



ANALISA ENERGI SPESIFIK TERHADAP KEMIRINGAN PADA SALURAN TERBUKA AKIBAT PENGGUNAAN PINTU SORONG

EFFECT OF CHANNEL SLOPE ON SPECIFIC ENERGY IN OPEN CHANNEL USING SLUICE GATES

Muhammad Pascal Fadhillah^{1*}, Rizka Arbaningrum²

^(1,2) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi dan Desain, Universitas Pembangunan Jaya

Abstrak

Salah satu bangunan air yang paling umum digunakan pada saluran terbuka adalah pintu sorong. Aliran yang melintasi pintu sorong pada umumnya mengalami percepatan disertai dengan penurunan kedalaman aliran, sehingga berpengaruh secara langsung terhadap nilai energi spesifik. Energi spesifik memiliki keterkaitan dengan tingkat efisiensi energi dalam saluran terbuka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola aliran ketika bilangan Froude (Fr) digunakan sebagai dasar dalam analisis energi spesifik (E) pada pintu sorong. Dalam penelitian ini kondisi aliran dikatakan sebagai aliran subkritis apabila, nilai angka Froude lebih kecil dari satu ($Fr < 1$), dan debit divariasikan menjadi: $Q_1 = 270 \text{ cm}^3/\text{d}$, $Q_2 = 410,67 \text{ cm}^3/\text{d}$, $Q_3 = 468,33 \text{ cm}^3/\text{d}$, $Q_4 = 542,67 \text{ cm}^3/\text{d}$, dan $Q_5 = 620 \text{ cm}^3/\text{d}$. Variasi nilai kemiringan (I) terdiri dari $I_1 = 0,012$, $I_2 = 0,025$, $I_3 = 0,038$, $I_4 = 0,05$, $I_5 = 0,062$. Energi spesifik aliran di saluran terbuka sangat dipengaruhi oleh kemiringan saluran, berdasarkan uji eksperimental dan analisis yang telah dilakukan. Peningkatan kemiringan saluran menyebabkan bertambahnya kecepatan aliran sehingga komponen energi kinetik menjadi lebih dominan dan nilai energi spesifik cenderung meningkat. Hubungan antara kemiringan saluran, debit aliran, dan bukaan pintu sorong menghasilkan distribusi energi yang berbeda pada setiap segmen aliran, sehingga analisis energi spesifik menjadi parameter penting dalam perencanaan saluran terbuka guna menjaga stabilitas aliran dan efisiensi energi.

Kata kunci: energi spesifik, kemiringan saluran, pintu sorong, saluran terbuka

Abstract

A sluice gate is one of the most commonly used hydraulic structures in open channel systems. Flow passing beneath a sluice gate generally accelerates and experiences a reduction in flow depth, directly affecting the specific energy. Specific energy is closely related to energy efficiency in open channel flow. This study aims to identify flow patterns using the Froude number (Fr) as the basis for analyzing specific energy (E) beneath a sluice gate. Flow conditions are classified as subcritical when the Froude number is less than one ($Fr < 1$). The discharge was varied into five levels: $Q_1 = 270 \text{ cm}^3/\text{s}$, $Q_2 = 410.67 \text{ cm}^3/\text{s}$, $Q_3 = 468.33 \text{ cm}^3/\text{s}$, $Q_4 = 542.67 \text{ cm}^3/\text{s}$, and $Q_5 = 620 \text{ cm}^3/\text{s}$. Channel slope variations were set at $I_1 = 0.012$, $I_2 = 0.025$, $I_3 = 0.038$, $I_4 = 0.05$, and $I_5 = 0.062$. The specific energy of flow in open channels is strongly influenced by channel slope, based on experimental tests and analytical studies that have been conducted. An increase in channel slope leads to higher flow velocity, causing the kinetic energy component to become more dominant and the specific energy value to tend to increase. The relationship between channel slope, flow discharge, and sluice gate opening results in different energy distributions along each segment of the flow. Therefore, specific energy analysis becomes an important parameter in the planning of open channels to maintain flow stability and energy efficiency.

Keywords: specific energy, channel slope, sluice gate, open channel

PENDAHULUAN

Saluran terbuka merupakan salah satu komponen penting dalam sistem hidraulika yang berperan dalam menunjang berbagai kebutuhan pengelolaan sumber daya air, seperti irigasi, drainase, pengendalian banjir, serta penyediaan air baku. Kinerja aliran pada saluran terbuka dipengaruhi oleh beragam faktor hidraulik yang saling berkaitan, antara lain debit aliran, bentuk penampang saluran, tingkat kekasaran dinding, serta kemiringan saluran. Interaksi antar faktor tersebut menentukan karakteristik aliran yang terjadi di dalam saluran, sehingga perlu dipahami secara komprehensif dalam analisis saluran terbuka.

Kemiringan saluran berperan penting dalam mengendalikan kecepatan aliran serta distribusi energi sepanjang saluran. Perubahan kemiringan saluran dapat menimbulkan variasi kedalaman aliran yang cukup signifikan. Oleh karena itu, pemahaman terhadap perilaku aliran yang terjadi akibat perubahan kemiringan saluran menjadi aspek yang sangat penting dalam analisis saluran terbuka. Kajian hidraulika saluran terbuka diperlukan untuk menjamin kinerja sistem yang aman dan efisien (Chow, 1959; Akan, 2006).

Kajian hidraulika saluran terbuka sangat diperlukan untuk menjamin kinerja sistem yang aman

(*)Corresponding author

Telp : -

E-mail : pascal.fadhillah24@gmail.com

<http://doi.org/10.33506/rb.v12i01.5404>

Received 31 Januari 2026; Accepted 25 Maret 2026; Available online 30 April 2026

E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

dan efisien (Akan, 2006). Dalam pengamatan terhadap profil aliran, keberadaan hambatan atau rintangan di dalam saluran terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap pola distribusi kecepatan. Sebagaimana dijelaskan oleh Farida dkk. (2022) dalam penelitiannya di *Jurnal Rancang Bangun*, adanya struktur penghalang pada saluran akan memicu perubahan perilaku hidraulik yang drastis pada area hulu dan hilir struktur tersebut. Fenomena perubahan distribusi ini berkaitan erat dengan fluktuasi energi spesifik yang terjadi akibat adanya gangguan pada aliran yang bersifat kontinu.

Hubungan antara kedalaman aliran dan kecepatan aliran pada penampang tertentu dijelaskan oleh gagasan energi spesifik dalam penelitian aliran saluran terbuka. Energi total per satuan berat fluida yang diukur dalam kaitannya dengan dasar saluran disebut sebagai energi spesifik. Apakah kondisi aliran bersifat subkritis, kritis, atau superkritis sangat bergantung pada nilai ini. Kehilangan energi atau modifikasi karakteristik aliran dapat ditunjukkan oleh perubahan pada nilai energi tertentu. Oleh karena itu, konsep energi spesifik banyak diterapkan dalam perencanaan bangunan air, karena pemahaman terhadap parameter ini memungkinkan perancang mengendalikan perilaku aliran secara lebih efektif. (Henderson, 1966; Chanson, 2004).

Salah satu struktur dalam sebuah pengatur aliran yang paling umum digunakan pada saluran terbuka adalah pintu sorong. Pintu sorong pada saluran terbuka berfungsi utama untuk mengendalikan debit aliran dan tinggi muka air yang sesuai dengan kebutuhan operasional. Penerapan pintu sorong menimbulkan perubahan terhadap pola aliran, terutama di daerah sekitar bukaan pintu. Aliran yang melintasi pintu sorong pada umumnya mengalami percepatan disertai dengan penurunan kedalaman aliran, sehingga berpengaruh secara langsung terhadap nilai energi spesifik. Oleh karena itu, kajian mengenai pengaruh penggunaan pintu sorong terhadap energi spesifik aliran menjadi aspek penting untuk dianalisis (French, 1985; Novak et al., 2017).

Energi spesifik memiliki keterkaitan yang erat dengan tingkat efisiensi energi dalam sistem saluran terbuka. Kehilangan energi yang berlebihan dapat menurunkan efisiensi sistem serta berpotensi meningkatkan biaya operasional. Pada saluran dengan kemiringan yang besar, energi kinetik aliran cenderung mengalami peningkatan. Saat aliran melintasi pintu sorong, sebagian energi dapat berkurang akibat terjadinya turbulensi dan gaya gesek. Kondisi tersebut perlu dikendalikan secara tepat agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kinerja sistem saluran. (Hager, 1999; Rajaratnam, 1990).

Oleh karena itu, Analisis energi spesifik menjadi alat penting untuk mengevaluasi efisiensi tersebut (Triatmojo, 2016).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji bagaimana bangunan pengatur memengaruhi karakteristik aliran saluran terbuka. Namun, penelitian masih terbatas dalam menghubungkan kemiringan saluran dengan perubahan energi tertentu yang disebabkan oleh penggunaan pintu sorong. Sebagian besar penelitian tidak mempertimbangkan distribusi energi aliran secara menyeluruh, hanya berfokus pada aspek debit dan tinggi muka air. Meskipun demikian, energi tertentu memiliki kemampuan untuk memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kondisi aliran. Keterbatasan kajian tersebut membuka ruang bagi penelitian lanjutan, yang diharapkan dapat dilengkapi melalui penelitian ini. (Chaudhry, 2008; Subramanya, 2013).

Pendekatan eksperimental pada sebuah kajian saluran terbuka mampu menghasilkan gambaran yang nyata mengenai perilaku aliran. Melalui pengujian secara langsung, perubahan energi spesifik yang disebabkan oleh variasi kemiringan saluran dan penggunaan pintu sorong dapat diamati secara rinci. Data yang diperoleh dari hasil pengujian menjadi dasar yang kuat untuk melakukan analisis lebih lanjut. Selain itu, hasil eksperimen dapat dimanfaatkan untuk memverifikasi teori serta model matematis yang telah dikembangkan (Bos et al., 1984). Metode tersebut memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang fenomena hidraulik, yang membuat hasil penelitian yang diperoleh lebih relevan (Fox et al., 2015).

Oleh karena itu, fokus utama penelitian ini merupakan analisis energi yang berkaitan dengan kemiringan saluran terbuka yang disebabkan oleh penggunaan pintu sorong. Diharapkan penelitian ini dapat menjelaskan bagaimana kemiringan saluran, perubahan energi tertentu, dan sifat aliran berkorelasi satu sama lain. Diharapkan hasil penelitian akan memberikan kontribusi ilmiah ke bidang hidraulika dan berfungsi sebagai referensi untuk perencanaan dan pengelolaan saluran terbuka. Penelitian ini memiliki nilai teoritis dan praktis yang signifikan karena hasil tersebut dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya (Graf, , 1998).

TINJAUAN PUSTAKA

Dasar Teori

Dasar teori dalam Total energi per satuan berat fluida dibandingkan dengan dasar saluran disebut energi spesifik saluran terbuka, yang

terdiri dari energi potensial akibat kedalaman aliran dan energi kinetik akibat kecepatan aliran. Energi spesifik digunakan untuk menentukan kondisi aliran, apakah subkritis, kritis, atau superkritis. Perubahan energi spesifik juga menunjukkan distribusi energi sepanjang saluran dan efek bangunan pengatur aliran seperti pintu sorong (Almalki, 2025).

Kemiringan saluran berperan penting dalam perubahan energi aliran. Semakin besar kemiringan, energi potensial di hulu diubah menjadi energi kinetik, sehingga kecepatan aliran meningkat dan kedalaman aliran menurun. Perubahan ini memengaruhi nilai energi spesifik pada setiap penampang saluran. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi kemiringan memengaruhi posisi aliran kritis dan distribusi energi, yang menjadi acuan penting dalam desain saluran terbuka (Henderson, 1996; Akan, 2006).

Pintu sorong merupakan bangunan pengatur yang berfungsi mengontrol debit dan tinggi muka air. Aliran yang melewati pintu sorong biasanya mengalami percepatan di hilir, sehingga kedalaman aliran menurun dan energi kinetik meningkat. Perubahan ini berdampak pada energi spesifik yang bervariasi, tergantung pada bukaan pintu, debit, dan kemiringan saluran. Analisis energi spesifik penting untuk menentukan konfigurasi pintu yang optimal agar aliran tetap stabil dan efisien (French, 1985). Selain itu, studi laboratorium yang dilakukan oleh Rizaldy, Musa, dan Mallombasi (2021) menunjukkan bahwa kalibrasi koefisien debit model pintu sorong dapat berubah secara signifikan tergantung pada bukaan serta kondisi aliran, yang memberikan dasar eksperimental terhadap perilaku pintu sorong dalam skala nyata.

Interaksi terhadap kemiringan saluran dan pintu sorong dapat memicu transisi aliran dari subkritis ke superkritis. Kondisi ini memberikan dampak peningkatan energi kinetik secara tiba-tiba dan perubahan distribusi energi yang spesifik. Jika tidak dikendalikan, hal ini dapat menimbulkan erosi dasar saluran atau ketidakstabilan struktur (White, 2011). Pemahaman hubungan kemiringan, debit, dan bukaan pintu sorong sangat penting dalam perencanaan saluran terbuka (Subramanya, 2013)

Analisis energi spesifik juga berhubungan dengan efisiensi sistem. Kehilangan energi akibat turbulensi dan gesekan, terutama pada saluran curam dengan pintu sorong, dapat menurunkan efisiensi operasional. Dengan mempelajari energi spesifik, perancang dapat menentukan kemiringan saluran dan pengaturan pintu sorong yang tepat agar aliran tetap stabil dan efisien, serta struktur tetap aman (Triatmojo, 2016; Hager, 1999).

Persamaan Rumus

1. Energi Spesifik (E)

Energi spesifik dihitung dengan rumus:

$$E = h + \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

dengan,

E = energi spesifik (m)

h = kedalaman aliran (m)

V = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi = 9,81 m/s²

Contoh perhitungan:

Jika $h = 0,1$ m dan $V = 0,5$ m/s, maka:

$$E = 0,1 + (0,5 \times 0,5) \div (2 \times 9,81)$$

$$E = 0,1 + 0,25 \div 19,62$$

$$E = 0,1 + 0,0127$$

$$E \approx 0,1127m$$

2. Debit Aliran (Q)

$$Q = V \cdot A = V \cdot (b \cdot h) \quad (2)$$

dengan,

Q = debit aliran (m³/s)

A = luas penampang basah (m²)

b = lebar saluran (m)

h = kedalaman aliran (m)

Contoh perhitungan:

Jika $b = 0,2$ m, $h = 0,1$ m, dan $v = 0,5$ m/s:

$$Q = 0,5 \times (0,2 \times 0,1)$$

$$Q = 0,5 \times 0,02$$

$$Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Kemiringan Saluran (i)

$$i = \frac{\Delta h}{L} \quad (3)$$

dengan,

i = kemiringan saluran (m/m)

Δh = hulu – hilir (m)

L = panjang saluran (m)

Contoh perhitungan:

Jika $\Delta h = 0,1$ m dan $L = 2,4$ m:

$$I = 0,1 / 2,4 \approx 0,0417$$

Debit Pintu Sorong (Q_p)

$$Q_p = Cd \cdot b \cdot a \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)} \quad (4)$$

Keterangan:

Q_p = debit melalui pintu sorong (m³/s)

Cd = koefisien debit

b = lebar pintu sorong (m)

a = tinggi bukaan pintu (m)

$yg = y - y_0$ (m), selisih tinggi muka air terhadap bukaan pintu sorong

$g = 9,81$ m/s²

Contoh perhitungan:

$Cd = 0,6$, $b = 0,97$ m, $h = 0,15$ m, dan $a = 0,010$ m

$$Q_p = 0,4 \times 0,97 \times 0,08 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,15}$$

$$Q_p = 0,031 \times \sqrt{2,943}$$

$$Q_p = 0,031 \times 1,7155$$

$$Q_p = 0,0533 \text{ m}^3/\text{s}$$

METODE

Penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian tahapan kerja yang tersusun secara sistematis. Tahapan tersebut meliputi persiapan bahan dan peralatan, pembuatan media kerja, pelaksanaan pengujian pendahuluan, proses pengujian utama (running), analisis data, serta penarikan pada kesimpulan.

Persiapan Bahan dan Peralatan

Pada tahapan ini mencakup studi literatur dan menyiapkan alat serta bahan yang akan digunakan selama penelitian. Pada tahap ini dilakukan persiapan seluruh kebutuhan penelitian, meliputi pemeriksaan kesiapan komponen pada alat uji, seperti pompa, sistem penggerak kemiringan, serta instrumen pendukung lainnya. Selain itu, disusun kajian awal terkait variasi kemiringan saluran dan model pintu sorong yang nantinya digunakan dalam pengujian. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan ke dalam tiga kategori, yaitu:

- Saluran uji (*flume*) merupakan alat utama yang digunakan dalam penelitian dengan panjang 240 cm, lebar total 30 cm yang terbagi menjadi tiga bagian masing-masing selebar 10 cm, serta tinggi 25 cm. Kemiringan dasar saluran dapat disesuaikan dengan variasi kemiringan, yaitu kondisi maksimum pada elevasi 135 cm dan kondisi minimum pada elevasi 120 cm.
- Model pintu air yang akan digunakan dalam penelitian ini terbuat dari bahan plat besi dengan dimensi lebar 9,7 cm dan tinggi 25 cm, yang disesuaikan dengan alat Pengujian. Pengujian ini dilakukan dengan variasi kemiringan flume pada elevasi 123 cm, 126 cm, 129 cm, 132 cm, dan 135 cm.
- Selama proses pengujian, alat-alat berikut digunakan: saluran air pengajaran serbaguna, meteran atau penggaris, timbangan, gelas ukur, stopwatch, dan lilin atau wax.

Pengujian pendahuluan

Uji pendahuluan ini bertujuan untuk mengetahui seperti apa pola aliran ketika bilangan Froude (*Fr*) digunakan sebagai dasar dalam analisis energi spesifik (*E*) pada pintu sorong. Dalam penelitian ini kondisi aliran dikatakan sebagai aliran subkritis apabila, nilai angka *Froude* lebih kecil dari satu ($Fr < 1$), sehingga pengaruh kemiringan terhadap nilai Energi Spesifik (*E*) dapat dianalisa secara representative.

Pengujian (running)

Tahap Ini dilaksanakan dengan mengoperasikan model uji dan melakukan pengukuran distribusi kecepatan aliran pada tiga titik pengamatan, yaitu di hulu pintu sorong, hilir pintu sorong, dan tanpa pintu

sorong. Selain itu dilakukan pengukuran ketinggian air sebelum dan sesudah pintu air. Seluruh data hasil pengukuran tersebut kemudian dimanfaatkan sebagai dasar analisis untuk mengevaluasi pengaruh variasi kemiringan saluran terhadap nilai energi spesifik (*E*) pada pintu sorong.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Pendahuluan

Pengujian pendahuluan dilakukan untuk memastikan karakteristik awal aliran dan untuk memverifikasi pengoperasian sistem saluran dan instrumen pengukuran yang sesuai sebelum pengujian utama. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh kondisi awal yang stabil dan representatif sehingga data yang dihasilkan pada pengujian selanjutnya dapat dipertanggungjawabkan. Pada pengujian pendahuluan, kemiringan saluran ditetapkan berdasarkan selisih tinggi muka air antara bagian hulu dan hilir saluran. Nilai perbedaan tinggi muka air (Δh) yang digunakan divariasikan mulai dari 3 cm hingga 15 cm, dengan panjang saluran yang dijaga tetap sebesar 240 cm. Variasi nilai Δh tersebut menghasilkan gradien kemiringan saluran (*I*) yang berada pada kisaran 0,012 hingga 0,062, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan pengujian utama. Debit aliran divariasikan menjadi lima nilai debit yang berbeda dengan angka aliran dijaga tetap subkritis yang ditunjuk dengan angka *Froude* (*Fr*) kurang dari satu, setiap variasi debit diuji dengan seluruh variasi kemiringan hingga diperoleh data yang digunakan untuk menganalisis energi spesifik (*E*) pada pintu sorong. kemiringan saluran ini dipilih untuk merepresentasikan kondisi saluran landai hingga relatif curam. Hasil pengujian saluran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji pendahuluan

Vol (cm^3)	T (detik)	Q (cm^3/detik)	h1 (cm)	h2 (cm)	L (cm)	I
1350	5	270	123	120	240	0.012
			126	120	240	0.025
			129	120	240	0.038
			132	120	240	0.05
			135	120	240	0.062
2053.33	5	410.67	123	120	240	0.012
			126	120	240	0.025
			129	120	240	0.038
			132	120	240	0.05
			135	120	240	0.062
2343.33	5	468.67	123	120	240	0.012
			126	120	240	0.025
			129	120	240	0.038
			132	120	240	0.05

Vol (cm ³)	T (detik)	Q (cm ³ /detik)	h1 (cm)	h2 (cm)	L (cm)	I
2713.33	5	542.67	135	120	240	0.062
			123	120	240	0.012
			126	120	240	0.025
			129	120	240	0.038
			132	120	240	0.05
			135	120	240	0.062
3100	5	620	123	120	240	0.012
			126	120	240	0.025
			129	120	240	0.038
			132	120	240	0.05
			135	120	240	0.062

Sumber: Hasil Analisis Data, 2025

Hasil Pengujian

Hasil pengujian menunjukkan bahwa, baik pada kondisi sebelum maupun setelah aliran melewati

pintu geser, terdapat korelasi yang kuat antara kemiringan saluran, laju aliran, dan energi spesifik. Pada kondisi tanpa penggunaan pintu geser, peningkatan kemiringan saluran menyebabkan terjadinya penurunan kedalaman aliran pada berbagai variasi laju aliran, disertai dengan peningkatan kecepatan aliran. Faktor-faktor ini memengaruhi bagaimana nilai energi tertentu bervariasi, dengan komponen energi kinetik menjadi pusat perhatian di saluran dengan kemiringan yang lebih curam. Secara umum, energi spesifik cenderung meningkat seiring dengan peningkatan gradien saluran, terutama pada laju aliran yang lebih besar. Tabel 2 menampilkan hasil uji saluran.

Data Analisis

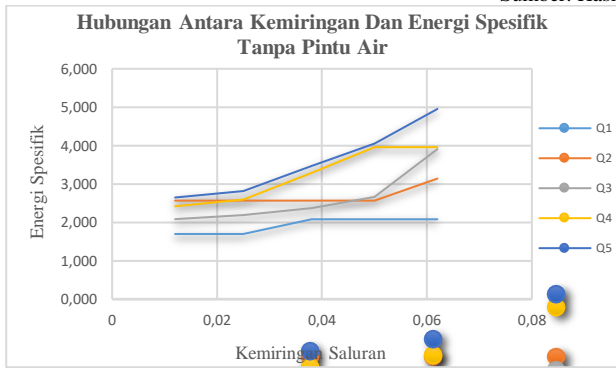
Berikut ini merupakan hasil analisis data dari pengujian hubungan antara kemiringan dan energi spesifik (E) tanpa pintu sorong.

Tabel 2. Hasil pengujian

Q (cm ³ /detik)	I	Tanpa Pintu Air			Hulu Pintu Air			Hilir Pintu Air		
		V (cm/detik)	Fr	E (cm)	V (cm/detik)	Fr	E (cm)	V (cm/detik)	Fr	E (cm)
270	0.012	5.15	0.21	1.70	6.511	0.219	1.388	6.511	0.219	1.388
	0.025	7.43	0.31	1.70	9.967	0.318	1.395	8.791	0.314	1.418
	0.038	8.22	0.37	2.08	13.569	0.396	1.475	10.034	0.383	1.507
	0.05	9.42	0.43	2.08	17.488	0.456	1.676	11.021	0.437	1.586
	0.062	10.49	0.47	2.08	21.324	0.508	1.922	12.272	0.486	1.586
410.67	0.012	5.64	0.22	2.57	13.873	0.207	4.643	6.090	0.218	2.229
	0.025	8.14	0.31	2.57	20.592	0.294	5.037	8.791	0.314	2.229
	0.038	10.03	0.38	2.57	25.713	0.360	5.234	10.034	0.383	2.566
	0.05	11.51	0.44	2.57	29.851	0.410	5.431	11.509	0.439	2.566
	0.062	11.71	0.48	3.14	33.805	0.452	5.728	12.816	0.489	2.566
468.67	0.012	7.28	0.22	2.08	15.461	0.194	6.528	6.090	0.218	2.661
	0.025	9.97	0.32	2.19	22.316	0.280	6.528	8.138	0.311	3.131
	0.038	11.59	0.39	2.37	27.632	0.344	6.627	10.034	0.383	3.131
	0.05	12.43	0.44	2.66	31.831	0.393	6.727	11.021	0.437	3.469
	0.062	11.71	0.48	3.91	35.736	0.435	6.925	12.272	0.486	3.469
542.67	0.012	7.28	0.22	2.42	16.863	0.179	9.119	5.638	0.215	3.959
	0.025	9.97	0.32	2.60	24.915	0.250	10.116	8.138	0.311	3.959
	0.038	10.84	0.39	3.30	30.782	0.308	10.215	9.865	0.382	4.133
	0.05	11.51	0.44	3.96	35.310	0.353	10.215	11.021	0.437	4.430
	0.062	12.82	0.49	3.96	39.946	0.385	11.013	12.272	0.486	4.430
620	0.012	7.63	0.22	2.65	18.071	0.162	12.713	5.544	0.215	5.188
	0.025	10.50	0.32	2.82	26.083	0.234	12.713	7.793	0.309	5.584
	0.038	11.59	0.39	3.47	32.203	0.288	12.813	9.433	0.380	5.882
	0.05	12.43	0.44	4.06	36.940	0.330	12.813	10.512	0.434	6.390

0.062 12.82 0.49 4.95 41.193 0.366 12.913 11.706 0.483 6.390

Sumber: Hasil Analisis Data, 2025

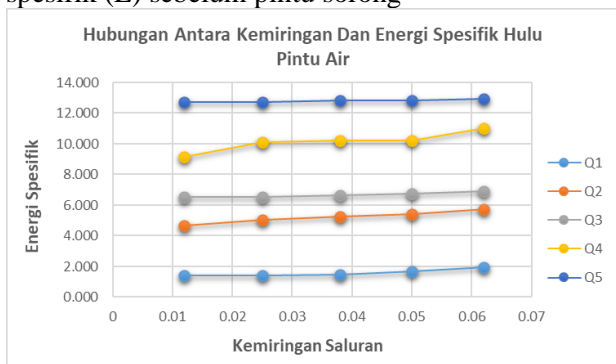


Gambar 1. Grafik kemiringan dan energi spesifik tanpa pintu sorong

Sumber: Hasil Analisis Data, 2025

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa peningkatan kemiringan saluran menyebabkan kenaikan energi spesifik pada seluruh variasi debit yang diuji. Kecenderungan ini menunjukkan bahwa bertambahnya kemiringan dasar saluran meningkatkan komponen energi kecepatan akibat bertambahnya percepatan aliran. Selain itu, pada kemiringan yang sama, debit yang lebih besar menghasilkan energi spesifik yang lebih tinggi, yang mengindikasikan bahwa pengaruh debit terhadap energi spesifik masih bersifat dominan ketika tidak terdapat struktur pengendali aliran.

Berikut ini merupakan hasil analisis data dari pengujian hubungan antara kemiringan dan energi spesifik (E) sebelum pintu sorong



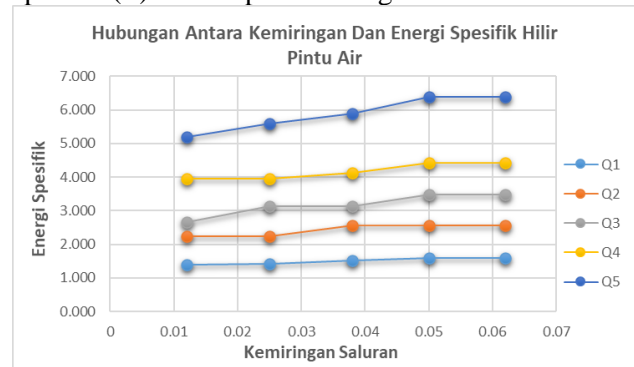
Gambar 2. Grafik kemiringan dan energi spesifik sebelum pintu sorong

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan grafik hubungan antara kemiringan saluran dan energi spesifik di hulu pintu air, terlihat bahwa seluruh variasi debit menunjukkan kecenderungan peningkatan nilai energi spesifik secara konsisten seiring bertambahnya kemiringan saluran tanpa adanya penurunan pada setiap kurva. Peningkatan kemiringan menyebabkan kecepatan aliran di hulu semakin besar sehingga komponen energi kinetik bertambah dan berdampak langsung pada naiknya energi spesifik. Meskipun aliran masih berada dalam kondisi subkritis dengan bilangan Froude umumnya kurang dari satu, kenaikan

kemiringan saluran membuat nilai Froude semakin mendekati kondisi kritis, yang menunjukkan adanya perubahan karakteristik aliran akibat pengaruh kombinasi antara kemiringan saluran dan besarnya debit terhadap besaran energi spesifik di hulu pintu air.

Berikut ini merupakan hasil analisis data dari pengujian hubungan antara kemiringan dan energi spesifik (E) setelah pintu sorong.



Gambar 3. Grafik kemiringan dan energi spesifik setelah pintu sorong

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan grafik keterkaitan antara kemiringan saluran dan energi spesifik di bagian hilir pintu air, seluruh variasi debit memperlihatkan kecenderungan peningkatan energi spesifik seiring bertambahnya kemiringan. Masing-masing kurva menunjukkan pola kenaikan yang konsisten dari kemiringan paling kecil hingga terbesar, yang menandakan adanya pengaruh langsung kemiringan saluran terhadap karakteristik aliran di hilir. Bertambahnya kemiringan membuat kecepatan aliran meningkat sehingga komponen energi kinetik ikut bertambah dan menyebabkan energi spesifik semakin besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa walaupun aliran sudah melewati pintu air, kemiringan saluran tetap berperan penting dalam menentukan nilai energi spesifik di hilir, khususnya pada debit yang lebih tinggi.

Setelah melalui serangkaian tahapan pengujian, diperoleh bahwa energi spesifik (E) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemiringan saluran. Rekapitulasi keseluruhan nilai energi spesifik (E) pada kondisi Q1 melewati beberapa tahapan pengujian, dapat dilihat pada table 3.

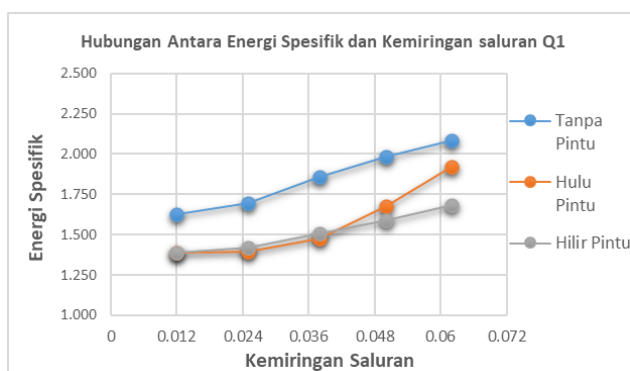
Tabel 3. Rekapitulasi nilai E pada kondisi Q1

I	Nilai E (pada Kondisi Q1)		
	Tanpa Pintu Air	Hulu Pintu Air	Hilir Pintu Air
0.012	1.623	1.388	1.388
0.025	1.698	1.395	1.418
0.038	1.856	1.475	1.507
0.05	1.986	1.676	1.586
0.062	2.081	1.922	1.686

Sumber: Hasil Analisis Data, 2025

Pada kondisi debit Q1, kemiringan saluran menunjukkan pengaruh yang searah terhadap energi spesifik pada seluruh titik pengamatan. Pada kondisi tanpa pintu air, energi spesifik meningkat secara konsisten seiring bertambahnya kemiringan, yang menunjukkan bahwa kemiringan dasar saluran berperan langsung dalam meningkatkan energi aliran melalui peningkatan kecepatan aliran.

Di sisi hulu dan hilir pintu air, energi spesifik tetap menunjukkan kecenderungan meningkat meskipun nilainya lebih rendah dibandingkan tanpa pintu. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun terdapat efek pembendungan di hulu serta kehilangan energi akibat kontraksi dan turbulensi di hilir, pengaruh kemiringan saluran terhadap energi aliran tetap terlihat dan menjadi faktor yang dominan.



Gambar 4. Grafik kemiringan dan Nilai E pada kondisi Q1
Sumber: Hasil Analisis, 2025

KESIMPULAN

Energi spesifik aliran di saluran terbuka sangat dipengaruhi oleh kemiringan saluran, menurut temuan uji eksperimental dan analisis yang telah dilakukan. Peningkatan kemiringan saluran menyebabkan bertambahnya kecepatan aliran sehingga komponen energi kinetik menjadi lebih dominan dan nilai energi spesifik cenderung meningkat, terutama pada kondisi tanpa pintu sorong. Pada kondisi sebelum pintu sorong, energi spesifik relatif lebih besar akibat meningkatnya kedalaman aliran sebagai pengaruh bukaan pintu sorong, namun perubahan kemiringan saluran tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai energi spesifik. Sementara itu, pada kondisi setelah pintu sorong, energi spesifik cenderung lebih kecil dan relatif konstan meskipun kemiringan saluran meningkat, yang mengindikasikan terjadinya kehilangan energi akibat kontraksi aliran, turbulensi, dan perubahan distribusi kecepatan saat aliran melewati pintu sorong. Secara keseluruhan, interaksi antara kemiringan saluran, debit aliran, dan penggunaan pintu sorong menghasilkan distribusi energi yang berbeda pada setiap segmen saluran, sehingga analisis energi spesifik menjadi parameter

penting dalam perencanaan dan pengoperasian saluran terbuka guna menjaga stabilitas aliran dan efisiensi energi sistem.

REFERENSI

- Gaffar, F., Kasmawati, K., & Indriyanti, I. (2022). Analisis Pengaruh Hambatan Plat Segitiga Terhadap Distribusi Aliran Di Saluran. *Jurnal Teknik Sipil : Rancang Bangun*, 8(1), 109–114. <https://doi.org/10.33506/rb.v8i1.1542>
- Almalki, A. S. (2025). Hydraulic analysis of a combined rectangular sharp-crested weir with a below-rectangular gate. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 15(4), 24554–24560. <https://doi.org/10.48084/etasr.11309>
- Chaudhry, M. H. (2008). *Open-channel flow* (2nd ed.). Springer, New York
- Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill, New York
- French, R. H. (1985). *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill, New York
- Fox, R. W., McDonald, A. T., & Pritchard, P. J. (2015). *Introduction to fluid mechanics* (8th ed.). John Wiley & Sons, New York
- Graf, W. H. (1998). *Fluvial hydraulics: Flow and transport processes in channels of simple geometry*. John Wiley & Sons, New York
- Henderson, F. M. (1966). *Open channel flow*. Macmillan Publishing, New York
- Rizaldy, A., Musa, R., & Mallombasi, A. (2021). Kalibrasi koefisien debit model bukaan pintu sorong pada saluran terbuka (uji laboratorium). *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 6(1), 1–10.
- Subramanya, K. (2013). *Flow in open channels* (4th ed.). McGraw-Hill Education, New York
- Triatmodjo, B. (2016). *Hidraulika II*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Akan, A. O. (2006). *Open channel hydraulics*. Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Streeter, V. L., & Wylie, E. B. (1998). *Fluid mechanics* (9th ed.). McGraw-Hill, New York.
- Hager, W. H. (1999). *Hydraulics of spillways and energy dissipators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Rajaratnam, N. (1990). *Turbulent jets*. Elsevier, Amsterdam.
- Bos, M. G., Replogle, J. A., & Clemmens, A. J. (1984). *Flow measuring flumes for open channel systems*. John Wiley & Sons, New York.
- USBR (United States Bureau of Reclamation). (2001). *Water measurement manual* (3rd ed.).

U.S. Government Printing Office, Washington
DC.

Chanson, H. (2004). *The hydraulics of open channel flow: An introduction* (2nd ed.). Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.

Liggett, J. A. (1994). *Fluid mechanics*. McGraw-Hill, New York.

White, F. M. (2011). *Fluid mechanics* (7th ed.). McGraw-Hill, New York.

Novak, P., Moffat, A., Nalluri, C., & Narayanan, R. (2017). *Hydraulic structures* (5th ed.). CRC Press, Boca Raton.