

ANALISIS KADAR OKSIGEN TERLARUT DALAM ALIRAN PADA SISTEM BANGUNAN PELIMPAH BENDUNGAN RIAM KIWA

Mega Okvita Karinda Rosamike¹, Very Dermawan², Evi Nur Cahya²

¹Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Teknik Pengairan Universitas Brawijaya-Malang, Jawa Timur, Indonesia
Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145 Indonesia

e-mail: megaokvitagmail.com

ABSTRAK :Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perubahan nilai oksigen terlarut dalam aliran sebagai efek dari baffled chute pelimpah bendungan Riam Kiwa. Metode perhitungan kadar udara dalam aliran teoritis didasarkan penelitian terdahulu. Konsentrasi udara dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: (a) faktor kedalaman, kecepatan, *Froude* dan kekasaran saluran. (b) sudut kemiringan dan debit. (c) sudut kemiringan. Untuk kondisi (a) nilai terbesar sebelum peluncur 14,371 dan nilai terkecil 0,000041, untuk nilai terbesar di peluncur 0,051083 pada Q_2 di seri III dan IV dan nilai terkecil 0,000035 pada Q_{100} di seri III. (b) nilai konsentrasi udara teoritis terbesar 0,5305 menurut ASCE pada debit Q_2 dan nilai terkecil 0,2752 menurut Straub-Anderson pada debit Q_{1000} . (c) konsentrasi udara teoritis terbesar adalah 0,4124 oleh Hager. Hasil pengukuran dilapangan Q_2 mengalami peningkatan terbesar pada seri I 1,0258%, dan yang mengalami penurunan pada Q_{100} untuk *original design* - 0,0516%. Untuk nilai rasio defisit r_{15} yang terbesar pada Q_{1000} dengan nilai sebesar 3,4615 dan yang terkecil pada Q_2 sebesar 2,3676. Dan untuk nilai efisiensi transfer Jika nilai $r_{20} > 10$ maka nilai E_{20} sebesar 1. Jika nilai $r_{20} < 10$ maka nilai E_{20} 0,9.

Kata kunci: Kadar Oksigen (DO), Baffled Chute, Aerasi

ABSTRACT: *The aim of this study is to determine the change of dissolved oxygen in the flow as the effect of baffled chute in the chuteway of Riam Kiwa Dam. The calculation method of the air concentration in flow is based on formulation of previous research. Air concentration is influenced by some factors, in term (a) factor, velocity, Froude and channel roughness. (b) slope and discharge. (c) slope. For condition in term (a) the largest value before the chuteway is 14,371 and the smallest value is 0.000041, for the largest value in chuteway is 0.051083 in Q_2 in series III and IV, the smallest value is 0.000035 in Q_{100} in series III. (b) the largest theoretical air concentration value is 0.5305 according to ASCE at the discharge of Q_2 and the smallest is 0.2752 according to Straub-Anderson at discharge Q_{1000} . (c) the largest theoretical air concentration is 0.4124 by Hager. The results of field measurements Q_2 experienced the largest increase in serial I 1.0258%, and that decreased in Q_{100} for the original design -0.0516%. For the largest r_{15} deficit ratio rate at Q_{1000} with a value of 3.4615 and the smallest in Q_2 at 2.3676. And for the value of the transfer efficiency If the value of $r_{20} < 10$ then the rate of E_{20} is 1. If the rate of $r_{20} < 10$ then the rate is E_{20} 0.9.*

Keywords: Dissolved Oxygen, Baffled Chute, Aeration

PENDAHULUAN

Bangunan hidrolis mempunyai dampak pada jumlah oksigen terlarut dalam aliran pada suatu sistem irigasi. Seperti halnya pada saluran peluncur, pada daerah ini alirannya mempunyai kecepatan tinggi dan aliran bersentuhan langsung dengan atmosfer. Bangunan

hidrolis atau bangunan air yang dibangun melintang pada sungai akan memberikan dampak pada proses reaerasi tersebut. Dengan demikian bangunan hidrolis mempunyai dampak pada perubahan jumlah oksigen terlarut dalam aliran pada suatu sistem sungai, walaupun kontak antara air dan struktur bangunan hanya

dalam waktu singkat. Jumlah transfer gas dalam aliran dengan jumlah yang sama, yang biasanya terjadi pada jarak beberapa kilometer pada sistem sungai, dapat terjadi hanya dengan sekali kontak antara aliran dengan struktur hidraulik, karena alirannya menjadi turbulen. Selain itu, pengudaraan pada struktur hidraulik penting untuk perbaikan kandungan oksigen pada sungai, waduk, dan aliran lainnya yang menggunakan struktur-struktur hidraulik.

BAHAN DAN METODE

Lokasi studi terletak di Model Tes Bendungan Riam Kiwa di Laboratorium Hidrolika Terapan Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Pelimpah

Pelimpah atau spillway merupakan bangunan pelengkap suatu bendungan yang berfungsi membuang kelebihan air ke arah hilir. 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

Aerasi Alami Dalam Aliran

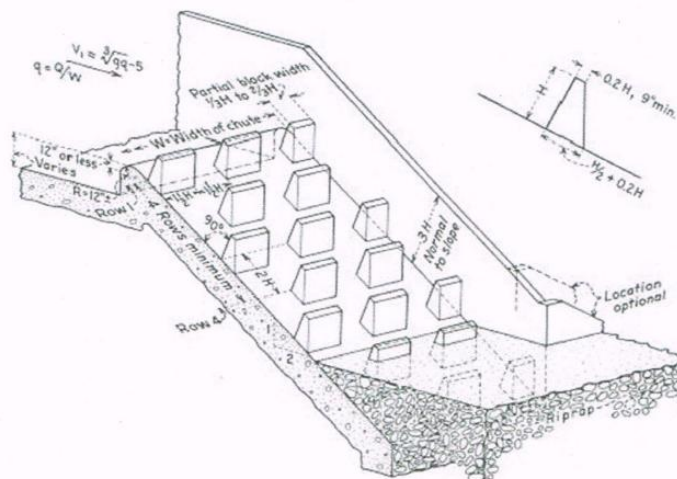
Aerasi adalah pengaliran udara dalam air untuk meningkatkan kandungan oksigen dengan memancarkan air atau melewatkan gelembung udara ke dalam air sehingga oksigen terlarut di dalam air semakin tinggi. Tujuan utama proses aerasi adalah melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut yang ada dalam air dan melepaskan kandungan gas yang terlarut dalam air serta membantu pengadukan air.

Oksigen terlarut

Oksigen terlarut dapat berasal dari proses fotosintesis tanaman air, yang jumlahnya tidak tetap tergantung dari jumlah tanamannya dan atmosfer (udara) yang masuk ke dalam air. Konsentrasi oksigen terlarut dalam keadaan jenuh bervariasi tergantung suhu dan tekanan atmosfer. Pada suhu 20°C, tekanan 1 atm, konsentrasi oksigen terlarut dalam keadaan jenuh 9,2 ppm, sedangkan pada suhu 50°C dengan tekanan atmosfer yang sama tingkat kejenuhannya hanya 5,6 ppm.

Baffled Chute

Peredam energi tipe *baffled chute* adalah sistem peredam energi dengan membuat gigi benturan atau gigi peredam (*baffled*) di saluran peluncur (*chuteway*).



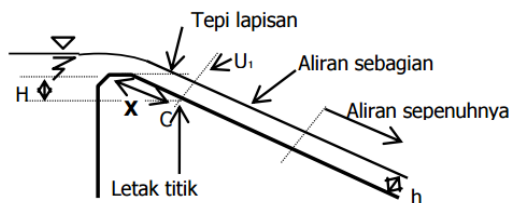
Gambar 1. Standar *Baffled Chute*

Sumber: Monter, 1998,p.364

Dapat dilihat pada Gambar 1 bahwa, gigi benturan secara teoritis akan mereduksi gaya aliran yang diakibatkan oleh aliran yang meluncur deras di sepanjang saluran peluncur menuju kolam olak utam pada hilirnya. Reduksi gaya aliran oleh baffled chute akan meringankan beban kolam olak pada hilirnya, sehingga peredaman akan berlangsung secara terus menerus dan aliran di hilir akan menjadi semakin pelan (subkritis) (Monter, 1998:364).

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. Daerah aliran yang berbeda pada pelimpah

Sumber: Raju, 1986,p.250

Dapat dilihat pada Gambar 2 Masuknya udara ke dalam aliran yang diawali dari titik C, menyebabkan kedalaman air di hilir titik tersebut akan bertambah. Dengan cara mengasumsi kecepatan udara dan kecepatan aliran sama, maka kedalaman aliran dengan pengudaraan dapat dihitung dengan persamaan (Raju, 1986,p.250).

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

Dengan:

H_{na} = kedalaman aliran tanpa pengudaraan (m)

H_b = kedalaman aliran dengan pengudaraan (m)

C_a = konsentrasi udara dalam aliran

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

C_a = konsentrasi udara teoritis rata-rata

n = koefisien kekasaran pelimpah

F_c = bilangan Froude di penampang

Menghitung Konsentrasi udara Analitis berdasarkan kemiringan, sudut, dan debit sebagai berikut:

Straub-Anderson (1960) kemiringan (Handerson, 1966,p.185):

$$C_a = (S/q^{1/5}) \dots\dots\dots(3)$$

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

$$C_a = 0,743 \log(S/q^{1/5}) + 0,876 \dots\dots\dots(4)$$

Dengan:

$S = \sin \theta$, dan

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

Anderson (1965) (Novak, 1984,p.116):

Kondisi saluran halus (*smooth channel*):

$$C_a = 0,5027 [\sin \theta/q^{2/3}]^{0,385} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan:

θ = sudut kemiringan dasar saluran terhadap gariz horizontal

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

$$C_a = 0,9 \sin \theta \dots\dots\dots(6)$$

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

$$C_a = 0,75 (\sin \theta)^{0,75} \dots\dots\dots(7)$$

Rasio Defisit

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):

$$r_{15} - 1 = 0,64 \cdot 10^{-4} \cdot F_{rj}^{1,787} \cdot R_e^{0,533} \dots\dots\dots(8)$$

$$F_{rj} = (2g)^{0,25} \cdot h^{0,75} \cdot q^{-0,5} \dots\dots\dots(9)$$

$$R_e = q \cdot (2\nu)^{-1} \dots\dots\dots(10)$$

Dengan:

r_{15} = rasio defisit pada 15°C

F_{rj} = angka Froude

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

h = ketinggian air di atas bangunan (m)

q = debit persatuan lebar (m^2/dt)

R_e = bilangan Reynold

ν = viskositas kinematis

Efisiensi Oksigen

Efisiensi aerasi menunjukkan transfer oksigen penuh dalam air. Karena suhu akan memainkan peran penting dalam mekanisme transfer massa dan efisiensi aerasi perlu dikonversi berdasarkan suhu standar. Dan dapat juga menggunakan persamaan hubungan dari Gulliver, Thene, dan Rindels (1990) (Wilhelms, 1993):

$$E = \frac{c_d - c_u}{c_s - c_u} \dots\dots\dots(11)$$

$$E_{20} = 1 - (1 - E_T)^{1/f_T} \dots\dots\dots(12)$$

$$f_T = 1 + 0,02103 (T - 20) + 8,261 \cdot 10^{-5} (T - 20)^2 \dots\dots\dots(13)$$

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*)

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

- a. Untuk $(D + 1,5H_c) \leq 1,2$ m dan $q \leq 235$ m³/jam/m

$$\ln r_{20} = 0,0785 (D + 1,5H_c)^{1,31} \cdot q^{0,428} \cdot H^{0,31} \dots\dots\dots(14)$$

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

- b. Untuk $D + 1,5H_c > 1,2$ m dan $q \leq 235$ m³/jam/m

$$\ln r_{20} = 0,0861 (D + 1,5H_c)^{0,816} \cdot q^{0,428} \cdot H^{0,31} \dots\dots\dots(15)$$

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

- c. Untuk $(D + 1,5H_c) \leq 1,2$ m dan $q > 235$ m³/jam/m

$$\ln r_{20} = 5,39 (D + 1,5H_c)^{1,31} \cdot q^{-0,363} \cdot H^{0,31} \dots\dots\dots(16)$$

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

- d. Untuk $(D + 1,5H_c) > 1,2$ m dan

$$q > 235 \text{ m}^3/\text{jam/m}$$

$$\ln r_{20} = 5,92 (D + 1,5H_c)^{0,816} \cdot q^{-0,363} \cdot H^{0,31} \dots\dots\dots(17)$$

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

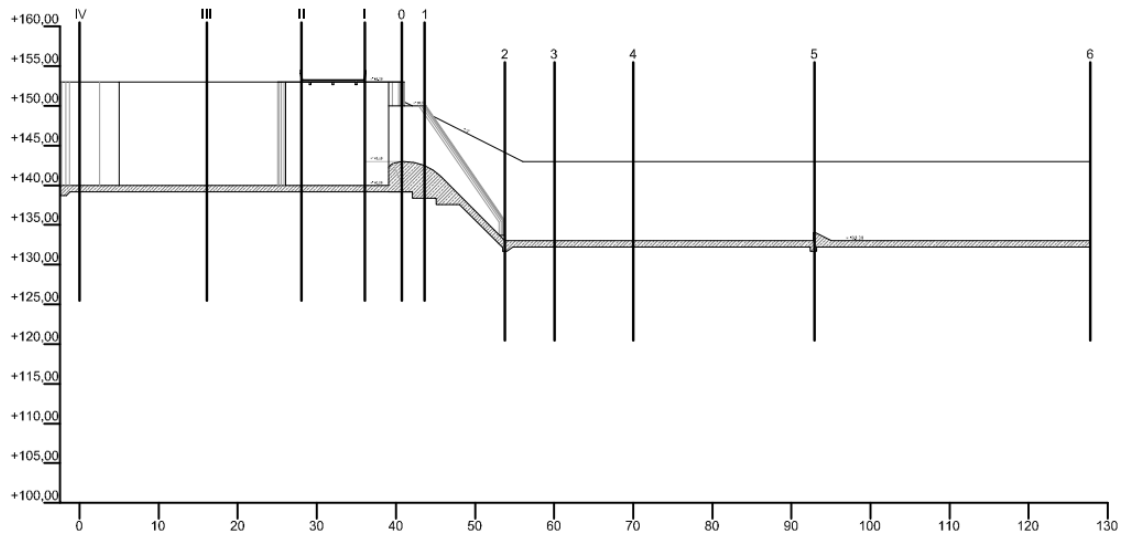
Rancangan Pengujian

- a. *Final design* yang ada dimana pengukuran DO *final design* bendungan (seri 0).
- b. Modifikasi saluran peluncur 2 di hilir dengan *buffled chute* dimana pengukuran DO *alternative design*, kombinasi *buffled chute* dengan kolam olak USBR Tipe II modifikasi (seri I).
- c. Modifikasi kolam olak 2 di hilir dengan kolam olak datar dengan kondisi di hilirnya menggunakan kemiringan negatif, pengukuran DO kondisi kombinasi *buffled chute* dengan kolam olak datar (seri II)
- d. Modifikasi kolam olak 2 di hilir dengan kolam olak datar dengan kondisi di hilirnya menggunakan kemiringan negatif, pengukuran DO kondisi kombinasi *buffled chute* ukuran berbeda dengan kolam olak datar (seri III)
- e. Modifikasi saluran peluncur 2 di hilir meter dimana pengukuran DO *alternative design*, kombinasi *buffled chute* ukuran berbed dengan kolam olak USBR Tipe II modifikasi (seri IV)

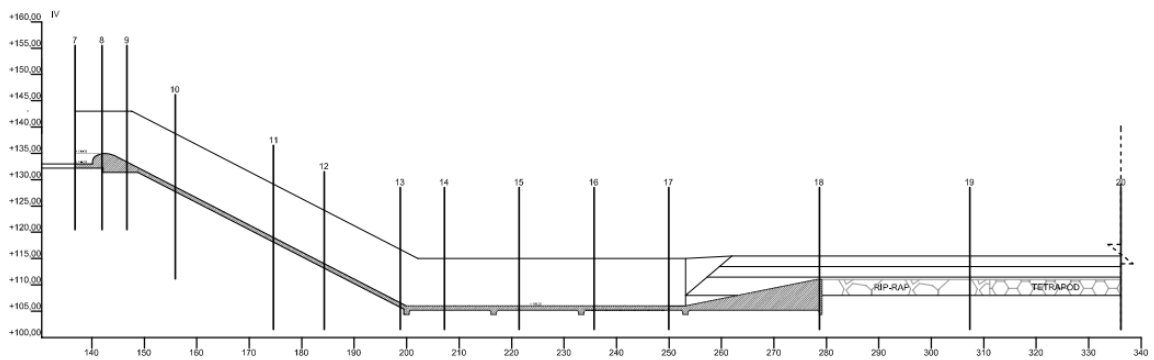
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemasukan Udara dan Konsentrasi Udara

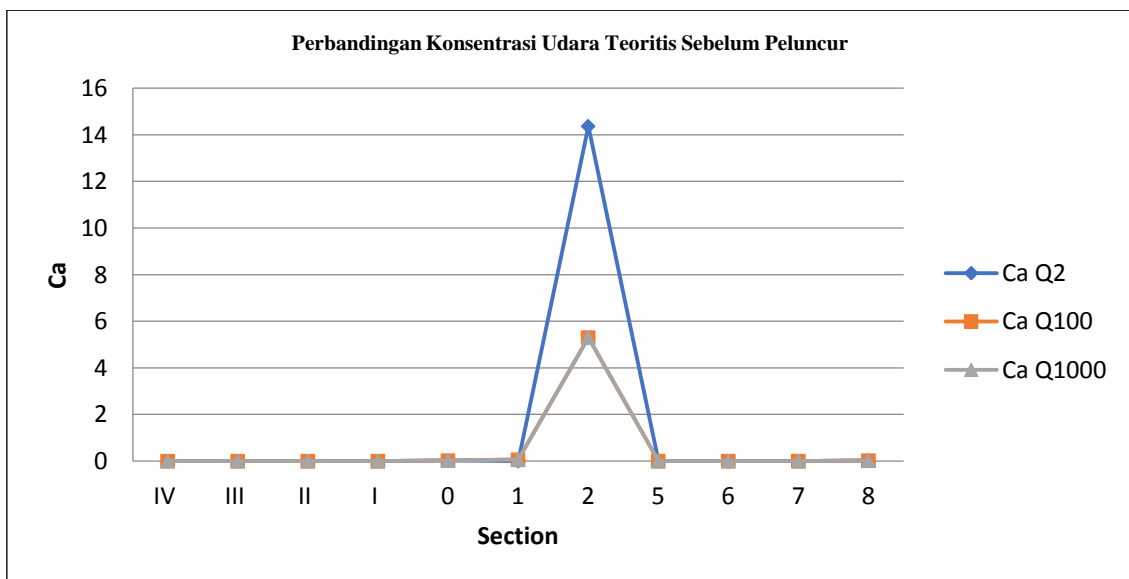
Berdasarkan dari Gangadhariah, dkk (1970) dalam Raju (1968) merumuskan besarnya konsentrasi udara udara dalam aliran dipengaruhi faktor kedalaman, kecepatan, *Froude* dan kekasaran saluran yang mempengaruhi sistem pelimpah seperti pada peluncur. Perbandingan konsentrasi Udara analitis sebelum peluncur dapat dilihat pada Gambar 3:



Gambar 3. Nomer Section IV sampai 6

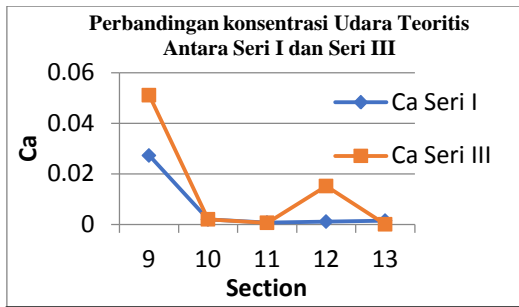


Gambar 4. Nomer Section 7 sampai 20



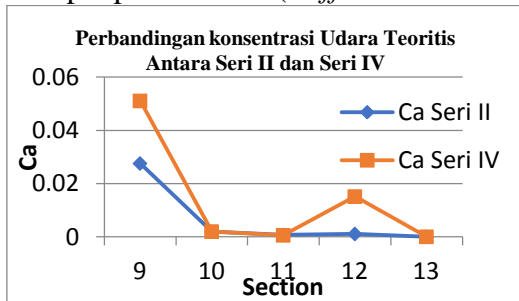
Gambar 5. Perbandingan Konsentrasi Udara Teoritis Sebelum Peluncur

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa terjadi fluktuasi signifikan dikarenakan section 2 berada pada pelimpah.



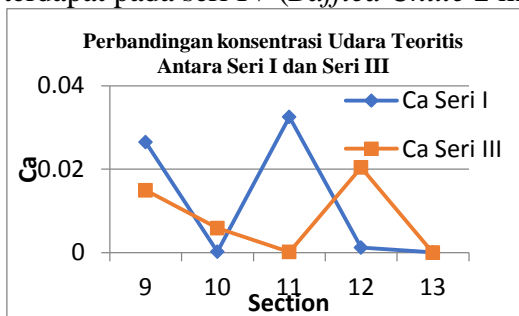
Gambar 6. Perbandingan Konsentrasi Udara Teoritis Q_2 antara Seri I (BF 3 m) dan Seri III (BF 2 m).

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa perbandingan konsentrasi udara teoritis pada Q_2 di peluncur nilai tertinggi terdapat pada seri III (*Baffled Chute* 2 m).



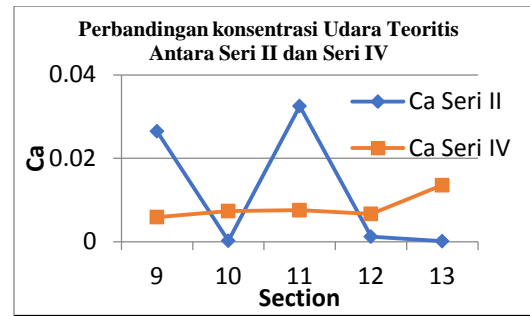
Gambar 7. Perbandingan Konsentrasi Udara Teoritis Q_2 antara Seri II (BF 3 m) dan Seri IV (BF 2 m).

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa perbandingan konsentrasi udara teoritis pada Q_2 di peluncur nilai tertinggi terdapat pada seri IV (*Baffled Chute* 2 m).



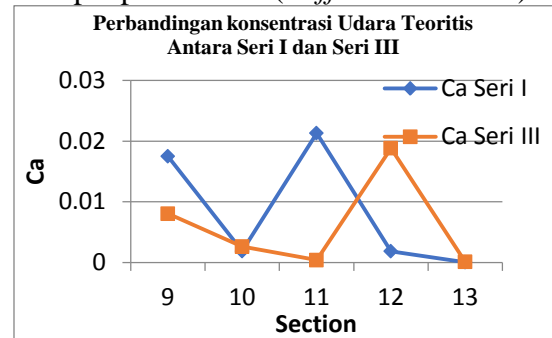
Gambar 8. Perbandingan Konsentrasi Udara Teoritis Q_{100} antara Seri I (BF 3 m) dan Seri III (BF 2 m).

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa perbandingan konsentrasi udara teoritis pada Q_{100} di peluncur nilai tertinggi terdapat pada seri I (*Baffled Chute* 3 m).



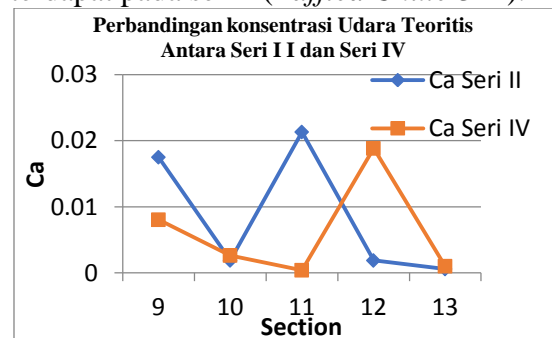
Gambar 9. Perbandingan Konsentrasi Udara Teoritis Q_{100} antara Seri II (BF 3 m) dan Seri IV (BF 2 m).

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa perbandingan konsentrasi udara teoritis pada Q_{100} di peluncur nilai tertinggi terdapat pada seri II (*Baffled Chute* 3 m).



Gambar 10. Perbandingan Konsentrasi Udara Teoritis Q_{1000} antara Seri I (BF 3 m) dan Seri III (BF 2 m).

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa perbandingan konsentrasi udara teoritis pada Q_{1000} di peluncur nilai tertinggi terdapat pada seri I (*Baffled Chute* 3 m).



Gambar 11. Perbandingan Konsentrasi Udara Teoritis Q_{1000} antara Seri II (BF 3 m) dan Seri IV (BF 2 m).

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa perbandingan konsentrasi udara teoritis pada Q_{1000} di peluncur nilai tertinggi terdapat pada seri II (*Baffled Chute* 3 m).

Berdasarkan Straub-Anderson (1960) dan ASCE Task Comitte (1961) dalam (Handerson,1966,p.185) merumuskan besar konsentrasi udara dipengaruhi akibat kemiringan sudut dan debit. Kemudian berdasarkan Anderson (1965) dalam (Novak,1984,p.116) merumuskan besarnya konsentrasi udara dipengaruhi akibat kemiringan dan debit. Sedangkan Wood (1983) dalam (Chanson,1993-a,p.223) dan Hager (1991) dalam (Chaudhry,1993,p.258) juga merumuskan besarnya konsentrasi udara dipengaruhi akibat kemiringan sudut yang akan mempengaruhi pelimpah. Berikut ini hasil rekapitulasi perhitungan konsentrasi udara teoritis berdasarkan beberapa ahli. Rekapitulasi Konsentrasi udara teoritis berdasarkan para ahli dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Konsentrasi Udara Teoritis Berdasarkan Para Ahli

Ahli	Kala Ulang	Ca
Straub-Anderson	Q ₂	0.3428
	Q ₁₀₀	0.2946
	Q ₁₀₀₀	0.2752
ASCE	Q ₂	0.5305
	Q ₁₀₀	0.4817
	Q ₁₀₀₀	0.4596
Anderson	Q ₂	0.3771
	Q ₁₀₀	0.3283
	Q ₁₀₀₀	0.3062
Wood		0.4054
Hager		0.4124

Perhitungan Kadar Oksigen Terlarut

Pengukuran langsung kadar oksigen terlarut dalam aliran dilakukan pada saat running Q₂, Q₁₀₀ dan Q₁₀₀₀. Pengukuran kadar oksigen terlarut menggunakan alat DO Meter. Dan pengukuran ini dilakukan pada section tertentu, karena kondisi aliran yang tidak memungkinkan untuk dilakukannya pengukuran kadar oksigen terlarut. Berikut adalah hasil persentase peningkatan dan penurunan nilai kadar oksigen terlarut di setiap perlakuan. Rekapitulasi Perhitungan DO dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan DO

Kala Ulang	Seri	Presentase%
Q ₂	Seri 0	0.7800
	Seri I	1.0258
	Seri II	0.9700
	Seri III	0.8299
Q ₁₀₀	Seri IV	0.6945
	Seri 0	-0.0516
	Seri I	0.3832
	Seri II	0.4820
Q ₁₀₀₀	Seri III	0.3430
	Seri IV	0.4490
	Seri 0	0.5763
	Seri I	0.8676
	Seri II	0.8584
	Seri III	0.9352
	Seri IV	0.6051

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai kadar oksigen terlarut dalam aliran yang mengalami peningkatan tertinggi di Q₂ pada seri I (*Baffled Chute* 3 m) dan pada original design mengalami penurunan.

Perhitungan Rasio Defisit

Rasio defisit merupakan proses penurunan kadar oksigen. Rasio defisit yang dimaksud adalah perubahan kadar oksigen dari hulu ke hilir. Perhitungan rasio defisit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Rasio Defisit

no	Kala Ulang	Debit (m ³ /dt)	q (m ² /dt)	h	Fr	Re	r ₁₅
1	Q ₂	293.94	3.9192	2.88	2.25	8807191.01	2.3676
2	Q ₁₀₀	626.41	8.3521	4.78	2.25	18768838.95	3.0530
3	Q ₁₀₀₀	818.61	11.7548	6.00	2.24	26415280.90	3.4615

Dapat dilihat dari Tabel tersebut nilai rasio defisit terbesar terjadi pada Q₁₀₀₀ dan terkecil Q₂.

Perhitungan Efisiensi Transfer Gas

Efisiensi aerasi akan menunjukkan transfer oksigen penuh dalam air. Karena suhu memainkan peran penting dalam mekanisme transfer massa, dan efisiensi aerasi perlu dikonversi berdasarkan suhu standar yang ada. Gulliver et al (1990) mengembangkan hubungan berdasarkan kesamaan perpindahan massa untuk menyesuaikan efisiensi aerasi hingga mencapai suhu 20°C dan dilambangkan sebagai E₂₀. Perhitungan efisiensi transfer gas berdasarkan Gulliver, Thene, dan Rindels (1990) dapat dilihat pada Tabel 4 sampai 8.

Tabel 4. Perhitungan Efisiensi Gas Seri 0

No	Kala Ulang	Debit (m ³ /dt)	E	F	E ₂₀
1	Q ₂	293.94	0.2081	1.0995	0.2797
2	Q ₁₀₀	626.41	0.0317	1.1005	0.1201
3	Q ₁₀₀₀	818.61	0.1947	1.1094	0.2741

Tabel 5. Perhitungan Efisiensi Gas Seri I

No	Kala Ulang	Debit (m ³ /dt)	E	F	E ₂₀
1	Q ₂	293.94	0.2710	1.0975	0.3357
2	Q ₁₀₀	626.41	0.1268	1.0951	0.2027
3	Q ₁₀₀₀	818.61	0.2949	1.0975	0.3575

Tabel 6. Perhitungan Efisiensi Gas Seri II

No	Kala Ulang	Debit (m ³ /dt)	E	F	E ₂₀
1	Q ₂	293.94	0.2661	1.0946	0.3296
2	Q ₁₀₀	626.41	0.1649	1.0970	0.2388
3	Q ₁₀₀₀	818.61	0.2911	1.0995	0.3552

Tabel 7. Perhitungan Efisiensi Gas Seri III

No	Kala Ulang	Debit (m ³ /dt)	E	F	E ₂₀
1	Q ₂	293.94	0.2226	1.0987	0.2924
2	Q ₁₀₀	626.41	0.1036	1.0924	0.1794
3	Q ₁₀₀₀	818.61	0.3100	1.0961	0.3705

Tabel 8. Perhitungan Efisiensi Gas Seri IV

No	Kala Ulang	Debit (m ³ /dt)	E	F	E ₂₀
1	Q ₂	293.94	0.1823	1.1036	0.2590
2	Q ₁₀₀	626.41	0.1522	1.0965	0.2269
3	Q ₁₀₀₀	818.61	0.1909	1.0999	0.2644

Perhitungan menurut Nakasone (1987) mengkombinasikan antara variabel tinggi jatuh, debit, dan kedalaman aliran di hilir (*Tail Water Level, TWL*) untuk mencari efisiensi transfer pada bendung. Berikut rekapitulasi perhitungan efisiensi transfer gas pada persamaan/perumusan kedua dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Transfer Gas Transfer

Kala Ulang	Seri	E ₂₀
Q ₂		0.2797
Q ₁₀₀	SERI 0	0.1201
Q ₁₀₀₀		0.2741
Q ₂		0.3357
Q ₁₀₀	SERI I	0.2027
Q ₁₀₀₀		0.3575
Q ₂		0.3296
Q ₁₀₀	SERI II	0.2388
Q ₁₀₀₀		0.3552
Q ₂		0.2924
Q ₁₀₀	SERI III	0.1794
Q ₁₀₀₀		0.3705
Q ₂		0.2590
Q ₁₀₀	SERI IV	0.2269
Q ₁₀₀₀		0.2644

Dapat dilihat pada Tabel 9 bahwa nilai terbesar efisiensi gas transfer pada debit Q₁₀₀ di seri III (*Baffled Chute 2 m*) dan nilai terkecil pada debit Q₁₀₀ di *original design*.

Hasil Persamaan pertama, ketiga dan keempat efisiensi transfer sebesar 1, karena dari hasil perhitungan jika nilai $Lnr_{20} > 10$ maka nilai E₂₀ adalah 1.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada rumusan masalah yang telah dibuat, dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1a. Nilai konsentrasi udara teoritis yang dipengaruhi oleh nilai kekasaran pelimpah dan bilangan Froude. Jadi semakin besar nilai Froude, maka nilai konsentrasi udara teoritis akan besar dan sebaliknya. Dan nilai konsentrasi udara teoritis terbesar sebelum peluncur terjadi pada debit Q₂ sebesar 14,371802 dengan nilai *Froude* 9,13 karena terletak pada pelimpah. Dan nilai konsentrasi udara teoritis terkecil pada debit Q₂ sebesar 0,000041 dengan nilai *Froude* 0,13 karena terletak sebelum pelimpah. Perbandingan konsentrasi udara teoritis antara *Baffled Chute* berukuran 3 meter dan 2 meter pada Q₂ di peluncur yang mempunyai nilai

- terbesar terjadi pada seri III dan IV (*Baffled Chute 2 m*), pada Q_{100} dan Q_{1000} di peluncur yang mempunyai nilai terbesar terjadi pada seri I dan II (*Baffled Chute 3 m*),
- b. Konsentrasi udara teoritis yang dipengaruhi akibat kemiringan dan debit, sehingga nilai konsentrasi udara teoritis di setiap debit yang direncanakan akan berbeda. Pada Q_2 sebesar 0,3428, Q_{100} sebesar 0,2946, dan Q_{1000} sebesar 0,2752%.
 - c. Konsentrasi udara teoritis yang dipengaruhi oleh kemiringan dan debit, sehingga nilai konsentrasi udara teoritis di setiap debit yang direncanakan akan berbeda. Hal ini yang membedakan perumusannya, maka didapat nilai konsentrasi udara pada Q_2 0,5305, Q_{100} 0,4817, dan Q_{1000} 0,4596.
 - d. Konsentrasi udara teoritis yang dipengaruhi oleh kemiringan dan debit, sehingga nilai konsentrasi udara teoritis di setiap debit yang direncanakan akan berbeda. Hal ini yang membedakan perumusannya, maka nilai konsentrasi udara pada Q_2 0,3771, Q_{100} 0,3283%, dan Q_{1000} 0,3062.
 - e. Konsentrasi udara teoritis yang dipengaruhi oleh kemiringan, maka nilai konsentrasi udara teoritis yang didapat sebesar 0,4054.
 - f. Konsentrasi udara teoritis yang dipengaruhi oleh kemiringan yang membedakan adalah perumusannya, maka nilai konsentrasi udara sebesar 0,4124.
2. Dari hasil pengukuran langsung kadar oksigen terlarut dalam aliran dengan menggunakan alat DO Meter. Pada Q_2 yang mengalami peningkatan terbesar adalah seri I (*Baffled Chute 3 m*) 1,0258% yang mengalami peningkatan terkecil seri IV (*Baffled Chute 2 m*) sebesar 0,6945%. Pada debit Q_{100} mengalami peningkatan terbesar adalah seri II (*Baffled Chute 3 m*) sebesar 0,4820% dan pada *original design* telah mengalami penurunan sebesar -0,0516 %. Debit Q_{1000} telah mengalami prosentase peningkatan terbesar pada seri III (*Baffled Chute 2 m*) sebesar 0,9352 % yang terkecil pada *original design* 0,5763 %.
 3. Untuk nilai rasio defisit pada temperatur r_{15} yang terbesar pada Q_{1000} dengan nilai sebesar 3,4615 dan yang terkecil pada Q_2 sebesar 2,3676. Untuk nilai efisiensi transfer yang dipengaruhi koefisien indeks, suhu, konsentrasi oksigen jenuh, dihulu, dan dihilir di dapat nilai terbesar pada Q_{1000} di seri III sebesar 0,3705 dan nilai terkecil pada Q_{100} di seri III sebesar 0,1794. Nilai efisiensi transfer yang dipengaruhi ketinggian terjunan, kedalaman air kritis, debit persatuan lebar, dan TWL, jika nilai $r_{20} > 10$ maka nilai E_{20} sebesar 1. Jika nilai $r_{20} < 10$ maka nilai E_{20} 0,9.

DAFTAR PUSTAKA

- Avery, 1976. *The Transfer of Oxygen From Air Entrained By Jets Entering A Free Water Recipient. Tesis.* Newcastle: University of Newcastle Upon Tyne Departement Of Civil Engineering.
- Chanson, H. (1993-a). *Self Flows on Chutes and Spillways.* Journal of Hydrolic Engineering 119, 220-243.
- Chanson, H. (1993-b). *Stepped Spillway Flows and Air Entrainment.* Canadian Journal of Civil Engineering Vol. 20, No.3, 422-435.
- Chaudhry, M. Hanif. 1993. *Open-Channel Flow Second Edision.* University of South Carolina. Columbia, SC 29208. 1993:258.
- Chow, Ven Te. 1989. *Hidrolika Saluran Terbuka.* Jakarta: Erlangga.
- Gulliver. J. S. & Rindels, A. J. 1993. *Maesurement of Air-Water Oxygen Transfer at Hydraulic Engineering* 119, 327-349.
- Henderson, 1966. *Open Channel.* Macmillan. Pub: Co., Inc.
- Montes, Sergio. 1998. *Hydrolics of Open Channel Flow,* ASCE Press

Reston. USA.

Novak, Joseph D. 1984. *Learning How To Learn*. Cambridge University.

Raju K. G. R. Aliran Melalui Saluran Terbuka, Terjemahan Yan Piter Pangaribuan. Jakarta: Erlangga.

Wilhelms, S.C. and L.I. Yates. 1995. *Improvement of reservoir releases by aeration. Water Quality Technical Note MS-01. U.S. Army Corps of Engineers. Vicksburg. MS.*