



Analisis kehilangan energi pada berbagai bentuk bangunan peralihan

Andi Ulfa Mutiah^{a,*}, Nirwana Nilan Ramdhani^b, Faraouk Maricarc^c, Fauzan Hamdi^d

^a Mahasiswa Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Jl. Sultan Alauddin No. 259, Kota Makassar, 90222, Indonesia

^b Mahasiswa Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Jl. Sultan Alauddin No. 259, Kota Makassar, 90222, Indonesia

^c Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Jl. Malino No. 8, Romang Lampoa, 92113, Indonesia

^d Jurusan Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Jl. Sultan Alauddin No. 259, Kota Makassar, 90222, Indonesia

HIGHLIGHTS

- Pada saluran terbuka, model bangunan peralihan mempengaruhi kehilangan energi dan energi spesifik.
- Besar kehilangan energi ini akan sangat signifikan apabila nilai energi spesifik hulu berubah secara drastis terhadap nilai energi spesifik pada area hilir atau setelah melewati penyempitan.

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima 24 Januari 2023

Diterima setelah diperbaiki 25 Maret 2023

Diterima untuk diterbitkan 28 Maret 2023

Tersedia secara *online* 01 April 2023

Kata kunci:

Energi spesifik,
hidrolika,
kehilangan energi,
saluran terbuka.

ABSTRAK

Saluran terbuka adalah aliran di saluran dimana air mengalir dengan permukaan bebas. Pada saluran terbuka sangat umum ditemukan bangunan peralihan khususnya pada jaringan irigasi dan drainase. Salah satu ciri dari bangunan peralihan yakni dimensi saluran yang mengalami perubahan secara mendadak (penyempitan), menyebabkan aliran akan mengalami perubahan disebabkan oleh dimensi bangunan yang berubah secara mendadak. Adanya bangunan peralihan dan penyempitan akan membuat tinggi muka air, kecepatan, debit dan energi berubah. Energi atau tenaga yang besar ini akan menyebabkan gerusan pada bangunan dan menyebabkan kerusakan dalam jangka waktu yang lama. Oleh karena permasalahan tersebut diatas, dilakukan penelitian laboratorium yang memuat tiga macam bentuk bangunan peralihan yang mengalami penyempitan, bentuk bangunan peralihan sangat beragam oleh karena itu kami menggunakan tiga bentuk yaitu segiempat, segitiga dan stream line yang dibuat menggunakan bahan lembaran acrylic. Dari tiga bentuk bangunan peralihan tersebut dilakukan peninjauan nilai energi spesifik dan kehilangan energi. Adapun hasil dari penelitian tersebut, kehilangan energi terbesar pada bangunan peralihan segiempat, kemudian kehilangan energi terendah terjadi pada bangunan peralihan *streamline*.

Diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

1. Latar Belakang

Saluran dibagi menjadi dua jenis yaitu saluran tertutup dan saluran terbuka. Saluran terbuka adalah saluran di mana air mengalir dengan bebas dan memiliki banyak variabel seperti studi tentang perilaku aliran dikenal sebagai dinamika fluida. Daud *dkk* [1] menjelaskan bahwa hal ini mengacu pada sifat-sifat fluida dan pengaruhnya terhadap pola aliran dan gaya-gaya yang terjadi antara fluida dan penghalang (dinding). Diketahui bahwa saluran horizontal dan alami (natural) dan saluran buatan (artificial). Chow [2] dalam bukunya yang berjudul *Open Channel Hydraulics*, menggambarkan saluran terbuka sebagai saluran yang melakukan aliran pada permukaan bebas.

Tinggi muka air adalah salah satu yang berperan dan mempengaruhi besar energi dan juga merupakan salah satu

faktor yang mempengaruhi besarnya nilai energi. Selain itu tinggi-rendahnya muka air dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adalah kemiringan dasar saluran, lebar saluran, debit air, dan lain - lain. Pada hukum kontinuitas, tinggi muka air dapat meningkat bila terjadi peralihan lebar penampang yang semakin menyempit. Bertambahnya tinggi muka air diharapkan dapat meningkatkan nilai energi spesifik aliran.

Kehilangan energi sangat dipengaruhi oleh dimensi saluran, kemiringan, dan kekasaran, dan aliran air mengalami perubahan energi (kerugian) karena faktor-faktor tersebut. Disisi yang lain, laju aliran merupakan salah satu faktor yang memengaruhi nilai energi. Tinggi rendahnya laju aliran dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti limpasan air, lebar saluran, dan kemiringan saluran. Mengacu pada hukum kontinuitas, kecepatan aliran dapat meningkat ketika ekspansi atau kontraksi kanal. Kalsum dan Aprilyanto [3] menyatakan bahwa energi spesifik dalam suatu penampang saluran dinyatakan sebagai energi tiap satuan berat air pada penampang saluran, diperhitungkan terhadap saluran yang menunjukkan bahwa energi spesifik sama dengan jumlah kedalaman air dan tinggi kecepatan. Peningkatan laju aliran diharapkan dapat meningkatkan nilai energi spesifik aliran

* Penulis koresponden.

Alamat E-mail: andyulfamutiah@gmail.com (A.U. Mutiah)

Peer review dibawah tanggung-jawab Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

<https://doi.org/10.23960/rekrjits.v27i1.78>

[4]. Binilang [5] menyebutkan bahwa perbedaan energi sebelum penyempitan dan energi setelah penyempitan dikenal sebagai kehilangan energi, yaitu: $\Delta E = E1 - E2$. Kehilangan energi merupakan selisih antara energi spesifik pada dua penampang yang ditinjau. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh model bangunan peralihan pada saluran terbuka terhadap nilai kehilangan energi dan energi spesifik.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yang dilakukan di Laboratorium Hidrolika Progam Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut: menghitung luas penampang berdasarkan dimensi yang digunakan, kemudian menghitung besar debit berdasarkan kecepatan aliran yang diperoleh, lalu nilai tinggi muka air dan kecepatan aliran masing-masing debit dibagi tiga untuk mendapatkan nilai rata-rata. Setelah itu, menghitung energi spesifik menggunakan Persamaan 1, dan menghitung kehilangan energi menggunakan Persamaan 2. Model bangunan peralihan yang digunakan adalah segi tiga, segie empat dan *stream line*. Kehilangan energi merupakan selisih antara energi spesifik pada dua panmpang yang ditinjau.

$$E = \frac{V^2}{2 \cdot g} + y \tag{1}$$

dengan E adalah energi spesifik, V adalah kecepatan, g adalah gaya gravitasi dan y adalah tinggi muka air (m).

$$\Delta E = E1 - E2 \tag{2}$$

dengan ΔE adalah selisih antara energi spesifik pada dua penampang yang ditinjau.

3. Hasil dan Pembahasan

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam saluan volume per waktu. Selain tinggi muka air, salah satu faktor besar dari nilai energi spesifik adalah nilai debit. Berikut data di Tabel 1 yang digunakan untuk mendapat nilai debit.

Tabel 1.
Nilai debit

No	Luas (A)	Kecepatan (v)	Debit (Q) (m ³ /dt)
1	0,408	0,200	0,082
		0,100	0,041
		0,100	0,041
		Rata-rata	0,133
2	0,408	0,200	0,082
		0,300	0,123
		0,300	0,123
		Rata-rata	0,267
3	0,408	0,300	0,123
		0,500	0,204
		0,400	0,163
		Rata-rata	0,400

Selanjutnya, untuk mengetahui besar kehilangan energi, terlebih dahulu perlu diketahui nilai tinggi muka air pada masing-masing bangunan peralihan setiap debit. Adapun nilai-nilai tinggi muka air yang diperoleh dari hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2

Nilai tinggi muka air				
Bangunan peralihan	Debit (m ³ /dt)	Hulu	Penyempitan	Hilir
Segitiga	Q1	0,05	0,037	0,027
	Q2	0,052	0,039	0,029
	Q3	0,056	0,041	0,031
Segiempat	Q1	0,05	0,035	0,026
	Q2	0,054	0,038	0,029
	Q3	0,059	0,041	0,031
<i>Stream Line</i>	Q1	0,046	0,031	0,029
	Q2	0,047	0,034	0,03
	Q3	0,052	0,036	0,031

Selain nilai tinggi muka air, untuk mengetahui besar kehilangan energi perlu diketahui nilai kecepatan aliran pada masing-masing bangunan peralihan di setiap debit. Adapun nilai-nilai tinggi muka air yang diperoleh dari hasil penelitian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3

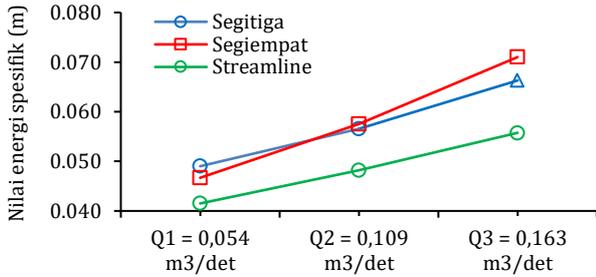
Nilai Kecepatan				
Bangunan peralihan	Debit (m ³ /dt)	Hulu	Penyempitan	Hilir
Segitiga	Q1	0,133	0,267	0,233
	Q2	0,233	0,400	0,333
	Q3	0,367	0,533	0,467
Segiempat	Q1	0,133	0,200	0,133
	Q2	0,300	0,467	0,333
	Q3	0,433	0,667	0,533
<i>Stream Line</i>	Q1	0,046	0,031	0,029
	Q2	0,047	0,034	0,030
	Q3	0,052	0,036	0,031

Berdasarkan ketiga tabel di atas, nilai kecepatan aliran air terbesar diperoleh pada bangunan peralihan segi empat dan nilai tinggi muka air terkecil diperoleh pada bangunan peralihan *stream line*. Hal ini dikarenakan aliran air yang memasuki bangunan peralihan segi empat terbentur lebih keras pada bangunan peralihan yang membuat terjadinya perubahan besar pada arus aliran sehingga menyebabkan kecepatan aliran bertambah lebih besar. Sedangkan aliran air yang memasuki bangunan peralihan *stream line* terbentur lebih pelan pada bangunan peralihan yang membuat perubahan pada arus aliran tidak terlalu besar sehingga kecepatan aliran hanya sedikit bertambah.

Untuk perhitungan energi spesifik, memerlukan nilai tinggi muka air dan kecepatan aliran baik di hulu, penyempitan dan hilir. Nilai energi spesifik untuk setiap model bangunan peralihan dapat dilihat pada Tabel 4. Agar nilai energi spesifik pada tiap-tiap bentuk bangunan peralihan dapat dibandingkan, kemudian dituangkan dalam bentuk grafik dan disajikan pada Gambar 1.

Tabel 4.

Nilai energi spesifik (Es) bangunan peralihan segitiga				
Debit	Kecepatan (m/s)	Tinggi muka air (m)	gavitasi (m/det)	Es (m)
Q1	0,133	0,034	9,81	0,035
Q2	0,233	0,046	9,81	0,046
Q3	0,367	0,054	9,81	0,055
Q1	0,267	0,030	9,81	0,030
Q2	0,400	0,040	9,81	0,041
Q3	0,533	0,047	9,81	0,049
Q1	0,233	0,025	9,81	0,029
Q2	0,333	0,029	9,81	0,038
Q3	0,467	0,031	9,81	0,042



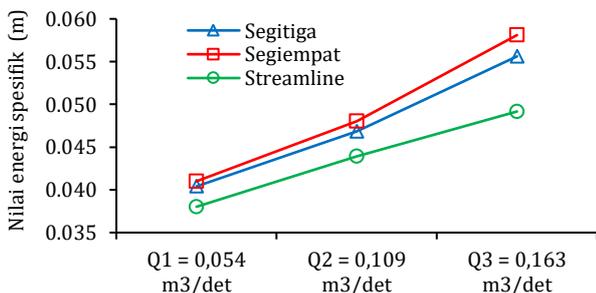
Gambar 1 Energi spesifik area tinjauan hulu (E1)

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa energi spesifik terendah pada bangunan peralihan *streamline* debit Q1 (0,054 m³/det) sebesar 0,042 m kemudian energi spesifik terbesar pada area tinjauan hulu yaitu pada bangunan peralihan segiempat debit Q3 (0,163 m³/det) dengan nilai energi spesifik 0,071 m. Pada hukum kontinuitas, tinggi muka air dapat meningkat bila terjadi peralihan lebar penampang yang semakin menyempit. Bertambahnya tinggi muka air diharapkan dapat meningkatkan nilai energi spesifik aliran. Salah satu parameter yang digunakan dalam energi spesifik yaitu kurva energi spesifik.

Kemudian, Tabel 5 menyajikan data energi spesifik pada area tinjauan penyempitan (E2). Bertambahnya tinggi muka air diharapkan dapat meningkatkan nilai energi spesifik aliran. Besar nilai energi spesifik sangat dipengaruhi oleh tinggi muka air, nilai tinggi muka air yang besar akan menghasilkan nilai energi spesifik yang besar pula. Begitupula sebaliknya, apabila nilai tinggi muka air rendah maka akan menghasilkan nilai energi spesifik yang rendah pula. Pada hukum kontinuitas, tinggi muka air dapat meningkat bila terjadi peralihan lebar penampang yang semakin menyempit. Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa energi spesifik terendah pada bangunan peralihan *streamline* debit Q1 (0,054 m³/det) sebesar 0,038 m kemudian energi spesifik terbesar pada area tinjauan hulu yaitu pada bangunan peralihan segiempat debit Q3 (0,163 m³/det) dengan nilai energi spesifik 0,058 m.

Tabel 5. Nilai energi spesifik bangunan peralihan segiempat

Debit	Kecepatan (m/s)	TMA (m)	gavitasi (m/det)	Es (m)
Q1	0,100	0,040	9,81	0,041
Q2	0,100	0,050	9,81	0,051
Q3	0,100	0,059	9,81	0,059
Q1	0,200	0,033	9,81	0,036
Q2	0,200	0,041	9,81	0,043
Q3	0,167	0,049	9,81	0,051
Q1	0,433	0,024	9,81	0,033
Q2	0,300	0,034	9,81	0,039
Q3	0,433	0,037	9,81	0,046

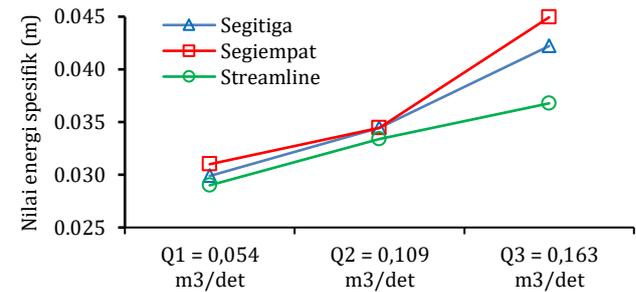


Gambar 2 Energi spesifik area penyempitan (E2)

Selanjutnya, Tabel 6 berikut adalah data energi spesifik pada area tinjauan penyempitan (E3). Tabel 6 pada area tinjauan penyempitan (E3) tersebut kemudian dituangkan dalam bentuk grafik (Gambar 3) agar nilai energi spesifik pada tiap-tiap bentuk bangunan peralihan dapat dengan mudah dibandingkan.

Tabel 6. Nilai energi spesifik bangunan peralihan *stream line*

Debit	Kecepatan (m/s)	TMA (m)	gavitasi (m/det)	Es (m)
Q1	0,100	0,033	9,81	0,034
Q2	0,100	0,041	9,81	0,042
Q3	0,100	0,048	9,81	0,048
Q1	0,133	0,030	9,81	0,031
Q2	0,133	0,037	9,81	0,038
Q3	0,233	0,042	9,81	0,045
Q1	0,333	0,024	9,81	0,029
Q2	0,433	0,026	9,81	0,035
Q3	0,467	0,029	9,81	0,040



Gambar 3 Grafik energi spesifik area tinjauan hilir (E3)

Besar nilai energi spesifik sangat dipengaruhi oleh tinggi muka air, nilai tinggi muka air yang besar akan menghasilkan nilai energi spesifik yang besar pula. Begitupula sebaliknya, apabila nilai tinggi muka air rendah maka akan menghasilkan nilai energi spesifik yang rendah. Pada hukum kontinuitas, tinggi muka air dapat meningkat bila terjadi peralihan lebar penampang yang semakin menyempit. Bertambahnya tinggi muka air diharapkan dapat meningkatkan nilai energi spesifik aliran. Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa energi spesifik terendah pada bangunan peralihan *streamline* debit Q1 (0,054 m³/det) sebesar 0,030 m kemudian energi spesifik terbesar pada area tinjauan hulu yaitu pada bangunan peralihan segiempat debit Q3 (0,163 m³/det) dengan nilai energi spesifik 0,045 m. Nilai energi spesifik berbanding lurus dengan tinggi muka air, oleh karena itu apabila tinggi muka air besar, maka nilai energi spesifik yang dihasilkan juga akan besar.

Pada dasarnya untuk setiap garis arus yang berada didalam suatu penampang akan mempunyai tinggi kecepatan yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh besarnya kecepatan yang berbeda-beda atau dapat dikatakan bahwa pembagian kecepatan tidak seragam hal ini dapat memengaruhi besar dari energi spesifik pada tiap-tiap penampang. Oleh karena itu, dari hasil pengamatan yang telah dilakukan pada masing-masing variasi bangunan peralihan, energi spesifik pada area hulu selalu lebih besar dibandingkan energi spesifik yang ada pada area hilir. Juga nilai tinggi muka air akan selalu berbanding lurus dengan nilai energi spesifik. Berikut adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai energi spesifik pada bangunan peralihan segitiga:

(a) Energi spesifik hulu

$$\frac{v^2}{2g} + h1 = \frac{0,163^2}{2 \times 9,81} + 0,050 = 0,051$$

(b) Energi spesifik penyempitan

$$\frac{v^2}{2g} + h2 = \frac{0,163^2}{2 \times 9,81} + 0,041 = 0,042$$

(c) Energi spesifik hilir

$$\frac{v^2}{2g} + h3 = \frac{0,163^2}{2 \times 9,81} + 0,031 = 0,032$$

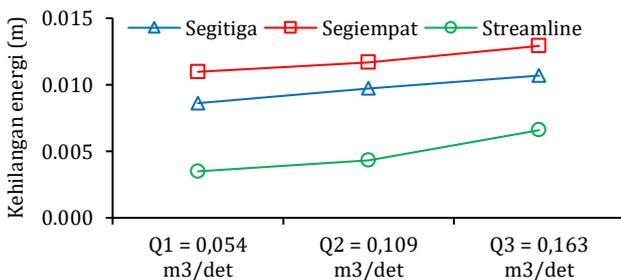
Selanjutnya, kehilangan energi pada saluran terbuka adalah perbedaan nilai energi spesifik sebelum melewati bangunan peralihan, pada saat melewati bangunan peralihan dan setelah melewati bangunan peralihan. Apabila nilai energi spesifik mengalir perbedaan secara signifikan maka nilai kehilangan energi akan besar. Namun apabila perbedaan nilai energi spesifik tidak begitu signifikan, maka nilai kehilangan energi akan kecil. Tabel 7 menyajikan nilai kehilangan energi pada tiap-tiap model bangunan peralihan. Area tinjauan kehilangan energi pada hulu ke penyempitan (E1 - E2) tersebut kemudian dituangkan dalam bentuk grafik (Gambar 4) agar nilai energi spesifik pada tiap-tiap bentuk bangunan peralihan dapat dengan mudah dibandingkan. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya nilai kehilangan energi adalah dengan adanya perubahan nilai energi spesifik yang signifikan pada titik-titik yang ditinjau.

Dapat dilihat pada gambar 19 diatas, nilai kehilangan energi terbesar ada pada area hulu ke area penyempitan (E1-E2) dengan nilai kehilangan energi terendah yaitu pada bangunan peralihan *streamline* debit Q1 (0,054 m³/det) sebesar 0,003 m sedangkan nilai kehilangan energi terbesar ada pada bangunan peralihan segiempat debit Q3 (0,163 m³/det), dengan nilai kehilangan energi sebesar 0,013.

Tabel 7.

Nilai Kehilangan Energi (E1-E2)

Area Tinjauan	Energi spesifik (E1)	Energi spesifik(E2)	ΔE (E1 - E2)
Segitiga	0,035	0,030	0,004
	0,046	0,041	0,005
	0,055	0,049	0,006
Segiempat	0,041	0,036	0,005
	0,051	0,043	0,007
	0,059	0,051	0,009
<i>Streamline</i>	0,034	0,031	0,003
	0,042	0,038	0,003
	0,048	0,045	0,004



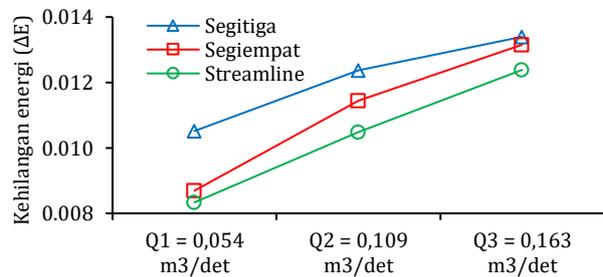
Gambar 4 Kehilangan energi titik tinjauan (E1-E2)

Kemudian berikut ini Tabel 8 menyajikan data data pada area tinjauan penyempitan ke hilir (E2-E3). Data tersebut pada area tinjauan kehilangan energi pada penyempitan ke hilir (E2 - E3) kemudian dituangkan dalam bentuk grafik (Gambar 5) agar nilai energi spesifik pada tiap-tiap bentuk bangunan peralihan dapat dengan mudah dibandingkan. Terlihat bahwa nilai kehilangan energi pada area penyempitan ke hilir (E2-E3) memiliki nilai kehilangan energi terendah yaitu pada bangunan peralihan *streamline* debit Q1 (0,054 m³/det) sebesar 0,008 m sedangkan nilai kehilangan energi terbesar ada pada bangunan peralihan segiempat debit Q3 (0,163 m³/det), dengan nilai kehilangan energi sebesar 0,013 m.

Tabel 8.

Nilai Kehilangan Energi (E2-E3)

Area Tinjauan	Energi spesifik (E2)	Energi spesifik(E3)	Kehilangan energi ΔE (E2 - E3)
Segitiga	0,040	0,030	0,011
	0,047	0,034	0,012
	0,056	0,042	0,013
Segiempat	0,036	0,027	0,009
	0,046	0,034	0,011
	0,058	0,045	0,013
<i>Streamline</i>	0,038	0,030	0,008
	0,044	0,033	0,010
	0,049	0,037	0,012



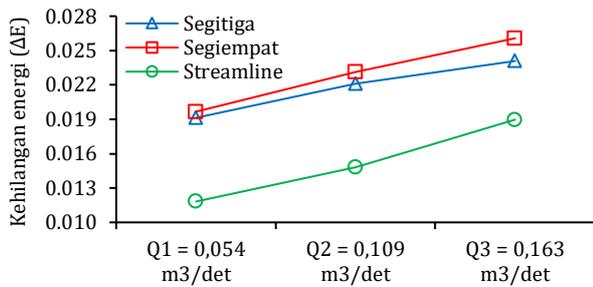
Gambar 5. Kehilangan energi titik tinjauan (E2-E3)

Tabel 8 menyajikan area tinjauan kehilangan energi pada hulu ke hilir (E1 - E3), kemudian dituangkan dalam bentuk grafik (Gambar 6) agar nilai energi spesifik pada tiap-tiap bentuk bangunan peralihan dapat dengan mudah dibandingkan. Dapat dilihat pada gambar 6, nilai kehilangan energi pada area penyempitan ke hilir (E1-E3) memiliki nilai kehilangan energi terendah yaitu pada bangunan peralihan *streamline* debit Q1 (0,054 m³/det) sebesar 0,012 m sedangkan nilai kehilangan energi terbesar ada pada bangunan peralihan segiempat debit Q3 (0,163 m³/det), dengan nilai kehilangan energi sebesar 0,012.

Tabel 8.

Nilai Kehilangan Energi (E1-E3)

Area Tinjauan	Energi spesifik (E1)	Energi spesifik(E3)	Kehilangan energi ΔE (E1 - E3)
Segitiga	0,049	0,030	0,019
	0,057	0,034	0,022
	0,066	0,042	0,024
Segiempat	0,047	0,027	0,020
	0,058	0,034	0,023
	0,071	0,045	0,026
<i>Streamline</i>	0,042	0,030	0,012
	0,048	0,033	0,015
	0,056	0,037	0,019



Gambar 6 Kehilangan energi titik tinjauan (E1-E3)

Dari penelitian ini terlihat bahwa faktor yang sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya nilai kehilangan energi adalah dengan adanya perubahan nilai energi spesifik yang signifikan pada titik-titik yang ditinjau. Setelah melakukan pengamatan nilai kehilangan energi pada tiap-tiap penyempitan, bangunan peralihan yang mengalami kehilangan energi terbesar yaitu bangunan peralihan segiempat. Sedangkan yang mengalami kehilangan energi terkecil yaitu pada bangunan peralihan *stream line*. Besar kehilangan energi ini akan sangat signifikan apabila nilai energi spesifik hulu berubah secara drastis terhadap nilai energi spesifik pada area hilir atau setelah melewati penyempitan. Kehilangan energi sangat dipengaruhi oleh tinggi muka air dan kecepatan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa dari tiga model bangunan peralihan yang digunakan, kehilangan energi terbesar terjadi pada model bangunan peralihan segiempat (E1-E3) debit Q3 = 0,163 m³/det dengan nilai kehilangan energi sebesar 0,026 m. Kehilangan energi terkecil terjadi pada model bangunan peralihan *stream line* (E1-E2) debit Q1 = 0,054 m³/det dengan nilai kehilangan energi sebesar 0,002 m. Selain itu, nilai energi spesifik tertinggi ada pada model bangunan peralihan segiempat area tinjauan hulu (E1) debit Q3 = 0,163 m³/det dengan nilai energi spesifik 0,071 m. Sedangkan untuk model bangunan peralihan yang memiliki energi spesifik terendah yaitu diperoleh pada model bangunan peralihan segiempat area tinjauan hilir (E3) Debit Q1 = 0,054 m³/det dengan nilai energi spesifik 0,027 m

Daftar Pustaka

- [1] Daud, F., Andi, S.N., Gifari, R., Rani, A.: Karakteristik pengaliran. Jurnal Teknik Hidro, **11**, 1, 2018, 23-30.
- [2] Chow, V.T.: Hidrolika Saluran Terbuka, Errlangga, Jakarta, 1992.
- [3] Mutiah, U.: Analisis kehilangan energi pada berbagai bentuk bangunan peralihan. Journal of Muhammadiyah's Application Technology, **1**, 3 (2022).
- [4] Yusuf, M.: The effect of stepped spillway to the length of hydraulic jump and energy loss in stilling bassin. International Conference on Infrastructure Development, 2013, 1-3.
- [5] Binilang, A.: Kajian pengaruh hubungan antar parameter hidrolis terhadap sifat aliran melewati pelimpah bulat san setengah lingkaran pada saluran terbuka. Jurnal Ilmiah Media Engineering, **4**, 1, 2014, 55-61.