secara teoritis akan mereduksi gaya aliran yang diakibatkan oleh aliran yang meluncur deras di sepanjang saluran peluncur menuju kolam olak utama hilirnya. Reduksi gaya aliran oleh *baffled chute* akan meringankan beban kolam olak di hilirnya, sehingga peredaman akan berlangsung secara terus menerus dan aliran di hilir akan menjadi semakin pelan (subkritis).

2.4 Oksigen Terlarut Dalam Aliran

Dissolved Oxygen (DO) adalah jumlah oksigen yang terlarut dalam aliran. Oksigen terlarut dalam aliran dapat berasal dari fotosintesis tanaman air, yang jumlahnya tidak tetap tergantung dari jumlah tanamannya dan dari atmosfer (udara) yang masuk kedalam air dengan kecepatan terbatas. Konsentrasi oksigen terlarut dalam keadaan jenuh bervariasi tergantung dari suhu dan tekanan atmosfer.

Pada suhu 20°C dengan tekanan 1 atmosfer, konsentrasi oksigen terlarut dalam keadaan jenuh adalah 9,2 ppm, sedangkan pada suhu 50°C dengan tekanan atmosfer yang sama tingkat kejenuhannya hanya 5,6 ppm. Semakin tinggi suhu air, maka semakin rendah tingkat kejenuhannya. Biota air hangat memerlukan oksigen terlarut minimal 5 ppm,

sedangkan biota air dingin memerlukan oksigen terlarut mendekati jenuh. Konsentrasi oksigen terlarut minimal untuk kehidupan biota tidak boleh kurang dari 6 ppm.

Konsentrasi oksigen terlarut yang terlalu rendah akan mengakibatkan ikan-ikan dan binatang air lainnya yang membutuhkan oksigen akan mati. Sebaliknya konsentrasi oksigen terlarut yang terlalu tinggi juga mengakibatkan proses pengkaratan semakin cepat karena oksigen akan mengikat hidrogen yang melapisi permukaan logam (Fardiaz, 1992).

Konsentrasi DO yang terlalu rendah pada suatu perairan akan mengakibatkan ikan dan hewan air yang membutuhkan O_2 akan mati (Kristanto 2002). Djajadiningrat (1992) mengemukakan bahwa pada air yang tercemar nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) cukup tinggi, sehingga hal ini menyebabkan kadar oksigen yang terlarut dalam air juga semakin rendah.

Tabel 2.1

Hubungan antara suhu dengan konsentrasi oksigen terlarut maksimum pada tekanan 1 atmosfer

Suhu	Konsentrasi O ₂ Terlarut Maksimum (ppm)	Suhu	Konsentrasi O ₂ Terlarut Maksimum (ppm)
0	14.6	30	7.6
10	11.3	32	7.4
12	10.8	30	7.6
14	10.4	32	7.4
16	10	38	6.8
18	9.5	40	6.6
20	9.2	42	6.4
22	8.8	44	6.2
24	8.5	46	6
26	8.2	48	5.8
28	7.9	50	5.6

Sumber: Fardiaz (1992,p.33)

Tabel 2.2
Level DO dan Presentase Kejenuhan DO

DO Level	Percent Saturation of DO
Supersaturation	$\geq 101\%$
Excellent	90 - 100%
Adequate	80 - 89%
Acceptable	60 - 79%
Poor	$< 60\%$

Sumber: Water Quality with Vernier

Persen saturasi adalah pembacaan oksigen terlarut dalam mg / L dibagi dengan nilai oksigen terlarut 100% untuk air (pada suhu dan tekanan udara yang sama). Cara persentase kejenuhan berhubungan dengan kualitas air ditunjukkan pada Tabel 2.2 Dalam beberapa kasus, air dapat melebihi 100% saturasi dan menjadi jenuh untuk jangka waktu yang singkat.

Tabel 2.3
Kebutuhan Maksimum DO

Organism	Minimum dissolved oxygen (mg/L)
Trout	6.5
Smallmouth bass	6.5
Caddisfly Larvae	4.0
Mayfly Larvae	4.0
Catfish	2.5
Carp	2.0
Mosquito larvae	1.0

Sumber : Water Quality with Vernier

Organisme lainnya bisa bertahan hidup lingkungan dengan konsentrasi yang lebih rendah, oksigen terlarut keragaman organisme terbesar pada konsentrasi DO yang lebih tinggi. Tabel 2.3 merupakan daftar oksigen terlarut minimum konsentrasi yang diperlukan untuk mempertahankan organisme yang terpilih.

Sumber-sumber dari DO antara lain: a) Difusi dari atmosfer, b) Aerasi dari pergerakan aliran air di atas batu-batuan, c) Aerasi akibat angin dan gelombang, dan d) Proses fotosintesis dan tanaman air. Sedangkan yang mempengaruhi level DO adalah: a) Suhu, b) Populasi tanaman air, c) Pembusukan material organik dalam air, d) Aliran air sungai, e) Elevasi atau tekanan atmosfer, dan f) Aktivitas manusia.

Besarnya konsentrasi udara dalam aliran atau aerasi alamiah aliran telah diteliti oleh beberapa ahli dengan memasukkan variabel yang mempengaruhinya, antara lain faktor kemiringan, faktor debit, faktor kekasaran, dan bilangan Froude. Knauss (1979), Wood (1983), Aivazyan (1987), dan Hager (1991) merumuskan besarnya konsentrasi udara dalam aliran hanya dipengaruhi oleh variabel kemiringan. Straub-Anderson (1960), ASCE Task Comitte (1961), dan Anderson (1965) merumuskan besarnya konsentrasi udara dalam aliran dipengaruhi oleh variabel kemiringan dan debit. Gangadharaiah, dkk. (1970) merumuskan besarnya konsentrasi udara dalam aliran dipengaruhi oleh variabel kekasaran dasar dan bilangan Froude.

Model rumusan untuk perhitungan konsentrasi udara dalam aliran, antara lain:

- 1) Gangadharaiah, dkk. (1970) (Raju, 1986,p.250):

$$C_a = \frac{1,35nF_c^{3/2}}{1 + 1,35nF_c^{3/2}} \dots\dots\dots (2-3)$$

dengan:

C_a = konsentrasi udara teoritis rata-rata

n = koefisien kekasaran pelimpah

F_c = bilangan Froude di penampang C

- 2) Straub-Anderson (1960) kemiringan 7,5°-75° (Haderson, 1966,p.185):

$$C_a = (S/q^{1/5}) \dots\dots\dots (2-4)$$

- 3) ASCE Task Comitte (1961) (Handerson, 1966,p.185):

$$C_a = 0,743 \log(S/q^{1/5}) + 0,876 \dots\dots\dots (2-5)$$

dengan:

$S = \sin \theta$, dan

q = debit per satuan lebar ($m^3 / det.m$)

- 4) Anderson (1965) (Novak, 1984:116):

- a. Kondisi saluran kasar (*rough channel*):

$$C_a = 0,7226 + 0,743 \log [\sin \theta / q^{1/5}] \dots\dots\dots (2-6)$$

- b. Kondisi saluran halus (*smooth channel*):

$$C_a = 0,5027 [\sin \theta / q^{2/3}]^{0,385} \dots\dots\dots (2-7)$$

dengan:

θ = sudut kemiringan dasar saluran terhadap gariz horizontal

5) Wood (1983) (Chanson, 1993-,p.223):

$$C_a = 0,9 \sin \theta \dots\dots\dots (2-8)$$

6) Knauss (1979) dalam Chanson (1993-,p.224)

$$C_a = 1,44 \sin \theta - 0,8 \dots\dots\dots (2-9)$$

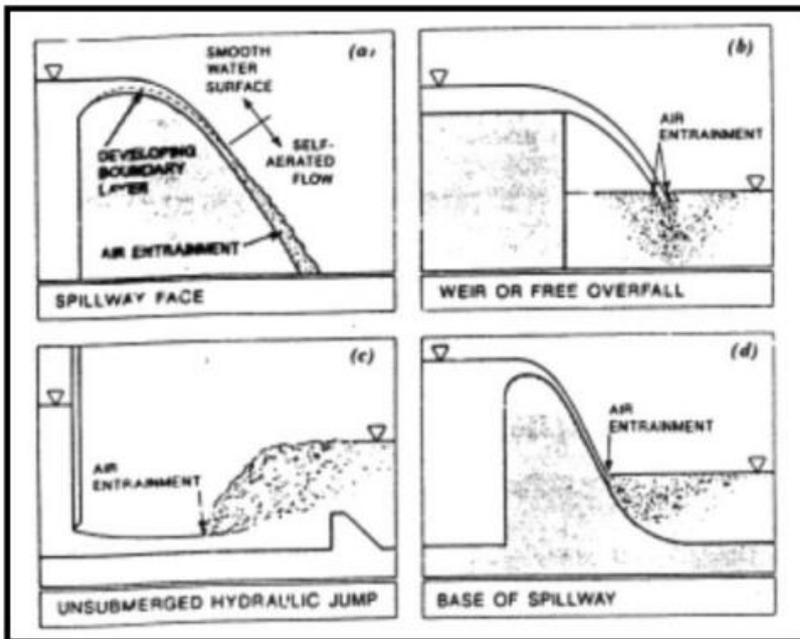
7) Aivazyan (1987) kemiringan 16° - 31° (Chanson, 1992,p.944):

$$C_a = \sin \theta \dots\dots\dots (2-10)$$

$$\dots\dots C_a = 0,17 + 0,35 \sin \theta \dots\dots\dots (2-11)$$

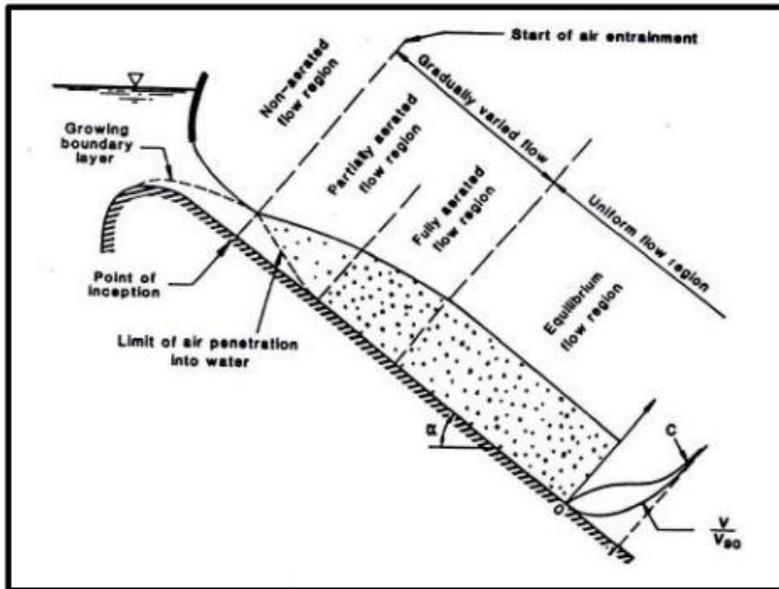
8) Hager (1991) (Chaudhry, 1993,p.258):

$$C_a = 0,75 (\sin \theta)^{0,75} \dots\dots\dots (2-12)$$

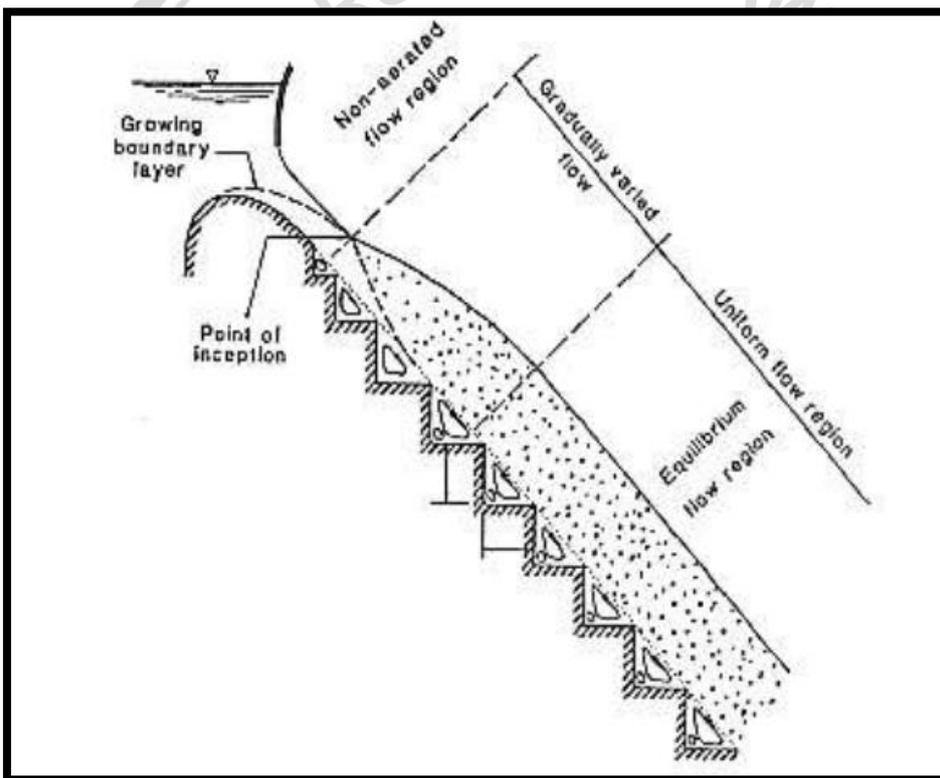


Gambar 2.7 Contoh kejadian aerasi alamiah pada bangunan hidrolik
 Sumber: Gulliver dan Rindels (1993,p.328)

Pada Gambar 2.7 menunjukkan contoh kejadian aerasi alamiah pada bangunan hidrolik. Diantaranya (a) *Spillway Face* (b) *Weir or Free Over-fall* (c) *Unsubmerged Hydraulic Jump* (d) *Base of Spillway*. Karena pengaruh signifikan struktur hidrolik terhadap tingkat oksigen terlarut hilir, insinyur diminta untuk memprediksi hal initingkat untuk mode tertentu operasi struktur hidrolik.



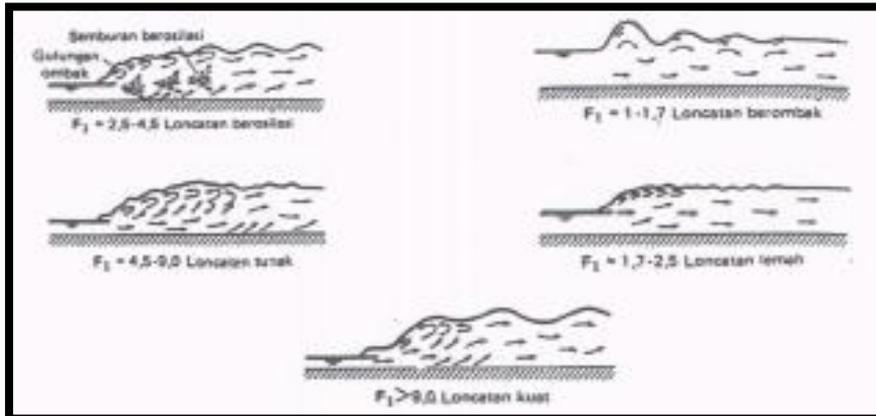
Gambar 2.8 Aerasi alamiah aliran di pelimpah
 Sumber: Chanson (1993-a,p.222)



Gambar 2.9 Daerah aliran di sepanjang pelimpah bertangga
 Sumber: Chanson (1994,p.214)

Dibagian hulu dekat puncak, alirannya nampak halus dan tidak terjadi pemasukan udara, namun di bagian hilirnya karakteristik aliran sebagian besar pengandung udara dan terjadi pusaran air yang kuat disetiap kaki anak tangganya (Gambar 2.9). sehingga peredam

energinya sebagian besar ditentukan oleh perpindahan momentum antara aliran utama dan perputaran berulang-ulang dari air yang terjebak diantara anak tangga.



Gambar 2.100 Jenis terjadi pemasukan udara dalam aliran atau pengudaraan (aerasi) alamia-jenis loncatan hidraulik dengan turbulensinya yang memungkinkan h)

Sumber : Chow (1989,p.357)

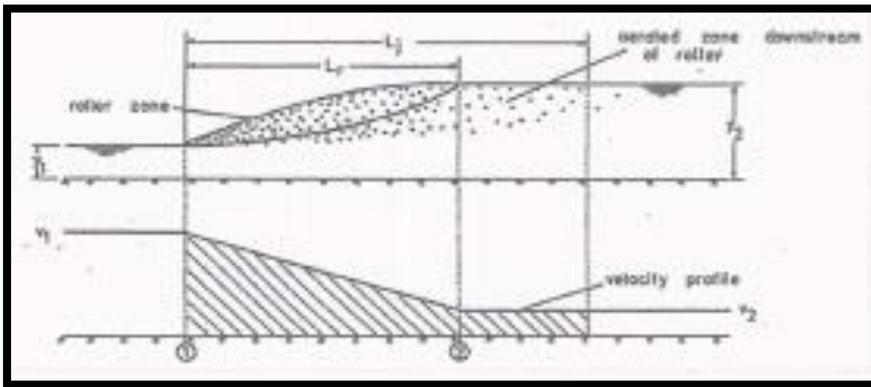
Untuk $F_1 = 2,5$ sampai $4,5$, terdapat semburan berosilasi menyertai dasar loncatan bergerak ke permukaan dan kembali lagi tanpa periode tertentu. Loncatan ini dinamakan loncatan berosilasi.

Untuk $F_1 = 1$ sampai $1,7$, terjadi ombak pada permukaan air, dan loncatan yang terjadi dinamakan loncatan berombak.

Untuk $F_1 = 4,5$ sampai $9,0$, ujung-ujung permukaan hilir akan bergulung dan titik di mana kecepatan semburannya tinggi cenderung memisahkan diri dari aliran. Gerakan dan letak loncatan yang terjadi, tidak begitu dipengaruhi oleh kedalaman air bawah. Loncatan ini dinamakan loncatan tunak.

Untuk $F_1 = 1,7$ sampai $2,5$, terbentuk dari rangkaian gulungan ombak pada permukaan loncatan, tetapi permukaan air di hilir tetap halus. Secara keseluruhan kecepatan seragam, dan kehilangan energinya kecil. Loncatan ini dinamakan loncatan loncatan lemah.

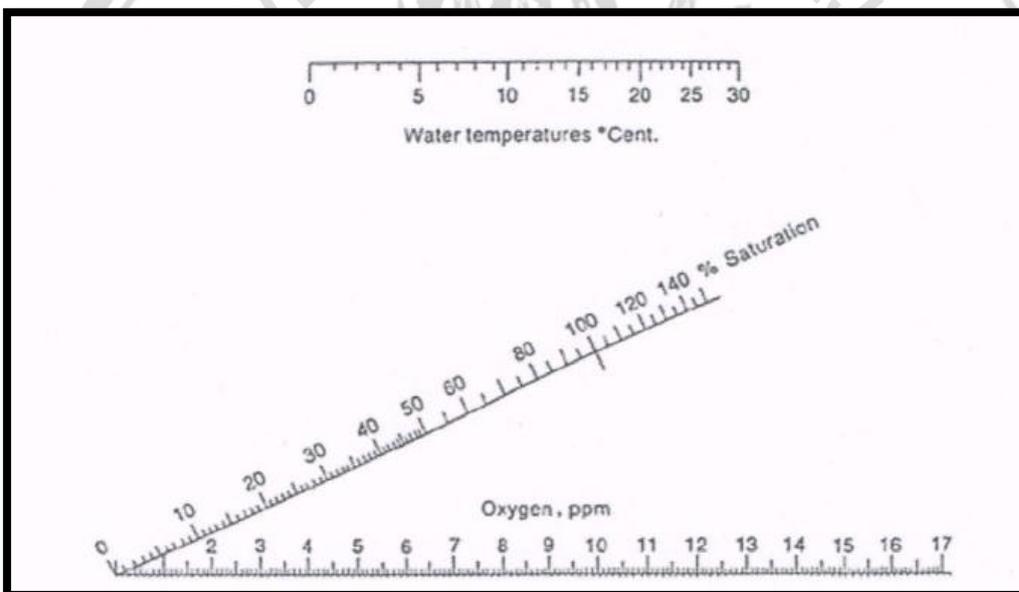
Untuk $F_1 = 9$ dan yang lebih besar, kecepatan semburan yang tinggi akan memisahkan hampasan gelombang gulung dari permukaan loncatan, menimbulkan gelombang – gelombang hilir, jika permukaannya kasar akan mempengaruhi gelombang yang yang terjadi. Loncatan ini dinamakan loncatan kuat.



Gambar 2.11 Profil aerasi dan profil kecepatan pada loncatan hidrolis

Sumber : Avery (1976,p. ,p.77)

Tiga faktor pengendali yang jelas untuk suhu konstan dan kualitas air, koefisien film cair, waktu kontak dan rasio luas permukaan air atau air terhadap volume. Perkiraan dapat dibuat dari waktu kontak, t . Model perkiraan dari variasi kecepatan rata-rata melalui lompatan hidrolis ditunjukkan Pada Gambar 2.11. L_r mewakili panjang zona rol lompatan hidrolis sedangkan L mewakili panjang zona aerasi yang J akan melampaui zona rol.



Gambar 2.12 Grafik hubungan kandungan oksigen, suhu, dan saturasi

Sumber: Cary Institute of Ecosystem Studies

Pada Gambar 2.12 menjelaskan bahwa Hal ini dimungkinkan untuk mendapatkan kejenuhan lebih dari 100%. Sampel bisa jenuh di daerah dimana ada banyak tanaman atau ganggang pada hari yang cerah, karena aktivitas fotosintesis.

Angka Reynolds dan angka Froude dalam aliran digunakan oleh Avery and Novak (1978) untuk memprediksi angka rasio defisit oksigen khususnya untuk bendungan sebagai berikut (Wilhelms, dkk, 1993):

$$r_{15} - 1 = 0,64 \cdot 10^{-4} \cdot F_{rj}^{1,787} \cdot R_e^{0,533} \dots\dots\dots (2-13)$$

$$F_{rj} = (2g)^{0,25} \cdot h^{0,75} \cdot q^{-0,5} \dots\dots\dots (2-14)$$

$$R_e = q \cdot (2v)^{-1} \dots\dots\dots (2-15)$$

dengan:

r_{15} = rasio defisit pada 15°C

F_{rj} = angka Froude

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

h = ketinggian air di atas bangunan (m)

q = debit persatuan lebar (m²/dt)

R_e = bilangan Reynold

v = viskositas kinematis

Selanjutnya rasio defisit r di hubungkan dengan efisiensi struktur hidrolis E dengan persamaan (Raykar dan Kamatagi, 2015):

$$E = 1 - (1/r) E = \frac{C_d - C_u}{C_s - C_u} = 1 - \left(\frac{1}{r}\right) \dots\dots\dots (2-16)$$

Dapat juga menggunakan persamaan hubungan dari Gulliver, Thene, dan Rindels (1990) (Wilhelms, 1993):

$$E_{20} = 1 - (1 - E_T)^{1/f_T} \dots\dots\dots (2-17)$$

$$f_T = 1 + 0,02103 (T - 20) + 8,261 \cdot 10^{-5} (T - 20)^2 \dots\dots\dots (2-18)$$

$$E_{20} = 1 - \left(\frac{1}{1 + 0,64 \cdot 10^{-4} F_{rj}^{1,787} R_e^{0,533}} \right)^{1,1149} \dots\dots\dots (2-19)$$

dengan :

E_{20} = indeks efisiensi pada 20°C

E_T = efisiensi transfer gas pada suhu T °C

f_T = koefisien indeks

C_u = konsentrasi oksigen terlarut dalam aliran hulu (*upstream*)

C_d = konsentrasi oksigen terlarut dalam aliran hilir (*downstream*)

C_s = konsentrasi oksigen terlarut dalam aliran jenuh

Ervine dan Elsayy (1975) menemukan bahwa angka pemasukan udara dapat diprediksikan dengan persamaan (Wilhelms, 1993):

$$\left(\frac{Q_a}{Q_w}\right) = 0,26 \cdot \left(\frac{b}{p}\right) \left(\frac{h}{t}\right)^{0,446} \cdot \left(1 - \frac{V_0}{V}\right) \dots\dots\dots (2-20)$$

$$V_a = 1,2 \left(\frac{F_{rj}}{0,5F_{r1} + 5,2}\right)^{3,7} d^3 F_{r1}^{1,66} \dots\dots\dots (2-21)$$

dengan:



Q_a = debit udara (m^3/dt)

Q_w = debit air (m^3/dt)

b = lebar saluran (m)

t = ketelabaln aliran (m)

p = parameter basah (m)

h = tinggi jatuh (m)

V_0 = kecepatan minimum pengudaraan (=1,1 m/dt)

V_a = volume pengudaraan (m^3)

F_{rj} = Angka Froude

F_{r1} = Angka Froude di pengeluaran

D = diameter aliran

Nakasone (1987) mengkombinasikan antara variabel tinggi jatuh, debit, kedalaman aliran di hilir (*Tail Water Level, TWL*) untuk mencari efisiensi transfer pada *weir*. Persamaan adalah sebagai berikut (Wilhelms, dkk., 1993):

- a. Untuk $(D + 1,5H_c) \leq 1,2$ m dan $q \leq 235$ $m^3/jam/m$

$$\ln r_{20} = 0,0785 (D + 1,5H_c)^{1,31} \cdot q^{0,428} \cdot H^{0,31} \dots\dots\dots (2-22)$$

$$E_{20} = 1 - \text{Exp} - [0,0785 (D + 1,5H_c)^{1,31} \cdot q^{0,428} \cdot H^{0,31}] \dots\dots\dots (2-23)$$

- b. Untuk $D + 1,5H_c > 1,2$ m dan $q \leq 235$ $m^3/jam/m$

$$\ln r_{20} = 0,0861 (D + 1,5H_c)^{0,816} \cdot q^{0,428} \cdot H^{0,31} \dots\dots\dots (2-24)$$

$$E_{20} = 1 - \text{Exp} - [0,00861 (D + 1,5H_c)^{0,816} \cdot q^{0,428} \cdot H^{0,31}] \dots\dots\dots (2-25)$$

- c. Untuk $(D + 1,5H_c) \leq 1,2$ m dan $q > 235$ $m^3/jam/m$

$$\ln r_{20} = 5,39 (D + 1,5H_c)^{1,31} \cdot q^{-0,363} \cdot H^{0,31} \dots\dots\dots (2-26)$$

$$E_{20} = 1 - \text{Exp} - [5,39 (D + 1,5H_c)^{1,31} \cdot q^{-0,363} \cdot H^{0,31}] \dots\dots\dots (2-27)$$

- d. Untuk $(D + 1,5H_c) > 1,2$ m dan $q > 235$ $m^3/jam/m$

$$\ln r_{20} = 5,92 (D + 1,5H_c)^{0,816} \cdot q^{-0,363} \cdot H^{0,31} \dots\dots\dots (2-28)$$

$$E_{20} = 1 - \text{Exp} - [5,92 (D + 1,5H_c)^{0,816} \cdot q^{-0,363} \cdot H^{0,31}] \dots\dots\dots (2-29)$$

dengan:

D = ketinggian terjunan/limpasan (m)

H_c = kedalaman air kritis diatas *weir* (m)

q = debit persatuan lebar ($m^3/jam/m$)

r_{20} = rasio defisit pada suhu $20^\circ C$

H = *Tail Water Level* (m)

Secara khusus, Rajatnam (1962), Schroder (1963) dan Resch dan Leutheusser (1972) meneliti tentang pengudaraan di loncatan hidrolik (*hydraulic jumps*). Hasil dari penelitian tersebut Rajatnam memberikan persamaan (Kobus dan Koschitzky):

$$\beta_e = q_a/q_w = 0,018 (F_r - 1)^{1,24} \dots\dots\dots (2-30)$$

Sedangkan Renner memberikan persamaan (Kobus dan Koschitzky):

$$\beta_e = q_a/q_w = 0,005 F_r^2 \dots\dots\dots (2-31)$$

dengan:

β_e = pengudaraan relatif

q_a = debit pengudaraan per satuan lebar (m^2/dt)

q_w = debit aliran persatuan lebar (m^2/dt)

F_r = bilangan Froude

2.5 Aerasi Alami Dalam Aliran

Aerasi adalah pengaliran udara dalam air untuk meningkatkan kandungan oksigen dengan memancarkan air atau melewatkan gelembung udara ke dalam air sehingga oksigen terlarut di dalam air semakin tinggi. Prinsip aerasi pada dasarnya mencampurkan air dengan udara atau bahan lain sehingga air yang beroksigen rendah kontak dengan oksigen atau udara. Menurut Kusnaedi (2002), aerasi adalah suatu sistem oksigenasi melalui penangkapan oksigen dari udara pada air yang akan diproses.

Tujuan utama proses aerasi adalah melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air dan melepaskan kandungan gas-gas yang terlarut dalam air, serta membantu pengadukan air. Manfaat yang didapat dari proses ini adalah menghilangkan rasa serta bau tidak enak, menghilangkan gas-gas yang tidak dibutuhkan (CO_2 , methane, hydrogen sulfide), meningkatkan derajat keasaman air, serta menambah gas-gas yang diperlukan ataupun untuk mendinginkan air.

2.6 Kualitas Air

Kualitas air adalah kondisi kualitatif air yang diukur dan atau di uji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Pasal 1 Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 tahun 2003). Kualitas air dapat dinyatakan dengan parameter kualitas air. Parameter ini meliputi parameter fisik, kimia, dan mikrobiologis (Masduqi, 2009).

Menurut Acehpedia (2010), kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Pengujian yang dilakukan adalah uji kimia, fisik, biologi, atau uji kenampakan (bau dan warna). Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan



air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjamin agar kondisi air tetap dalam kondisi alamiahnya.

Air untuk minum umumnya berasal dari Air Permukaan (*Surface Water*) seperti danau, sungai dan cadangan air lainnya di permukaan Bumi atau dari Air Tanah (*Ground Water*) atau air yang di pompa (melalui pengeboran) dari dalam tanah yang umumnya bebas dari kandungan zat berbahaya, namun tidak selalu bersih (Krisnandi,2009).

Kualitas air yang baik ini minimal mengandung oksigen terlarut sebanyak lebih 5 mg/l. Oksigen terlarut ini dapat ditingkatkan dengan menambah oksigen ke dalam air dengan menggunakan aerator atau air yang terus mengalir. Kelebihan plankton dapat menyebabkan kandungan oksigen di dalam air menjadi berkurang (Ansori, 2008).

2.7 Parameter Kualitas Air

Kualitas air dapat diukur berdasarkan banyak parameter, antara lain:

1. NO_3N

Nitrat merupakan bentuk nitrogen yang beroksidasi dengan tingkat oksidasi +5. Nitrat merupakan bentuk senyawa yang stabil dan merupakan salah satu unsur penting sintesa protein tumbuh-tumbuhan dan hewan. Akan tetapi, nitrat pada konsentrasi yang tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas (apabila beberapa syarat lain seperti konsentrasi fosfat dipenuhi), sehingga air kekurangan oksigen terlarut yang menyebabkan kematian ikan. NO_3^- dapat berasal dari buangan industri bahan peledak, piroteknik, pupuk, cat, dan sebagainya. Kadar nitrat secara alamiah biasanya agak rendah, namun kadar nitrat dapat menjadi tinggi sekali pada air tanah di daerah-daerah yang diberi pupuk yang mengandung nitrat. Kadar nitrat tidak boleh melebihi 10 mg NO_3/liter .

2. NH_3N

Amoniak NH_3 merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah dan disebut amonium, amoniak sendiri berada dalam keadaan tereduksi (-3). Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni, tinja juga dari oksidasi zat organik secara mikrobiologis, yang berasal dari air alam atau air buangan industri dan penduduk. Kadar amoniak pada air permukaan dan air tanah sebesar beberapa mg/liter sampai kira-kira 30 mg/liter pada air buangan. Air tanah hanya sedikit mengandung NH_3 , karena NH_3 dapat menempel pada butir-butir tanah liat tersebut. Kadar amoniak yang tinggi pada air sungai selalu menunjukkan adanya pencemaran. Rasa NH_3 kurang enak, sehingga kadar NH_3 harus rendah, pada air minum kadarnya harus nol dan pada air sungai harus di bawah 0,5 mg/liter. NH_3 dapat dihilangkan sebagai gas melalui

aerasi atau reaksi dengan asam hipoklorik atau kaporit dan sebagainya, hingga menjadi kloramin yang tidak berbahaya. Pada air buangan, NH_3 , dapat diolah secara mikrobiologis melalui proses nitrifikasi hingga menjadi nitrit dan nitrat.

3. Konduktivitas (Daya Hantar Listrik)

Daya Hantar Listrik (DHL) menunjukkan kemampuan air untuk menghantarkan aliran listrik. Konduktivitas air tergantung dari konsentrasi ion dan suhu air, oleh karena itu kenaikan padatan terlarut akan mempengaruhi kenaikan DHL. DHL adalah bilangan yang menyatakan kemampuan larutan cair untuk menghantarkan arus listrik. Kemampuan ini tergantung keberadaan ion, total konsentrasi ion, valensi konsentrasi relatif ion dan suhu saat pengukuran. Biasanya makin tinggi konduktivitas dalam air, maka air akan terasa payau samapi asin. Walaupun dalam baku mutu air tidak ada batasnya, tetapi untuk nilai-nilai yang ekstrim perlu diwaspadai. Konduktivitas air ditetapkan dengan mengukur tahanan listrik antara dua elektroda dan membandingkan tahanan ini dengan tahanan suatu larutan potasium klorida pada suhu 25°C . Bagi kebanyakan air, konsentrasi bahan padat terlarut dalam miligram per liter sama dengan 0,55 sampai 0,7 kali hantaran dalam mikroumhos per sentimeter pada suhu 25°C . Nilai yang pasti dari koefisien ini tergantung pada jenis garam yang ada didalam air.

4. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan kebutuhan dasar kehidupan tanaman dan hewan dalam air. Kehidupan makhluk di dalam air tergantung dari kemampuan air untuk mempertahankan konsentrasi oksigen minimal yang dibutuhkan untuk kehidupan (Fardiaz, 1992). Menurut Presscod (1973) oksigen terlarut adalah jumlah oksigen terlarut dalam air dan merupakan kebutuhan mutlak bagi mikroorganisme dalam menguraikan bahan-bahan organik yang ada dalam air limbah. Limbah cair yang dalam kondisi septik lebih sukar diolah dan menimbulkan bau pada bangunan pengolahan. Derajat kandungan oksigen pada limbah cair sangat bervariasi dan sama sekali tidak stabil. Tujuan pengolahan limbah cair sebelum diolah adalah menjaga kandungan oksigen yang terlarut dalam keadaan yang cukup pada perairan untuk mencegah terjadinya anaerobik. Meskipun harus mencapai oksigen terlarut yang cukup untuk memenuhi persyaratan diolah, pada umumnya hasil dari instalasi pengolahan limbah menunjukkan kandungan oksigen pada air hasil olahan sudah cukup memenuhi syarat. Pada effluen yang telah diolah, derajat kandungan oksigen berkisar

antara 1 atau 2 mg/l (dibandingkan dengan kelarutan jenuh 10 mg/l), sehingga air limbah hasil olahan tersebut dapat dibuang ke perairan.

Konsentrasi DO yang terlalu rendah pada suatu perairan akan mengakibatkan ikan dan hewan air yang membutuhkan O₂ akan mati (Kristanto 2002). Djajadiningrat (1992) mengemukakan bahwa pada air yang tercemar nilai BOD dan COD cukup tinggi, sehingga hal ini menyebabkan kadar oksigen yang terlarut dalam air juga semakin rendah.

5. **Zat Padat Tersuspensi/Total Suspended Solid (TSS)**

(*Total Suspended Solid*) TSS adalah padatan yang tidak dapat larut dan tidak dapat mengendap langsung yang menyebabkan kekeruhan dalam air (turbiditi). Padatan tersuspensi biasanya terdiri dari partikel-partikel halus ataupun floks (lampung dan lanau) yang ukuran maupun berat butiran lebih rendah dari sedimen pasir. Bahan-bahan kimia toksik dapat melekat pada padatan tersuspensi ini (Nasution, M.I., 2008, p.88). Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen, dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan (Tarigan dan Edward, 2003). TSS berhubungan erat dengan erosi tanah dan erosi dari saluran sungai. Kekeruhan dapat berupa partikel-partikel kecil dan koloid yang berukuran 10 nm sampai 10 μ m. Akibat dari kekeruhan ini baik partikel yang terlarut maupun tidak terlarut adalah kekurangannya sinar matahari yang dapat masuk. Sehingga oksigen pun berkurang dan akhirnya proses fotosintesis tumbuhan dalam air terhambat.

6. **COD (Chemical Oxygen Demand)**

COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau milligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi (Sugiharto, 2008:6). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

Oksigen terlarut adalah banyaknya oksigen yang terkandung didalam air dan diukur dalam satuan ppm. Oksigen yang terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat pengotor air baku. Semakin besar oksigen yang terlarut, maka menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil. Rendahnya nilai oksigen terlarut berarti beban pencemaran meningkat sehingga koagulan yang bekerja untuk mengendapkan koloida

harus bereaksi dahulu dengan polutan – polutan dalam air menyebabkan konsumsi bertambah.

Dasar untuk uji COD adalah bahwa hampir semua senyawa organik dapat teroksidasi penuh menjadi karbon dioksida dengan agen oksidasi yang kuat dalam kondisi asam. Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik menjadi karbon dioksida, amonia, dan air.

Uji COD biasanya menghasilkan kebutuhan oksigen yang lebih tinggi daripada uji BOD karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD.

2.8 Analisa Regresi

Apabila data terdiri dari dua variabel atau lebih, perlu dipelajari cara variabel tersebut berhubungan. Hubungan yang didapat tersebut umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel. Studi yang menyangkut masalah ini dikenal sebagai analisis regresi. Pada analisis regresi ada dua jenis variabel, yaitu variabel bebas (variabel prediktor) dan variabel tak bebas (variabel respon) (Sudjana 1992).

Untuk membantu menentukan persamaan yang menyatakan hubungan antar variabel, langkah pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan data yang menunjukkan nilai variabel yang diamati. Kemudian dibuat diagram pancar (*scatter diagram*) data hasil pengukuran sehingga dapat dibayangkan suatu kurva regresi yang menyatakan hubungan antar variabel tersebut. Regresi non linier dipakai apabila regresi linier tidak dapat menggambarkan bentuk hubungan kelinieran. Banyak pula data pengamatan yang terjadi sebagai akibat adanya lebih dari dua variabel, untuk ini diadakan kajian regresi linier berganda.

Jika data hasil pengamatan terdiri dari banyak variabel perlu diketahui seberapa kuat hubungan antara variabel itu, sehingga perlu ditentukan derajat hubungan antara variabel (koefisien korelasi). Koefisien korelasi adalah $-1 \leq r \leq +1$. Nilai $r = -1$ menunjukkan adanya hubungan linier sempurna tak langsung (korelasi negatif) antara X dan Y. Ini berarti bahwa titik-titik data seluruhnya terletak pada garis regresi linier dan harga X yang besar berpasangan dengan harga Y yang kecil dan sebaliknya. Nilai $r = +1$ menunjukkan adanya hubungan linier sempurna langsung (korelasi positif) antara X dan Y. Ini berarti bahwa titik-titik data seluruhnya terletak pada garis regresi linier dan harga X yang besar berpasangan dengan harga Y yang besar dan harga X yang kecil berpasangan dengan harga

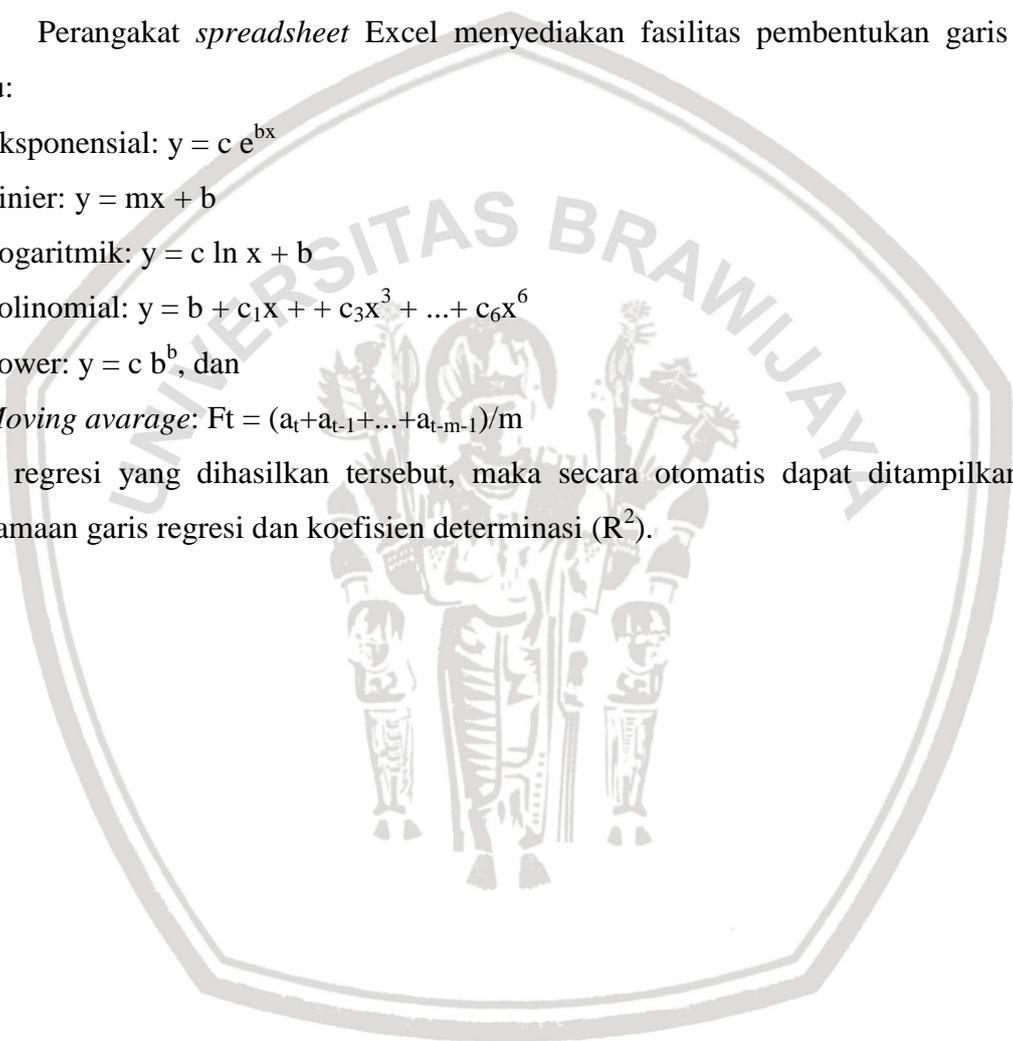
Y yang kecil juga. Nilai $r = 0$ menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan linier antara X dan Y.

Derajat hubungan antara variabel X dan Y yang terdapat hubungan regresi dapat diukur dengan koefisien determinasi (R^2). Koefisien determinasi ini bersifat bahwa jika titik-titik diagram pancar letaknya makin dekat dengan garis regresi, maka harga R^2 makin dekat dengan nilai 1. Sebaliknya, jika titik-titik diagram pancar letaknya makin jauh dengan garis regresi, maka harga R^2 makin dekat dengan nilai 0. Secara umum berlaku $0 \leq R^2 \leq 1$ (Sudjana, 1992).

Perangkat *spreadsheet* Excel menyediakan fasilitas pembentukan garis regresi, yaitu:

- a. Eksponensial: $y = c e^{bx}$
- b. Linier: $y = mx + b$
- c. Logaritmik: $y = c \ln x + b$
- d. Polinomial: $y = b + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 + \dots + c_6x^6$
- e. Power: $y = c b^x$, dan
- f. *Moving average*: $F_t = (a_t + a_{t-1} + \dots + a_{t-m+1})/m$

Dari regresi yang dihasilkan tersebut, maka secara otomatis dapat ditampilkan rumus persamaan garis regresi dan koefisien determinasi (R^2).





Halaman ini sengaja dikosongkan



