

KAJIAN ENERGI SPESIFIK PADA BENDUNG BERTANGGA DENGAN VARIASI KEMIRINGAN HULU PADA SALURAN PERSEGI

Benyamin Maneek¹⁾, Suhudi²⁾, Pamela Dinar Rahma³⁾

Fakultas, Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang.

Email : ¹benyaminmanek8@gmail.com, ²suhudisuhudi@yahoo.co.id, ³pamela.dinar@unitri.ac.id

ABSTRACT

Open channel flow is an open channel flow that is under the influence of the earth's gravity, the method used is the primary method that is measured, namely the water level, the speed of the froude number The purpose of the study is to determine the effect of water level, speed, froude number What is the specific energy in the presence of variations in the slope of the weir and know the effect of specific energy that occurs in each slope of the weir with variations in discharge, The results are as follows: Subcritical froude number flow type has no effect, the specific energy that occurs is: Q1 5.7435m, Q2 6.0225m and at Q3 6.3832m.

Keywords: Specific Energy in Ladder Weirs

1. PENDAHULUAN

Saluran terbuka dapat terjadi dalam bentuk yang bervariasi cukup besar, mulai dari aliran di atas permukaan tanah yang terjadi pada saat hujan, sampai aliran dengan kedalaman konstan dalam saluran buatan, Permasalahan aliran saluran terbuka banyak terdapat dalam aliran sungai, aliran saluran irigasi, aliran saluran pembuangan dan saluran lainnya yang bermacam-macam. Aliran saluran terbuka merupakan aliran saluran terbuka yang berada dibawah pengaruh gravitasi bumi, dimana air mengalir dari tempat yang tinggi ketempat yang lebih rendah.seperti yang kita ketahui bahwa untuk membuat dan memelihara pengaliran partikel-partikel air dibutuhkan energi dan harus diubah dari satu bentuk kebentuk yang lain[1].

Penelitian terdahulu yang di ambil adalah Analisa energi spesifik pada saluran terbuka dengan penambahan variasi panjang ambang lebar, Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi dari pengaruh panjang ambang lebar terhadap energi spesifik yang dihasilkan dengan variabel yang di teliti adalah untuk mendapatkan nilai Q, Dari hasil penelitianyang di pembahasan dapat disimpulkan bahwa bentuk penampang ambang lebar yang menghasilkan aliran yang efisiensi yaitu ambang lebar dengan panjang 10 cm pada aliran yang ditinjau[2][3].

Kajian karakteristik aliran terhadap bangunan pelimpah pada saluran terbuka, Adapun tujuan dari penelitian ini adalah: Mengetahui kerarakteristik aliran yang terjadi pada bangunan pelimpah tipe ogee, Mengetahui pola aliran yang terjadi pada bangunan pelimpah tipe ogee, Mengetahui energi spesifik pada bangunan pelimpah tipe ogee Pelimpah tipe ogee, Karakteristik Aliran dan Energi Spesifik[4][5][6].

Karakteristik aliran pada bangunan pelimpah tipe ogee, Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh bangunan pelimpah tipe ogee 1:1 terhadap karakteristik aliran pada saluran terbuka dan untuk mengetahui energi spesifik yang terjadi pada pelimpah tersebut, Berdasarkan pada pengukuran dan perhitungan menggunakan tiga variasi debit, dapat disimpulkan bahwa bangunan pelimpah tipe ogee 1:1 dapat mengubah aliran superkritis menjadi aliran kritis dan subkritis pada bagian hilir[7][8].

Dari hasil penelitian terdahulu yang di simpulkan bahwa dengan persamaan di atas adalah kecepatan laju air dan tinggi kedalaman air sangat mempengaruhi hasil dari energi spesifik dimana energi spesifik bergantung pada kecepatan laju air dan tinggi muka air dimana semakin tinggi muka air maka semakin rendah energi spesifik yang terjadi, Dalam hal ini kami mencoba menambahkan dan menyempurnakan hasilnya dengan berjudul "Kajian Energi Spesifik Pada Bendung Bertangga Dengan Variasi Kemiringan Hulu Pada Saluran Persegi, Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui energi spesifik pada bendung bertangga dengan variasi kemiringan hulu bendung pada saluran persegi dan menentukan aliran kritis, super kritis, dan sub kritis.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengumpulan data primer dilakukan untuk memperoleh data yang berkaitan dengan data pembahasan penelitian yang di dapat secara langsung dari sumber pertama baik individu atau perorangan, Dalam metode pengumpulan data primer peneliti melakukan observasi sendiri di lapangan maupun laboratorium, yang dapat dilakukan dengan survey atau percobaan. Pengukuran dan pengamatan dilakukan pada 3 variasi debit dan 3 variasi bendung bertangga

Benyamin Maneek, Suhudi, Pamela Dinar Rahma. KAJIAN ENERGI SPESIFIK PADA BENDUNG BERTANGGA DENGAN VARIASI KEMIRINGAN HULU PADA SALURAN PERSEGI. Jurnal Qua Teknika, (2023), 13(2): 87-104

dari setiap debit. Hal yang diukur dan diamati yaitu tinggi muka air , kecepatan dan bilangan froude pengukurab dan pengamatan dilakukan pada 18 titik di setiap posisi yang telah ditentukan, Ke 18 titik tersebut berada pada posisi 130-300 dan bendung bertangga berada pada posisi 160-80.

a. Metode Analisa Debit (Q)

Debit aliran merupakan hubungan perkalian antara kecepatan aliran dengan luas penampang basah saluran Adapun persamaan debit aliran adalah sebagai berikut [9].

$$Q = VxA.....$$

Dimana:

- Q = Debit aliran m³/det.
- V = Kecepatan aliran (m/det)
- A = Luas penampang aliran (m³)

b. Metode Analisis Kecepatan Aliran (V)

Kecepatan aliran dapat ditentukan dengan persamaan:

$$V = \frac{Q}{A}.....$$

Dimana:

- V = kecepatan aliran (cm/det)
- Q = debit (m³/det)
- A = luas Penampang (m³)

c. Metode Analisis Bilangan Froude (Fr)

Akibat gaya tarik bumi terhadap keadaan aliran dinyatakan dengan perbandingan gaya inersia dengan gaya tarik bumi. Perbandingan ini ditetapkan sebagai bilangan Froude didefinisikan sebagai: Persamaan untuk menghitung nilai Froude, dapat dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:[10] [11]

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}.....$$

Dimana:

- Fr = Bilangan Froude,
- v = Kecepatan aliran (m/det)
- g = Percepatan gravitasi (m²/det)
- h = Tinggi muka air (m)

d. Metode Analisis Energi Spesifik (E)

Energi spesifik dalam suatu penampang saluran dinyatakan sebagai energi air pada setiap penampang saluran, dan diperhitungkan terhadap dasar saluran[12][13].

Sehingga untuk saluran yang kemiringannya kecil dan $\alpha = 0$, maka energi spesifik menjadi:

$$E = h + \frac{v^2}{2g^2}.....$$

Dimana:

- E= energi spesifik (m)
- H= Tinggi muka air (m)
- V= kecepatan aliran(m/dt)
- g= percepatan gaya tarik bumi (9,81 m/dt²)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran dan pengamatan dilakukan pada 3 variasi debit dan 3 variasi bendung bertangga dari setiap debit. Hal yang diukur dan diamati yaitu tinggi muka air (h), dan kecepatan (v) Pengukuran dan pengamatan dilakukan pada 18 titik.

a. Profil Muka Air Pada Q1 Untuk Kemiringan Hulu Bendung Bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3

Ketinggian air dan kecepatan air pada Q1 saat melewati bendung bertangga dapat dilihat pada tabel 1 Berdasarkan tabel 1 dapat dibuat grafik untuk menggambarkan profil muka air Q1 di bendung bertangga, Jika diamati pada gambar 1 maka akan terlihat bahwa profil muka air pada kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 memiliki pola yang sama Pada debit Q1 di bendung maka aliran mengalami peningkatan dan mengalami

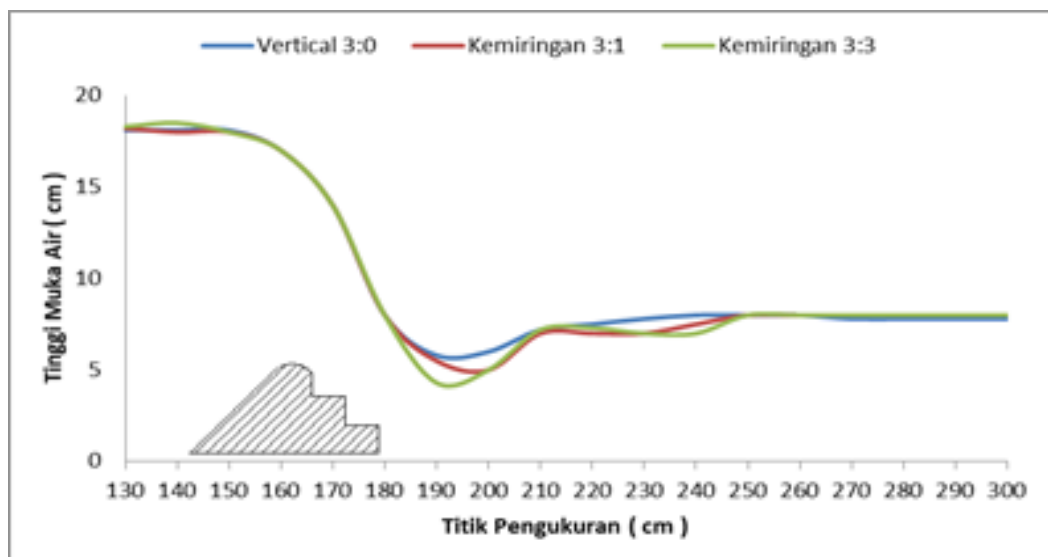
Benyamin Maneek, Suhudi, Pamela Dinar Rahma. KAJIAN ENERGI SPESIFIK PADA BENDUNG BERTANGGA DENGAN VARIASI KEMIRINGAN HULU PADA SALURAN PERSEGI. Jurnal Qua Teknik, (2023), 13(2): 87-104

penurunan pada saat melewati mercu bendung bertangga, kemudian mengalami loncatan hingga konstan. Pada debit yang sama di kemiringan hulu bendung bertangga 3:3 panjang loncatannya lebih panjang dibandingkan kemiringan hulu bendung bertangga 3:1 dan 3:0, demikian juga dengan kemiringan hulu bendung bertangga 3:1 panjang loncatannya lebih panjang dari kemiringan hulu bendung bertangga.

TABEL 1. TINGGI MUKA AIR PADA Q1

Titik	Posisi(cm)	Kondisi	HQ1(cm)		
			3;0	3;1	3;3
1	130	A	18,1	18,2	18,3
2	140		18,1	18	18,5
3	150		18,1	18,0	18,0
4	160	B	17,0	17,0	17,0
5	170		14,0	14,0	14,0
6	180		7,0	5,0	6,0
7	190	C	5,8	5,5	4,3
8	200		6,0	5,0	5,0
9	210		7,2	7,0	7,2
10	120		7,5	7,0	7,3
11	230		7,8	7,0	7,0
12	240		8,0	7,5	7,0
13	250		8,0	8,0	8,0
14	260		8,0	8,0	8,0
15	270		7,8	8,0	8,0
16	280		7,8	8,0	8,0
17	290		7,8	8,0	8,0
18	300	7,8	8,0	8,0	

Sumber: Hasil Pengukuran, 2023

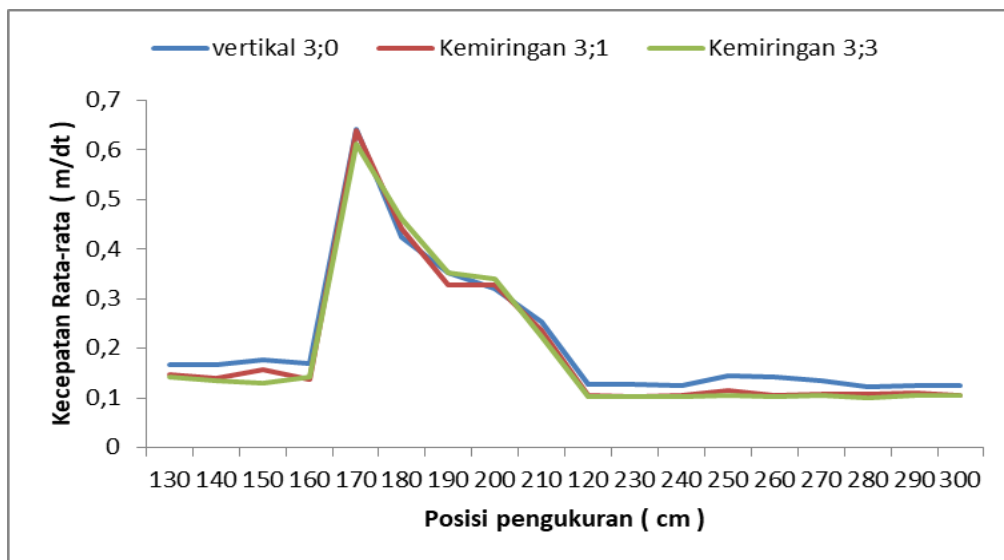


GAMBAR 1. TINGGI MUKA AIR PADA Q1

TABEL 2. KECEPATAN AIR PADA Q1

Titik	Posisi(cm)	Kondisi	VQ1(m/dt)		
			3;0	3;1	3;3
1	130	A	0,168	0,148	0,143
2	140		0,168	0,141	0,135
3	150		0,178	0,156	0,129
4	160	B	0,169	0,137	0,143
5	170		0,642	0,639	0,612
6	180		0,424	0,441	0,462
7	190	C	0,352	0,327	0,353
8	200		0,321	0,327	0,341
9	210		0,253	0,236	0,224
10	120		0,127	0,104	0,102
11	230		0,128	0,102	0,103
12	240		0,125	0,106	0,102
13	250		0,145	0,116	0,105
14	260		0,143	0,104	0,102
15	270		0,135	0,108	0,104
16	280		0,123	0,107	0,101
17	290		0,126	0,109	0,104
18	300		0,124	0,104	0,105

Sumber: Hasil Pengukuran, 2023



GAMBAR 2. KECEPATAN AIR PADA Q1

b. Profil Muka Air Pada Q2 Untuk Kemiringan Hulu Bendung Bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3

Ketinggian air pada Q2 saat melewati bendung bertangga dapat dilihat pada tabel 3 Berdasarkan tabel dapat dibuat grafik untuk menggambarkan profil muka air dan loncatan pada saat Q2 di bendung bertangga, Jika diamati pada gambar 3 maka akan terlihat bahwa profil muka air pada kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 memiliki pola yang sama Pada debit Q2 di bendung maka aliran mengalami peningkatan dan mengalami penurunan pada saat melewati mercu bendung bertangga, kemudian mengalami loncatan hingga konstan. Pada debit yang sama di kemiringan hulu bendung bertangga 3:3 panjang loncatannya lebih panjang

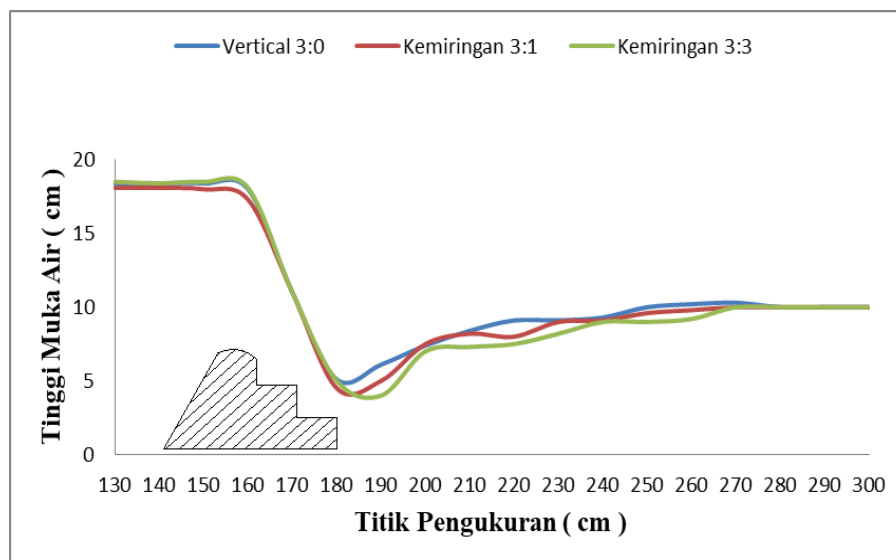
Benyamin Maneek, Suhudi, Pamela Dinar Rahma. KAJIAN ENERGI SPESIFIK PADA BENDUNG BERTANGGA DENGAN VARIASI KEMIRINGAN HULU PADA SALURAN PERSEGI. Jurnal Qua Teknika, (2023), 13(2): 87-104

dibandingkan kemiringan hulu bendung bertangga 3:1 dan 3:0, demikian juga dengan kemiringan hulu bendung bertangga.

TABEL 3. TINGGIAN MUKA AIR PADA Q2

Titik	Posisi(cm)	Kondisi	HQ2(cm)		
			3;0	3;1	3;3
1	130	A	18,4	18,1	18,5
2	140		18,4	18,1	18,4
3	150		18,4	18	18,5
4	160	B	18,0	17,3	18,1
5	170		11,0	11,0	11,0
6	180		6,9	4,1	5,3
7	190	C	6,1	5,0	4,0
8	200		7,4	7,5	7,0
9	210		8,4	8,2	7,3
10	220		9,1	8,0	7,5
11	230		9,1	9,0	8,2
12	240		9,3	9,1	9,0
13	250	10	9,6	9,0	
14	260	10,2	9,8	9,2	
15	270	10,3	10	10	
16	280	10,0	10,0	10,0	
17	290	10,0	10,0	10,0	
18	300	10,0	10,0	10,0	

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023



GAMBAR 3. TINGGI MUKA AIR PADA Q2

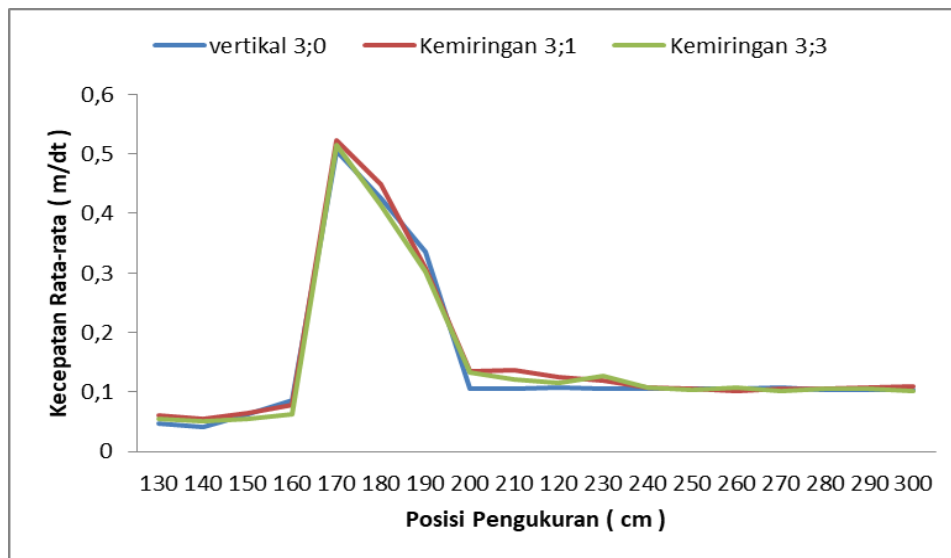
TABEL 4. CEPATAN AIR PADA Q2

Titik	Posisi(cm)	Kondisi	VQ2(m/dt)		
			3;0	3;1	3;3
1	130	A	0,047	0,061	0,054
2	140		0,042	0,054	0,051

Benyamin Maneek, Suhudi, Pamela Dinar Rahma. KAJIAN ENERGI SPESIFIK PADA BENDUNG BERTANGGA DENGAN VARIASI KEMIRINGAN HULU PADA SALURAN PERSEGI. Jurnal Qua Teknika, (2023), 13(2): 87-104

3	150		0,063	0,064	0,055
4	160		0,085	0,078	0,063
5	170	B	0,506	0,523	0,514
6	180		0,425	0,449	0,414
7	190		0,336	0,309	0,303
8	200		0,105	0,134	0,132
9	210		0,106	0,137	0,121
10	120		0,108	0,124	0,116
11	230		0,106	0,119	0,126
12	240	C	0,105	0,107	0,108
13	250		0,105	0,106	0,104
14	260		0,105	0,102	0,108
15	270		0,108	0,105	0,102
16	280		0,103	0,106	0,105
17	290		0,103	0,108	0,106
18	300		0,104	0,109	0,102

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023



GAMBAR 4. KECEPATAN AIR PADA Q2

c. Profil Muka Air Pada Q3 Untuk Kemiringan Hulu Bendung Bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3

Ketinggian air pada Q3 saat melewati bendung bertangga dapat dilihat pada tabel 5 Berdasarkan tabel dapat dibuat grafik untuk menggambarkan profil muka air dan loncatan pada saat Q3 di bendung bertangga, Jika diamati pada gambar 5 maka akan terlihat bahwa profil muka air pada kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 memiliki pola yang sama, Pada debit Q3 di bendung maka aliran mengalami peningkatan dan mengalami penurunan pada saat melewati mercu bendung bertangga, kemudian mengalami loncatan hingga konstan. Pada debit yang sama di kemiringan hulu bendung bertangga 3:3 panjang loncatannya lebih panjang dibandingkan kemiringan hulu bendung bertangga 3:1 dan 3:0, demikian juga dengan kemiringan hulu bendung bertangga 3:1 panjang loncatannya lebih panjang dari kemiringan hulu bendung bertangga 3:0.

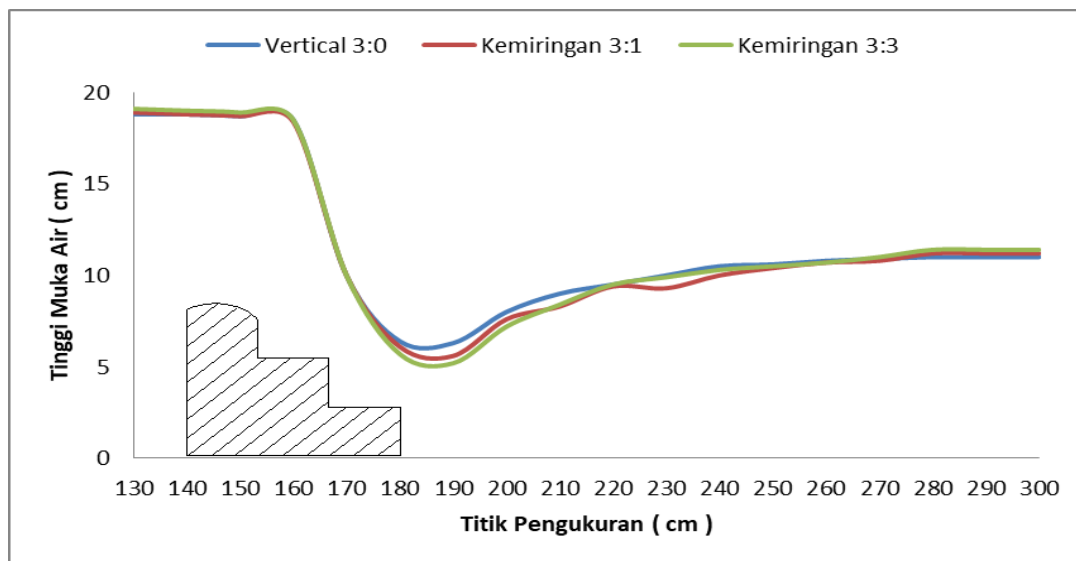
TABEL 5. TINGGIAN MUKA AIR PADA Q3

Titik	Posisi(cm)	Kondisi	HQ3(cm)		
			3;0	3;1	3;3
1	130	A	18,8	18,9	19,1
2	140		18,8	18,8	19,0

Benyamin Maneek, Suhudi, Pamela Dinar Rahma. KAJIAN ENERGI SPESIFIK PADA BENDUNG BERTANGGA DENGAN VARIASI KEMIRINGAN HULU PADA SALURAN PERSEGI. *Jurnal Qua Teknika*, (2023), 13(2): 87-104

3	150		18,7	18,7	18,9
4	160		18,5	18,4	18,5
5	170	B	10,0	10,0	10,0
6	180		6,4	6,1	5,7
7	190		6,3	5,6	5,2
8	200		8,0	7,6	7,2
9	210		9,0	8,3	8,4
10	220		9,5	9,4	9,5
11	230		10,0	9,3	9,9
12	240		10,5	10	10,3
13	250	C	10,6	10,4	10,5
14	260		10,8	10,7	10,7
15	270		10,9	10,8	11
16	280		11,0	11,2	11,4
17	290		11,0	11,2	11,4
18	300		11,0	11,2	11,4

Sumber: Hasil Pengukuran, 2023



GAMBAR 5. TINGGI MUKA AIR PADA Q3

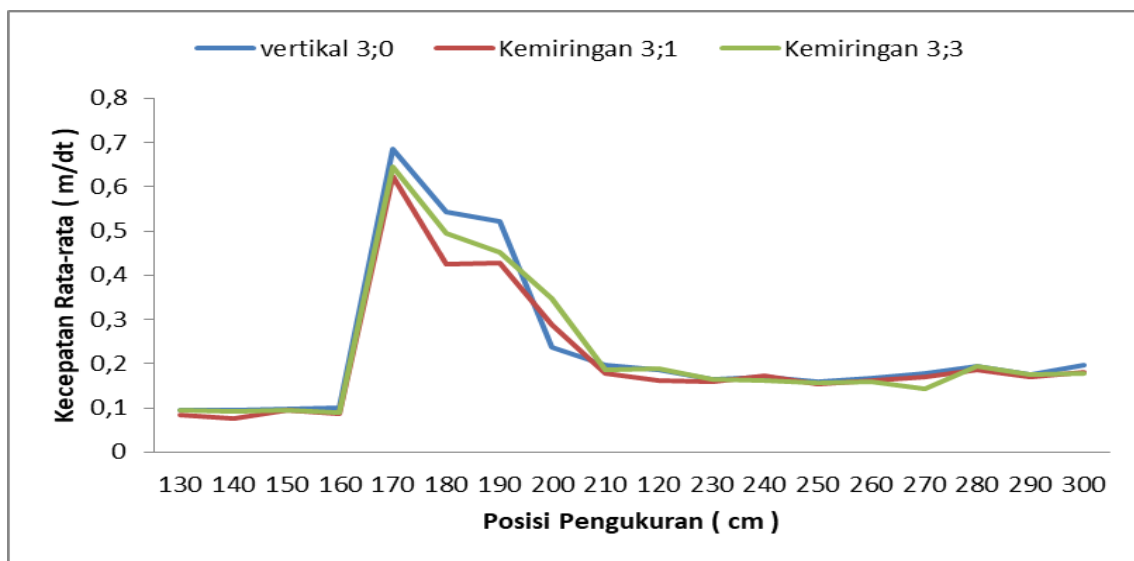
TABEL 6. KECEPATAN AIR PADA Q3

Titik	Posisi(cm)	Kondisi	VQ3(m/dt)		
			3;0	3;1	3;3
1	130	A	0,094	0,084	0,095
2	140		0,096	0,075	0,092
3	150		0,098	0,094	0,095
4	160	B	0,099	0,086	0,089
5	170		0,686	0,623	0,645
6	180		0,544	0,426	0,495
7	190	C	0,521	0,428	0,452
8	200		0,237	0,289	0,346

Benyamin Maneek, Suhudi, Pamela Dinar Rahma. KAJIAN ENERGI SPESIFIK PADA BENDUNG BERTANGGA DENGAN VARIASI KEMIRINGAN HULU PADA SALURAN PERSEGI. *Jurnal Qua Teknika*, (2023), 13(2): 87-104

9	210	0,197	0,178	0,185
10	120	0,186	0,163	0,189
11	230	0,164	0,159	0,165
12	240	0,169	0,173	0,161
13	250	0,158	0,153	0,156
14	260	0,168	0,161	0,158
15	270	0,179	0,171	0,143
16	280	0,194	0,187	0,195
17	290	0,174	0,169	0,175
18	300	0,196	0,182	0,179

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023



GAMBAR 6. KECEPATAN AIR PADA Q3

A. Hasil Perhitungan dan Analisis

Pada saat aliran mengalami suatu fenomena pada bendung bertangga maka banyak sekali perubahan yang terjadi, Perubahan tersebut diantaranya yaitu ketinggian muka air dan kecepatan, Ketinggian muka air dan kecepatan yang berubah mengakibatkan terjadinya perubahan jenis aliran dan energi pada aliran tersebut, Untuk mengetahui bagaimana perubahan jenis aliran dan energi pada suatu aliran maka digunakan rumus Bilangan Froude dan Energi Spesifik.

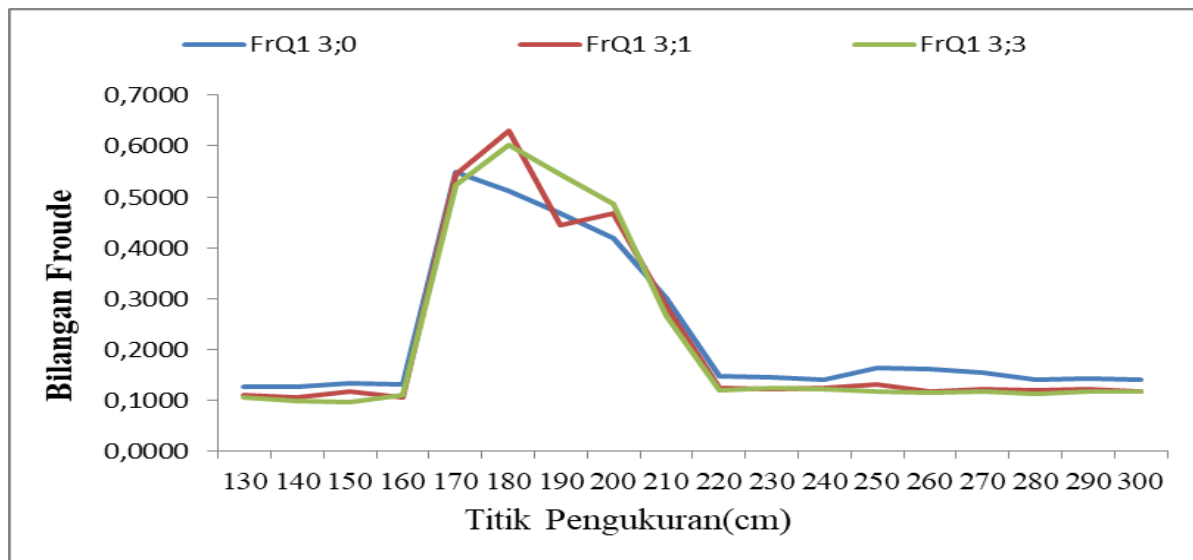
1. Bilangan Froude Pada Q1 Untuk Kemiringan Hulu Bendung Bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3

Bilangan Froude pada Q1 untuk kemiringan bendung bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3 dapat dilihat pada tabel 7 Berdasarkan tabel 7 dibuat grafik pada gambar 7 untuk menggambarkan bilangan froude pada Q1 di setiap kondisi, Jika diamati pada gambar 7 maka akan terlihat bahwa bilangan froude dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 memiliki aliran yang sama di titik 140 di hulu bendung bertangga dan Pada saat aliran melewati bendung bertangga bilangan froude pada Q1 mengalami perubahan pada tinggi loncatan air di titik 180 Setelah aliran air melewati bendung bertangga. Bilangan Froude pada Q1 di hilir bendung bertangga pada titik 270 adalah sama bentuknya hingga mendekati konstan.

TABEL 7. BILANGAN FROUDE PADA Q1

Titik	Posisi(cm)	Kondisi	Bilangan froude Q1					
			3;0	Jenis Aliran	3;1	Jenis Aliran	3;3	Jenis Aliran
1	130	A	0,0126	Subkritis	0,0111	Subkritis	0,0107	Subkritis
2	140		0,0126	Subkritis	0,0106	Subkritis	0,0100	Subkritis
3	150		0,0134	Subkritis	0,0117	Subkritis	0,0097	Subkritis
4	160	B	0,0131	Subkritis	0,0106	Subkritis	0,0111	Subkritis
5	170		0,0548	Subkritis	0,0545	Subkritis	0,0522	Subkritis
6	180		0,0512	Subkritis	0,0630	Subkritis	0,0602	Subkritis
7	190	C	0,0467	Subkritis	0,0445	Subkritis	0,0544	Subkritis
8	200		0,0418	Subkritis	0,0467	Subkritis	0,0487	Subkritis
9	210		0,0301	Subkritis	0,0285	Subkritis	0,0267	Subkritis
10	120	C	0,0148	Subkritis	0,0126	Subkritis	0,0121	Subkritis
11	230		0,0146	Subkritis	0,0123	Subkritis	0,0124	Subkritis
12	240		0,0141	Subkritis	0,0124	Subkritis	0,0123	Subkritis
13	250		0,0164	Subkritis	0,0131	Subkritis	0,0119	Subkritis
14	260		0,0161	Subkritis	0,0117	Subkritis	0,0115	Subkritis
15	270		0,0154	Subkritis	0,0122	Subkritis	0,0117	Subkritis
16	280		0,0141	Subkritis	0,0121	Subkritis	0,0114	Subkritis
17	290		0,0144	Subkritis	0,0123	Subkritis	0,0117	Subkritis
18	300		0,0142	Subkritis	0,0117	Subkritis	0,0119	Subkritis

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023



GAMBAR 7. BILANGAN FROUDE PADA Q1

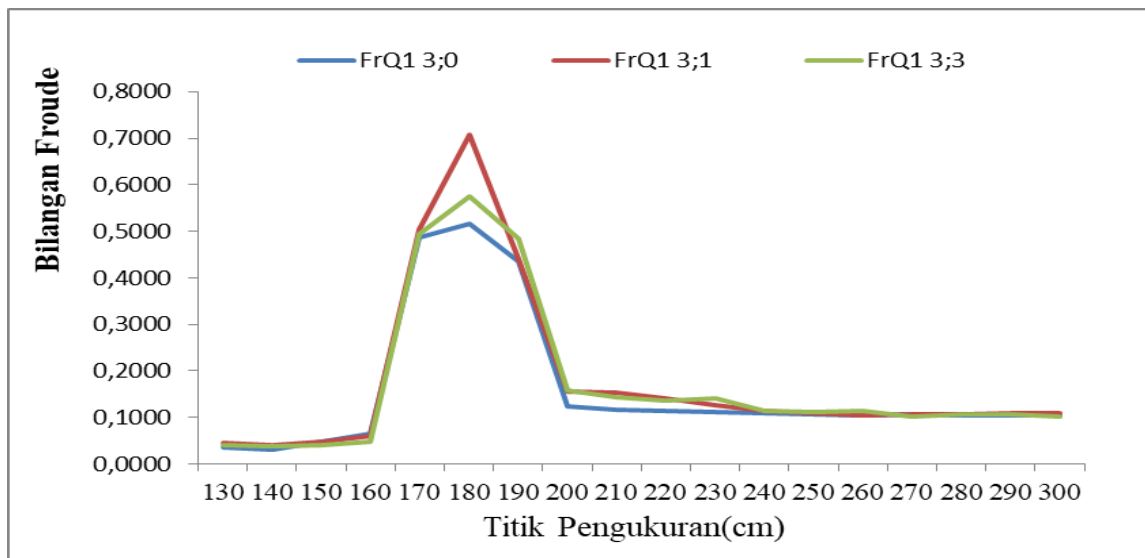
2. Bilangan Froude Pada Q2 Untuk Kemiringan Hulu Bendung Bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3

Bilangan Froude pada Q2 untuk kemiringan bendung bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3 dapat dilihat pada tabel 8 Berdasarkan tabel 8 dibuat grafik pada gambar 8 Untuk menggambarkan bilangan froude pada Q1 di setiap kondisi, Jika diamati pada gambar 8 maka akan terlihat bahwa bilangan froude dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 memiliki aliran yang sama di titik 140 di hulu bendung bertangga dan Pada saat aliran melewati bendung bertangga bilangan froude pada Q2 mengalami perubahan pada tinggi loncatan air di titik 180 Setelah aliran air melewati bendung bertangga, Bilangan Froude pada Q2 di hilir bendung bertangga pada titik 270 adalah sama bentuknya hingga mendekati konstan.

TABEL 8. BILANGAN FROUDE PADA Q2

Titik	Posisi(cm)	Kondisi	Bilangan froude Q2					
			3;0	Jenis Aliran	3;1	Jenis Aliran	3;3	Jenis Aliran
1	130	A	0,0035	Subkritis	0,0046	Subkritis	0,0040084	Subkritis
2	140		0,0031	Subkritis	0,0041	Subkritis	0,003796	Subkritis
3	150		0,0047	Subkritis	0,0048	Subkritis	0,0040827	Subkritis
4	160	B	0,0064	Subkritis	0,0060	Subkritis	0,0047279	Subkritis
5	170		0,0487	Subkritis	0,0503	Subkritis	0,0494803	Subkritis
6	180		0,0517	Subkritis	0,0708	Subkritis	0,0574153	Subkritis
7	190	C	0,0434	Subkritis	0,0441	Subkritis	0,0483702	Subkritis
8	200		0,0123	Subkritis	0,0156	Subkritis	0,0159291	Subkritis
9	210		0,0117	Subkritis	0,0153	Subkritis	0,0142985	Subkritis
10	120		0,0114	Subkritis	0,0140	Subkritis	0,0135236	Subkritis
11	230		0,0112	Subkritis	0,0127	Subkritis	0,0140485	Subkritis
12	240		0,0110	Subkritis	0,0113	Subkritis	0,0114939	Subkritis
13	250		0,0106	Subkritis	0,0109	Subkritis	0,0110682	Subkritis
14	260		0,0105	Subkritis	0,0104	Subkritis	0,0113683	Subkritis
15	270		0,0107	Subkritis	0,0106	Subkritis	0,0102983	Subkritis
16	280		0,0104	Subkritis	0,0107	Subkritis	0,0106012	Subkritis
17	290		0,0104	Subkritis	0,0109	Subkritis	0,0107022	Subkritis
18	300		0,0105	Subkritis	0,0110	Subkritis	0,0102983	Subkritis

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023



GAMBAR 8. BILANGAN FROUDE PADA Q2

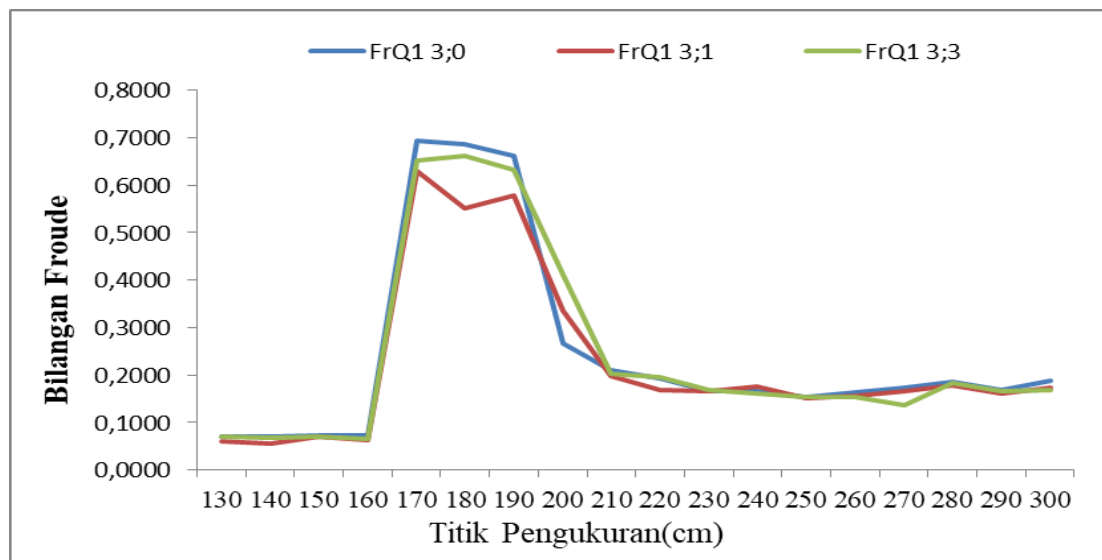
3. Bilangan Froude Pada Q3 Untuk Kemiringan Hulu Bendung Bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3

Bilangan Froude pada Q3 untuk kemiringan bendung bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3 dapat dilihat pada tabel 9 Berdasarkan tabel 9 dibuat grafik pada gambar 9 untuk menggambarkan Bilangan Froude pada Q3 di setiap kondisi. Jika diamati pada gambar 9 maka akan terlihat bahwa Bilangan Froude dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 memiliki aliran yang sama di titik 140 di hulu bendung bertangga dan Pada saat aliran melewati bendung bertangga bilangan froude pada Q3 mengalami perubahan pada tinggi loncatan air di titik 180, Setelah aliran air melewati bendung bertangga, Bilangan Froude pada Q3 di hilir bendung bertangga pada titik 270 adalah sama bentuknya hingga mendekati konstan.

TABEL 9. BILANGAN FROUDE PADA Q3

Titik	Posisi(cm)	Kondisi	Bilangan froude Q3					
			3;0	Jenis Aliran	3;1	Jenis Aliran	3;3	Jenis Aliran
1	130	A	0,0069	Subkritis	0,0062	Subkritis	0,0069	Subkritis
2	140		0,0071	Subkritis	0,0055	Subkritis	0,0067	Subkritis
3	150		0,0072	Subkritis	0,0069	Subkritis	0,0070	Subkritis
4	160	B	0,0073	Subkritis	0,0064	Subkritis	0,0066	Subkritis
5	170		0,0693	Subkritis	0,0629	Subkritis	0,0651	Subkritis
6	180		0,0687	Subkritis	0,0551	Subkritis	0,0662	Subkritis
7	190	C	0,0663	Subkritis	0,0577	Subkritis	0,0633	Subkritis
8	200		0,0268	Subkritis	0,0335	Subkritis	0,0412	Subkritis
9	210		0,0210	Subkritis	0,0197	Subkritis	0,0204	Subkritis
10	120		0,0193	Subkritis	0,0170	Subkritis	0,0196	Subkritis
11	230		0,0166	Subkritis	0,0166	Subkritis	0,0167	Subkritis
12	240		0,0167	Subkritis	0,0175	Subkritis	0,0160	Subkritis
13	250		0,0155	Subkritis	0,0151	Subkritis	0,0154	Subkritis
14	260		0,0163	Subkritis	0,0157	Subkritis	0,0154	Subkritis
15	270		0,0173	Subkritis	0,0166	Subkritis	0,0138	Subkritis
16	280	0,0187	Subkritis	0,0178	Subkritis	0,0184	Subkritis	
17	290	0,0168	Subkritis	0,0161	Subkritis	0,0165	Subkritis	
18	300	0,0189	Subkritis	0,0174	Subkritis	0,0169	Subkritis	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023



GAMBAR 9. BILANGAN FROUDE PADA Q3

B. Energi Spesifik (E)

Energi spesifik dalam suatu penampang saluran dinyatakan sebagai energi air pada setiap penampang saluran dan diperhitungkan terhadap dasar saluran,

1. Energi Spesifik Pada Q1 Untuk Kemiringan Hulu Bendung Bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3

Energi spesifik pada debit Q1 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 dapat dilihat pada tabel 10. Berdasarkan tabel 10 dibuat grafik pada gambar 10 Untuk menggambarkan energi spesifik pada debit Q1

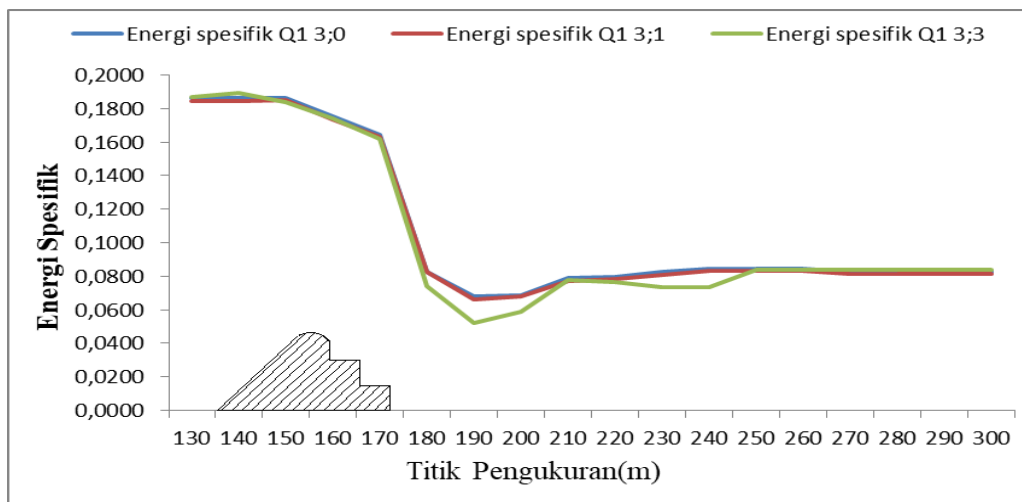
Benyamin Maneek, Suhudi, Pamela Dinar Rahma. KAJIAN ENERGI SPESIFIK PADA BENDUNG BERTANGGA DENGAN VARIASI KEMIRINGAN HULU PADA SALURAN PERSEGI. Jurnal Qua Teknika, (2023), 13(2): 87-104

dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 jika di amati pada gambar 13 maka akan terlihat bahwa energi spesifik pada debit Q1 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 memiliki aliran air yang sama pada titik 140 di bagian hulu bendung bertangga dan pada saat aliran melewati bendung bertangga energi spesifik pada debit Q1 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 mengalami perubahan pada tinggi loncatan air di kemiringan 3:3 di titik 180-190, Setelah aliran air melewati bendung bertangga. Energi Spesifik pada debit Q1 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 di hilir bendung bertangga pada titik 270 adalah sama bentuknya dan mendekati konstan.

TABEL 10. ENERGI SPESIFIK PADA Q1

Titik	Posisi (cm)	Kondisi	Energi spesifik Q1		
			3;0	3;1	3;3
1	130	A	0,1860	0,1847	0,1871
2	140		0,1860	0,1846	0,1890
3	150		0,1862	0,1848	0,1839
4	160	B	0,1750	0,1735	0,1741
5	170		0,1646	0,1634	0,1621
6	180		0,0827	0,0825	0,0739
7	190	C	0,0679	0,0660	0,0524
8	200		0,0688	0,0680	0,0590
9	210		0,0788	0,0774	0,0776
10	220		0,0794	0,0781	0,0766
11	230		0,0824	0,0811	0,0736
12	240		0,0844	0,0831	0,0736
13	250		0,0846	0,0832	0,0836
14	260		0,0846	0,0831	0,0836
15	270		0,0825	0,0811	0,0836
16	280	0,0823	0,0811	0,0836	
17	290	0,0824	0,0812	0,0836	
18	300	0,0824	0,0811	0,0836	
Energi spesifik Rata-rata perlakuan			1,9410	1,9179	1,8846
Energi spesifik Rata-rata			5,7435		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023



GAMBAR 10. ENERGI SPESIFIK Q1

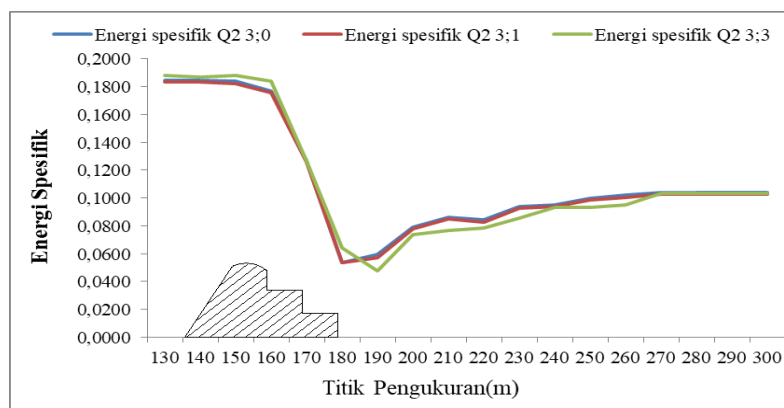
2. Energi Spesifik Pada Q2 Untuk Kemiringan Hulu Bendung Bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3

Energi spesifik pada debit Q2 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 dapat dilihat pada tabel 11 Berdasarkan tabel 11 dibuat grafik pada gambar 11 Untuk menggambarkan energi spesifik pada debit Q2 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 jika di amati pada gambar 14 maka akan terlihat bahwa energi spesifik pada debit Q2 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 memiliki aliran air yang sama pada titik 140 di bagian hulu bendung bertangga dan pada saat aliran melewati bendung bertangga energi spesifik pada debit Q2 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 mengalami perubahan pada tinggi loncatan air di kemiringan 3:3 di titik 180-190, Setelah aliran air melewati bendung bertangga. Energi Spesifik pada debit Q2 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 di hilir bendung bertangga pada titik 270 adalah sama bentuknya dan mendekati konstan.

TABEL 11. ENERGI SPESIFIK PADA Q2

Titik	Posisi (cm)	Kondisi	Energi spesifik Q2		
			3;0	3;1	3;3
1	130	A	0,1846	0,1833	0,1878
2	140		0,1846	0,1832	0,1868
3	150		0,1837	0,1823	0,1879
4	160		0,1769	0,1754	0,1839
5	170	B	0,1266	0,1260	0,1262
6	180		0,0537	0,0534	0,0644
7	190		0,0593	0,0570	0,0474
8	200		0,0791	0,0780	0,0736
9	210	C	0,0861	0,0850	0,0764
10	220		0,0841	0,0829	0,0784
11	230		0,0941	0,0928	0,0855
12	240		0,0951	0,0937	0,0933
13	250		0,1001	0,0987	0,0933
14	260		0,1021	0,1006	0,0953
15	270		0,1041	0,1027	0,1032
16	280		0,1041	0,1027	0,1033
17	290		0,1041	0,1027	0,1033
18	300		0,1041	0,1027	0,1032
Energi spesifik Rata-rata perlakuan			2,0263	2,0030	1,9932
Energi spesifik Rata-rata			6,0225		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023



GAMBAR 11. ENERGI SPESIFIK Q2

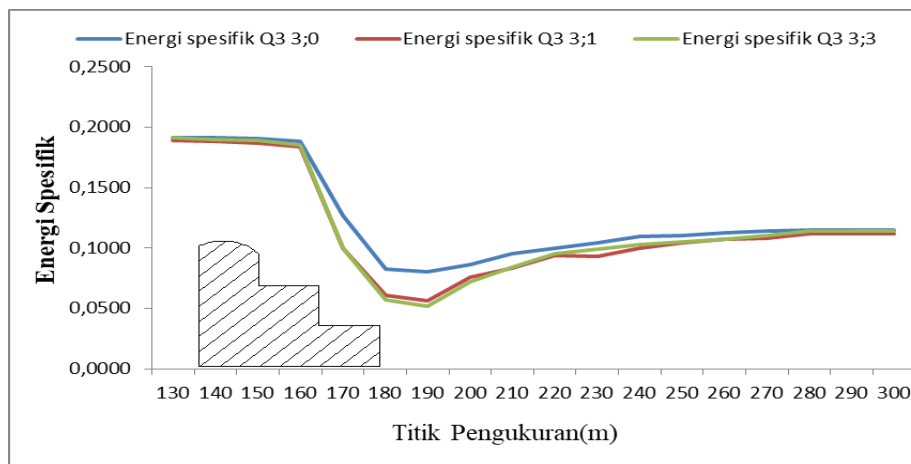
3. Energi Spesifik Pada Q3 Untuk Kemiringan Hulu Bendung Bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3

Energi spesifik pada debit Q3 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 dapat dilihat pada tabel 12. Berdasarkan tabel 12 dibuat grafik pada gambar 15 Untuk menggambarkan energi spesifik pada debit Q3 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 jika di amati pada gambar 12 maka akan terlihat bahwa energi spesifik pada debit Q3 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 memiliki aliran air yang sama pada titik 140 di bagian hulu bendung bertangga dan pada saat aliran melewati bendung bertangga energi spesifik pada debit Q3 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 mengalami perubahan pada tinggi loncatan air di kemiringan 3:0 di titik 180-190, Setelah aliran air melewati bendung bertangga. Energi Spesifik pada debit Q3 dengan kemiringan 3:0, 3:1 dan 3:3 di hilir bendung bertangga pada titik 270 adalah sama bentuknya dan mendekati konstan.

TABEL 12. ENERGI SPESIFIK PADA Q3

Titik	Posisi (cm)	Kondisi	Energi spesifik Q3		
			3;0	3;1	3;3
1	130	A	0,1917	0,1833	0,1911
2	140		0,1917	0,1832	0,1901
3	150		0,1908	0,1823	0,1891
4	160	B	0,1888	0,1754	0,1851
5	170		0,1272	0,1260	0,1001
6	180		0,0823	0,0534	0,0571
7	190	C	0,0801	0,0570	0,0521
8	200		0,0861	0,0780	0,0721
9	210		0,0952	0,0850	0,0841
10	220		0,1000	0,0829	0,0951
11	230		0,1046	0,0928	0,0991
12	240		0,1097	0,0937	0,1031
13	250		0,1105	0,0987	0,1051
14	260		0,1127	0,1006	0,1071
15	270		0,1139	0,1027	0,1101
16	280		0,1152	0,1027	0,1141
17	290		0,1148	0,1027	0,1141
18	300		0,1152	0,1027	0,1141
Energi spesifik Rata-rata perlakuan			2,2307	2,0030	2,0837
Energi spesifik Rata-rata			6,3832		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023



GAMBAR 12. ENERGI SPESIFIK Q3

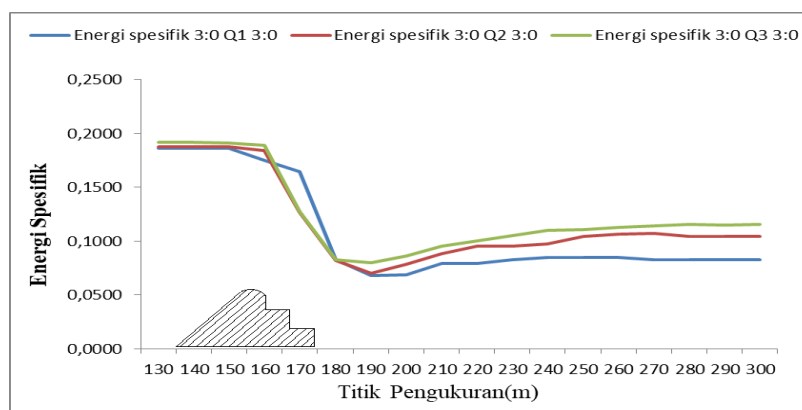
4. Energi Spesifik Pada Kemiringan 3:0 Untuk Q1, Q2 dan Q3

Energi spesifik pada bendung bertangga dengan kemiringan 3:0 di debit Q1,Q2 dan Q3 dapat dilihat pada tabel 13 berdasarkan tabel 13. di buat grafik pada gambar 16 untuk menggambarkan energi spesifik pada bendung bertangga dengan kemiringan 3:0 di debit Q1,Q2 dan Q3 jika di amati pada gambar 13 maka akan terlihat bahwa energi spesifik pada bendung bertangga dengan kemiringan 3:0 di debit Q1,Q2 dan Q3 memiliki aliran yang sama pada titik 140 di bagian hulu bendung bertangga dan pada saat aliran melewati bendung bertangga energi spesifik pada Q1,Q2 dan Q3 mengalami perubahan pada tinggi loncatan air di debit Q3 di titik 180, setelah aliran air melewati bendung bertangga. Energi spesifik pada Q1,Q2 dan Q3 di hilir bendung bertangga pada titik 270 adalah $ESP_{Q1} < ESP_{Q2} < ESP_{Q3}$ bentuknya sama dan mendekati konstan.

TABEL 13. ENERGI SPESIFIK PADA KEMIRINGAN 3:0 UNTUK Q1, Q2 DAN Q3

Titik	Posisi (cm)	Kondisi	Energi spesifik 3:0		
			Q1 3:0	Q2 3:0	Q3 3:0
1	130	A	0,1860	0,1876	0,1917
2	140		0,1860	0,1876	0,1917
3	150		0,1862	0,1877	0,1908
4	160	B	0,1750	0,1839	0,1888
5	170		0,1646	0,1266	0,1272
6	180		0,0827	0,0817	0,0823
7	190	C	0,0679	0,0703	0,0801
8	200		0,0688	0,0781	0,0861
9	210		0,0788	0,0881	0,0952
10	220		0,0794	0,0951	0,1000
11	230		0,0824	0,0951	0,1046
12	240		0,0844	0,0971	0,1097
13	250		0,0846	0,1041	0,1105
14	260		0,0846	0,1061	0,1127
15	270		0,0825	0,1071	0,1139
16	280		0,0823	0,1041	0,1152
17	290		0,0824	0,1041	0,1148
18	300		0,0824	0,1041	0,1152
Energi spesifik Rata-rata perlakuan			1,9410	2,1083	2,2307
Energi spesifik Rata-rata			6,2801		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023



GAMBAR 13. ENERGI SPESIFIK Q1, Q2 DAN Q3

Benyamin Maneek, Suhudi, Pamela Dinar Rahma. KAJIAN ENERGI SPESIFIK PADA BENDUNG BERTANGGA DENGAN VARIASI KEMIRINGAN HULU PADA SALURAN PERSEGI. Jurnal Qua Teknika, (2023), 13(2): 87-104

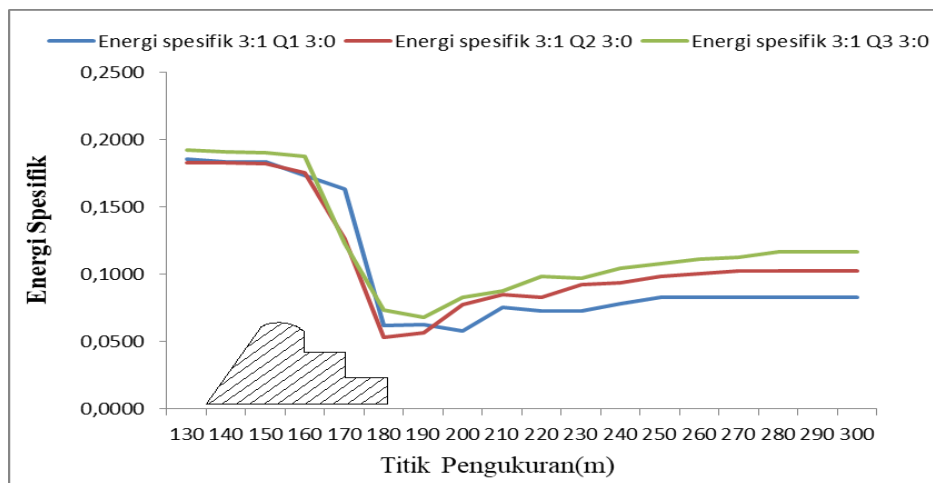
5. Energi Spesifik Pada Kemiringan 3:1 Untuk Q1, Q2 dan Q3

Energi spesifik pada bendung bertangga dengan kemiringan 3:1 di debit Q1,Q2 dan Q3 dapat dilihat pada tabel 14 berdasarkan tabel 14 di buat grafik pada gambar 14 untuk menggambarkan energi spesifik pada bendung bertangga dengan kemiringan 3:1 di debit Q1,Q2 dan Q3 jika di amati pada gambar 14 maka akan terlihat bahwa energi spesifik pada bendung bertangga dengan kemiringan 3:1 di debit Q1,Q2 dan Q3 memiliki aliran yang sama pada titik 140 di bagian hulu bendung bertangga dan pada saat aliran melewati bendung bertangga energi spesifik pada kemiringan 3:1 di debit Q1,Q2 dan Q3 mengalami perubahan pada tinggi loncatan air di debit Q2 di titik 180 yaitu $ESPQ2 < ESPQ1 < ESPQ3$, Setelah aliran air melewati bendung bertangga. Energi spesifik pada kemiringan 3:1 di debit Q1,Q2 dan Q3 di hilir bendung bertangga pada titik 270 adalah $ESPQ1 < ESPQ2 < ESPQ3$ bentuknya sama dan mendekati konstan.

TABEL 14. ENERGI SPESIFIK PADA KEMIRINGAN 3:1 UNTUK Q1, Q2 DAN Q3

Titik	Posisi (cm)	Kondisi	Energi spesifik 3:1		
			Q1 3:0	Q2 3:0	Q3 3:0
1	130	A	0,1857	0,1833	0,1925
2	140		0,1836	0,1832	0,1914
3	150		0,1838	0,1823	0,1906
4	160		0,1735	0,1754	0,1875
5	170	B	0,1634	0,1260	0,1229
6	180		0,0625	0,0534	0,0734
7	190		0,0630	0,0570	0,0684
8	200		0,0580	0,0780	0,0834
9	210	C	0,0754	0,0850	0,0877
10	220		0,0731	0,0829	0,0985
11	230		0,0731	0,0928	0,0974
12	240		0,0781	0,0937	0,1046
13	250		0,0832	0,0987	0,1083
14	260		0,0831	0,1006	0,1114
15	270		0,0831	0,1027	0,1126
16	280		0,0831	0,1027	0,1169
17	290		0,0832	0,1027	0,1166
18	300		0,0831	0,1027	0,1168
Energi spesifik Rata-rata perlakuan			1,8719	2,0030	2,1808
Energi spesifik Rata-rata			6,0556		

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)



GAMBAR 14. ENERGI SPESIFIK Q1,Q2 DAN Q3

Benyamin Maneek, Suhudi, Pamela Dinar Rahma. KAJIAN ENERGI SPESIFIK PADA BENDUNG BERTANGGA DENGAN VARIASI KEMIRINGAN HULU PADA SALURAN PERSEGI. Jurnal Qua Teknika, (2023), 13(2): 87-104

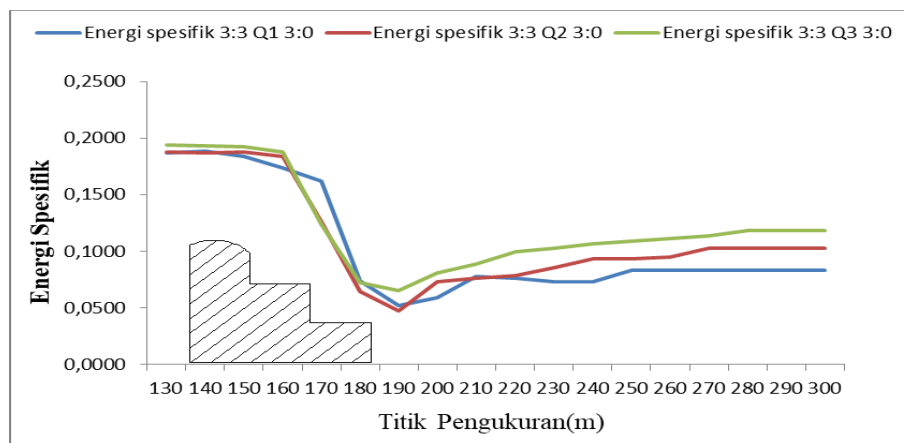
6. Energi Spesifik Pada Kemiringan 3:3 Untuk Q1, Q2 dan Q3

Energi spesifik pada bendung bertangga dengan kemiringan 3:3 di debit Q1,Q2 dan Q3 dapat dilihat pada tabel 15 berdasarkan tabel 15 di buat grafik pada gambar 15 untuk menggambarkan energi spesifik pada bendung bertangga dengan kemiringan 3:3 di debit Q1,Q2 dan Q3 jika di amati pada gambar 15 maka akan terlihat bahwa energi spesifik pada bendung bertangga dengan kemiringan 3:3 di debit Q1,Q2 dan Q3 memiliki aliran yang sama pada titik 140 di bagian hulu bendung bertangga dan pada saat aliran melewati bendung bertangga energi spesifik pada kemiringan 3:3 di debit Q1,Q2 dan Q3 mengalami perubahan pada tinggi loncatan air di debit Q1,Q2 dan Q3 di titik 180-190 yaitu $ESP_{Q1} > ESP_{Q2} > ESP_{Q3}$ setelah aliran air melewati bendung bertangga. Energi spesifik pada Q1,Q2 dan Q3 di hilir bendung bertangga pada titik 270 adalah $ESP_{Q1} < ESP_{Q2} < ESP_{Q3}$ bentuknya sama dan mendekati konstan.

TABEL 15. ENERGI SPESIFIK PADA KEMIRINGAN 3:3 UNTUK Q1, Q2 DAN Q3

Titik	Posisi (cm)	Kondisi	Energi spesifik 3:3		
			Q1 3:0	Q2 3:0	Q3 3:0
1	130		0,1871	0,1878	0,1944
2	140	A	0,1890	0,1868	0,1933
3	150		0,1839	0,1879	0,1924
4	160		0,1741	0,1839	0,1883
5	170	B	0,1621	0,1262	0,1241
6	180		0,0739	0,0644	0,0724
7	190		0,0524	0,0474	0,0653
8	200	C	0,0590	0,0736	0,0810
9	210		0,0776	0,0764	0,0886
10	220		0,0766	0,0784	0,0997
11	230		0,0736	0,0855	0,1033
12	240		0,0736	0,0933	0,1072
13	250		0,0836	0,0933	0,1091
14	260		0,0836	0,0953	0,1112
15	270		0,0836	0,1032	0,1139
16	280		0,0836	0,1033	0,1188
17	290		0,0836	0,1033	0,1185
18	300		0,0836	0,1032	0,1185
Energi spesifik Rata-rata perlakuan			1,8846	1,9932	2,2002
Energi spesifik Rata-rata			6,0780		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023



GAMBAR 15. ENERGI SPESIFIK Q1,Q2 DAN Q3

4. SIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis aliran yang dinyatakan dengan bilangan froude pada kemiringan hulu bendung bertangga 3:0, 3:1 dan 3:3 adalah subkritis dan mempunyai nilai yang sama pada setiap debit sehingga variasi kemiringan bendung bertangga tidak berpengaruh pada perubahan jenis aliran.
2. Pada penelitian ini energi spesifik yang terjadi pada masing-masing variasi kemiringan debit tersebut sebesar: $Q_1= 5,7435m$, $Q_2= 6,0225m$ dan pada $Q_3= 6,3832m$.
3. Energi spesifik pada debit yang sama dengan kemiringan berbeda pada 3:0, 3:1 dan 3:3 adalah sama tidak berbeda.
4. Energi spesifik pada debit berbeda pada Q_1, Q_2 dan Q_3 dengan kemiringan yang sama adalah memiliki pola yang sama bentuk pada tinggi muka air.

REFRENSI

- [1]. Suhudi, 2022 Analisis Energi Spesifik Pada Saluran Terbuka Dengan Penambahan Variasi Panjang Ambang Lebar, *Jurnal Qua Teknika*, 12(01), 25-44.
- [2]. Ulfa Septyani dan Henri Studi Karakteristik Aliran Di Sekitar Pilar Jembatan Sungai Pappa Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
- [3]. Syam S Hanafi A, 2019, Kajian Karak Teristik Aliran Terhadap Bangunan Pelimpah Pada Saluran Terbuka, *Jurnal Teknik Hidro*.
- [4]. Robert, K. 2009. Frank W, 1986. Menjelaskan Bahwa Apabila Suatu Aliran Mempunyai Bilangan Froude $F = 1$, Maka Aliran Bersifat Kritis.
- [5]. Sudyono, 2014 Debit Aliran Merupakan Hubungan Perkalian Antara Kecepatan Aliran Dengan Luas Penampang Basah Saluran.
- [6]. Robert J Kodoatie 2009. Energi Spesifik Adalah Energi Relatif Dasar Saluran.
- [7]. Bambang, T 2008, Energi Tampang Lintang Saluran, Yang Dihitung Terhadap Dasar Saluran,
- [8]. Husaiman dan, 2018 Karakteristik Aliran Pada Bangunan Pelimpah Tipe Oge, *Jurnal Teknik Hidro* Vol. 11, No. 1, Februari 2018
- [9]. Arga P, 2022, Analisis Energi Spesifik Pada Saluran Terbuka Dengan Penambahan Variasi Panjang Ambang Lebar. *Jurnal Qua Teknika*, 12(01), 25-44.
- [10]. Muh Ilham Nur 2018 Karakteristik Aliran Pada Bangunan Pelimpah Tipe Oge, *Jurnal Teknik Hidro* Vol. 11. No. 1, Februari 2018