

# ***Effect of Sudden Enlargement Shape Variation on Laminar Fluid Flow*** **[Pengaruh Variasi Bentuk Sudden Enlargement Pada Aliran Fluida Laminar]**

Satria Agung Wibisono <sup>1)</sup>, Ali Akbar <sup>\*2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: [aliakbar@umsida.ac.id](mailto:aliakbar@umsida.ac.id)

**Abstract.** *Sudden enlargement is commonly used in the context of fluid engineering which refers to sudden changes in the size of the pipe, which can lead to pressure drops or head losses. This study aims to determine the effect of sudden enlargement shape variations (square edge, projecting edge, and rounded edge) on head loss in laminar fluid flow. The experiment was carried out on acrylic pipes with two levels of flow rate, namely 6 liters/minute and 4 liters/minute. Data was obtained from pressure measurements using U manometers at two test points. The results show that the square edge has the best efficiency at high flow rates (6 L/min) with the lowest energy loss. At low flow rates (4 L/min), rounded edges show better performance in maintaining flow stability. Meanwhile, the projecting edge had the highest rate of energy loss in both conditions. This study provides practical guidance in choosing the optimal form of sudden enlargement for the piping system to reduce head loss.*

**Keywords -** Head Loss; Laminar; Sudden Enlargement

**Abstrak.** *Sudden enlargement* istilah ini biasanya digunakan dalam konteks teknik fluida yang merujuk pada perubahan mendadak dalam ukuran pipa, yang dapat menyebabkan penurunan tekanan atau *head losses*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi bentuk *sudden enlargement* (*square edge*, *projecting edge*, dan *rounded edge*) terhadap *head loss* pada aliran fluida laminar. Eksperimen dilakukan pada pipa berbahan akrilik dengan dua tingkat laju aliran, yaitu 6 Liter/menit dan 4 Liter/menit. Data diperoleh dari pengukuran tekanan menggunakan manometer U di dua titik pengujian. Hasil menunjukkan bahwa *square edge* memiliki efisiensi terbaik pada laju aliran tinggi (6 L/menit) dengan kehilangan energi paling rendah. Pada laju aliran rendah (4 L/menit), *rounded edge* menunjukkan performa lebih baik dalam menjaga kestabilan aliran. Sementara itu, *projecting edge* memiliki tingkat kehilangan energi tertinggi pada kedua kondisi. Penelitian ini memberikan panduan praktis dalam memilih bentuk *sudden enlargement* yang optimal untuk sistem perpipaan guna mengurangi *head loss*.

**Kata Kunci -** Rugi-Rugi Aliran; Laminar; Sudden Enlargement

## **I. PENDAHULUAN**

Ilmu fisika berkaitan erat dengan aspek kehidupan, dalam ilmu fisika terdapat berbagai zat atau substansi, salah satunya adalah fluida, terkhususnya Udara. Fluida merupakan substansi yang dengan mudah mengalami deformasi secara berkesinambungan[1]. Umumnya pemindahan fluida dari satu titik ke titik lain memerlukan peniup atau sejenisnya untuk mendorong fluida, serta sistem perpipaan dan sejenisnya sebagai transportasi dari fluida [2][3]. Peniup mengisap fluida dan mengeluarkannya pada sisi tekan peniup, pada sistem peniupan terdapat hal yang mempengaruhi kinerjanya. Selain dari kemampuan peniup itu sendiri, kinerja peniup dipengaruhi oleh sistem penyaluran fluida. Penurunan kinerja peniup atau yang biasa disebut dengan *head losses*, diakibatkan oleh kondisi besar kecilnya profil pipa penyalur, panjang pipa penyalur, kekasaran permukaan dinding pipa penyalur, jenis fluida serta kecepatan dan jenis aliran fluida[4].

*Head losses* merupakan penurunan tekanan pada fluida di dalam pipa penyalur yang dimana ini sangat merugikan karena energi terbuang sia-sia[5]. *Head losses* ada dua yaitu, *minor losses* dan *major losses*. *Minor losses* atau kerugian minor adalah kerugian akibat dari adanya perubahan arah atau pembelokan, pembesaran penampang (*sudden enlargement*), dan pengecilan penampang (*sudden contraction*), yang mengakibatkan meningkatnya turbulensi, dan tidak seragamnya distribusi kecepatan pada penampang pipa penyalur[6]. Sedangkan *major losses* kerugian yang diakibatkan gesekan pada permukaan pipa, yang terjadi karena kekasaran dinding pipa dan adanya kekentalan fluida tersebut[7].

*Sudden enlargement* istilah ini biasanya digunakan dalam konteks teknik fluida yang merujuk pada perubahan mendadak dalam ukuran pipa, yang dapat menyebabkan penurunan tekanan atau *head losses*[8]. Dalam konteks pipa, "*sudden enlargement*" terjadi ketika diameter pipa tiba-tiba menjadi lebih besar, sehingga menyebabkan turbulensi. Fenomena kehilangan energi ini yang patut diperhatikan dalam instalasi perpipaan atau sejenisnya untuk itu dilakukan

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

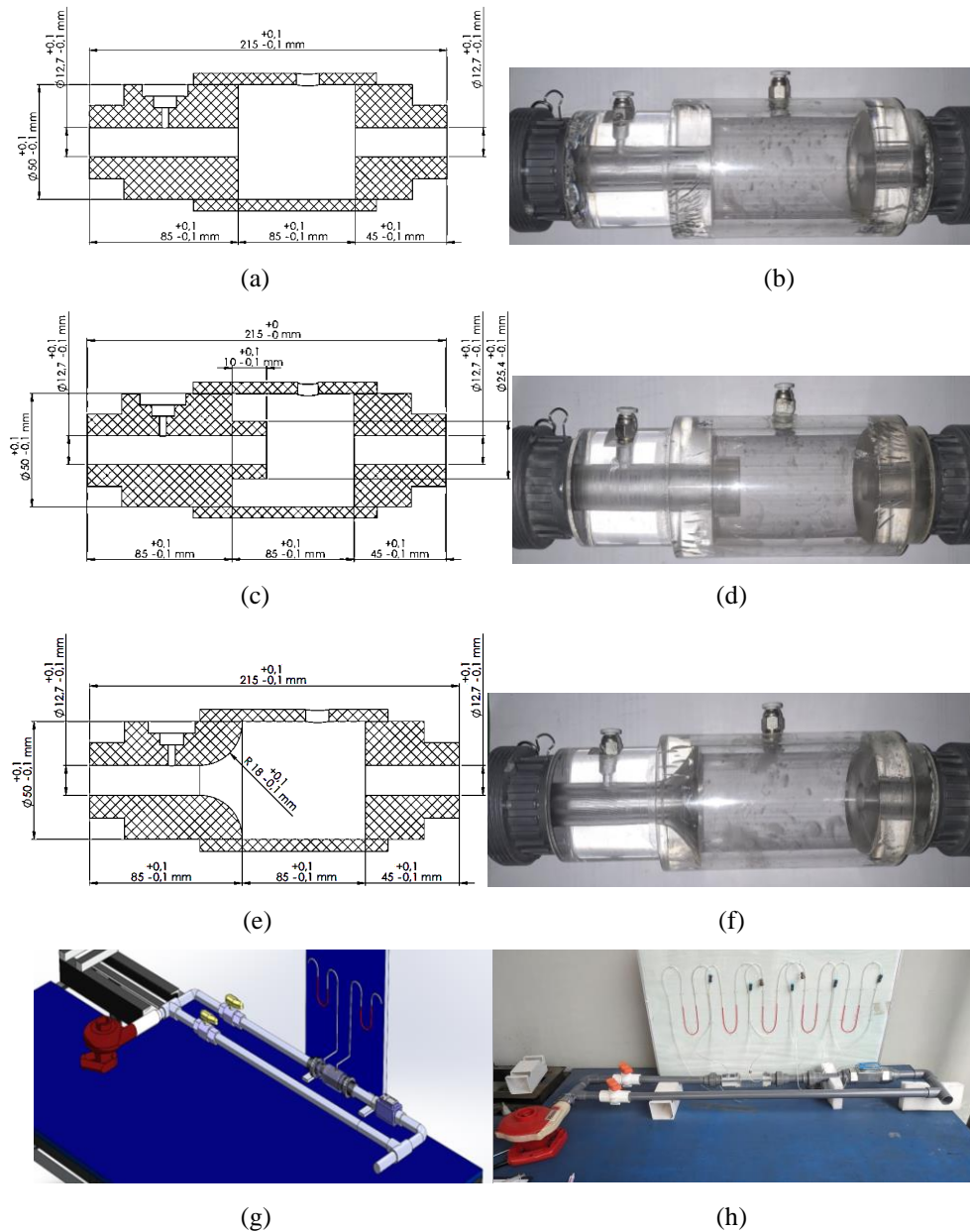
Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

penelitian “ Pengaruh Variasi Bentuk *Sudden Enlargement* Pada Aliran Fluida Laminar” sebagai gambaran dalam menentukan bentuk *sudden enlargement* yang sesuai dalam instalasi perpipaan dan sejenisnya.

## II. METODE

### A. Desain Penelitian

Desain ini merupakan salah satu faktor utama yang menunjang keberhasilan eksperimen. Objek penelitian berupa pipa *sudden enlargement* yang berbahan akrilik untuk mempermudah observasi visual. Objek penelitian dirancang dengan proses permesinan untuk memastikan spesifikasi sesuai yang diinginkan. Berikut desain dan hasil jadi objek penelitian serta sistem instalasi yang digunakan.



**Gambar 1.** (a) Desain *Sudden Enlargement Square Edge*, (b) Hasil Jadi *Sudden Enlargement Square Edge*, (c) Desain *Sudden Enlargement Projecting Edge*, (d) Hasil Jadi *Sudden Enlargement Projecting Edge*, (e) Desain *Sudden Enlargement Rounded Edge*, (f) Hasil Jadi *Sudden Enlargement Rounded Edge*, (g) Desain Instalasi, (h) Hasil Jadi Instalasi.

## B. Teknik Pengambilan Data

Untuk memperoleh data yang mendukung analisis pengaruh variasi bentuk *sudden enlargement* terhadap *head loss* pada aliran fluida laminar berbagai tahapan.

### 1. Persiapan Alat dan Spesimen Penelitian

Tahap ini melibatkan pengaturan instalasi sesuai desain yang meliputi:

- Peniup (*Blower*) : Mengalirkan udara melalui sistem instalasi perpipaan menuju objek penelitian.
- Manometer U : Mengukur tekanan pada titik pengukuran.
- *Flowmeter* : Memastikan laju alir (*flowrate*) sesuai dengan yang diinginkan.
- Objek *sudden enlargement* : Variasi bentuk yang akan diuji, yaitu *square edge*, *projecting edge*, *rounded edge*.

### 2. Prosedur Pengambilan data

- Pengujian Awal : Memastikan sistem berfungsi dengan baik, termasuk memeriksa kebocoran pada instalasi penelitian dan kalibrasi manometer U serta *flowmeter*.
- Pengaturan Laju Aliran : Mengatur laju alir (*flowrate*) fluida dengan menyesuaikan bukaan *valve* hingga nilai laju aliran menunjukkan nilai 6 Liter/menit, 4 Liter/menit, dan 2 Liter/menit pada *flowmeter*.
- Pengukuran Tekanan : Data tekanan diukur menggunakan manometer U pada titik A1 (Diameter 12,7mm) dan A2 (Diameter 50mm) pada masing-masing objek *sudden enlargement*.
- Replikasi Pengukuran : Pada setiap kondisi laju aliran objek penelitian diuji sebanyak tiga kali untuk meningkatkan keandalan data.

### 3. Pengolahan data

- Pengukuran tekanan

Berdasarkan data tinggi kolom yang terbaca oleh manometer U dan setelah dilakukan konversi satuan dari mm ke m, maka data bisa dilanjutkan ke pengolahan data menggunakan persamaan (1).

$$P = \rho \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- P = Tekanan (Pa)
- $\rho$  = Kerapatan fluida air (1000 kg/m<sup>3</sup>)
- g = Percepatan gravitasi (sekitar 9,81 m/s<sup>2</sup>)
- h = Perbedaan tinggi kolom manometer U (m)

- Pengukuran Kecepatan

Setelah data tekanan diperoleh dari persamaan (1) dilanjutkan ke pengolahan data dengan menggunakan persamaan (2).

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho \text{ udara}}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- V = Kecepatan (m/s)
- P = Tekanan terukur pada manometer u (Pa)
- $\rho$  = Massa Jenis Udara (1,225 kg/m<sup>3</sup>)

- *Head loss*

Lalu jika data dari persamaan (1) dan (2) diperoleh maka pengolahan data dilanjutkan dengan persamaan (3).

$$hl = \left( \frac{P_1 - P_2}{\rho \text{ udara}} \right) + \left( \frac{V_1^2 - V_2^2}{2} \right) \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

- hl = Head loss
- P<sub>1</sub> = Tekanan Pada h<sub>1</sub> (Pa)
- P<sub>2</sub> = Tekanan Pada h<sub>2</sub> (Pa)
- V<sub>1</sub> = Kecepatan pada h<sub>1</sub> (m/s)
- V<sub>2</sub> = Kecepatan Pada h<sub>2</sub> (m/s)
- $\rho$  = Massa Jenis Udara (1,225 kg/m<sup>3</sup>)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Data Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan pada tiga variasi bentuk *sudden enlargement*: *Projecting Edge*, *Square Edge*, dan *Rounded Edge*, dengan dua tingkat laju aliran terukur pada instalai 1 inci: 6 Liter/menit dan 4 Liter/menit. Data diukur menggunakan manometer U, dengan dua titik pengukuran pada titik objek penelitian yang berdiameter 12,7 mm ( $h_1$ ) dan 50 mm ( $h_2$ ). Berikut data yang telah diperoleh terlampir pada tabel 1 dan tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 1.** Data Hasil Pengujian Pada Laju Aliran (*Flowrate*) 6 Liter/ Menit

Laju aliran 6 Liter/menit						
No.	<i>Projecting Edge Sudden Enlargement</i>		<i>Square Edge Sudden Enlargement</i>		<i>Rounded Edge Sudden Enlargement</i>	
	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)
	1.	9	6	9	6	10
2.	8	6	8	6	9	6
3.	9	5	10	7	10	7
<b>Rata-rata (m)</b>	0,0086	0,0056	0,009	0,0063	0,0096	0,0066
<b>P (Pa)</b>	84,37	54,94	88,29	61,80	94,18	64,75
<b>V (m/s)</b>	11,73	9,47	12,00	10,04	12,39	10,28
<b>hl (m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>)</b>	47,98		43,22		47,94	

Pada tabel 1. di atas distribusi tekanan dan kecepatan menunjukkan perbedaan yang signifikan antara ketiga bentuk. Variasi *square edge* menghasilkan kehilangan energi paling rendah dibandingkan dengan bentuk lainnya. Hal ini menunjukkan efisiensinya dalam meminimalkan turbulensi pada laju aliran tinggi. Variasi *rounded edge* berada pada posisi kedua, yang menunjukkan performa cukup baik meskipun kehilangan energi lebih tinggi dibandingkan Variasi *quare Edge*. Sementara itu, variasi *projecting edge* memiliki tingkat kehilangan energi yang paling besar, mengindikasikan adanya peningkatan turbulensi yang mengganggu kestabilan aliran.

**Tabel 2.** Data Hasil Pengujian Pada Laju Aliran (*Flowrate*) 4 Liter/ Menit

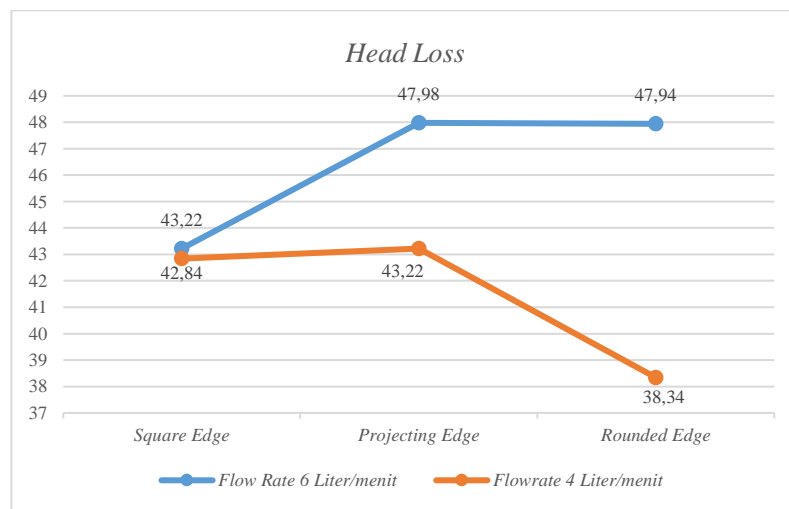
Laju aliran 4 Liter/menit						
No.	<i>Projecting Edge Sudden Enlargement</i>		<i>Square Edge Sudden Enlargement</i>		<i>Rounded Edge Sudden Enlargement</i>	
	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)
	1.	6	4	7	5	8
2.	7	4	7	4	9	6
3.	6	3	8	5	7	5
<b>Rata-rata (m)</b>	0,0063	0,0036	0,0073	0,0046	0,008	0,0056
<b>P (Pa)</b>	61,80	35,32	71,61	45,61	78,48	54,94
<b>V (m/s)</b>	10,04	7,59	10,81	8,58	11,31	9,47
<b>hl(m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>)</b>	43,22		42,84		38,34	

Pada tabel 2. di atas distribusi perubahan tekanan dan kecepatan lebih stabil pada variasi bentuk *rounded edge* yang menunjukkan efisiensi yang lebih baik dibandingkan dua bentuk lainnya karena lebih mampu menjaga kestabilan

aliran dan meminimalkan kehilangan energi. Variasi *square Edge* memiliki performa yang cukup mendekati variasi *rounded edge*, menjadikannya alternatif yang baik dalam kondisi tertentu. Variasi *projecting edge* kembali menunjukkan kehilangan energi yang lebih besar dibandingkan bentuk lainnya, mengindikasikan bahwa bentuk ini kurang optimal untuk digunakan.

Secara keseluruhan, hasil menunjukkan bahwa variasi bentuk *square edge* lebih unggul pada laju aliran 6 (liter/menit) karena mampu menjaga tekanan dan meminimalkan kehilangan energi secara efektif. Namun, untuk kondisi laju aliran 4 (liter/menit), Variasi *rounded edge* menjadi pilihan yang lebih optimal karena kestabilannya dalam mengurangi gangguan aliran. Variasi *projecting edge*, meskipun menunjukkan performa paling rendah dalam kedua kondisi, tetap dapat digunakan pada aplikasi tertentu dengan pertimbangan spesifik yang tidak memprioritaskan efisiensi energi.

Untuk mempermudah interpretasi hasil penelitian divisualisasikan dalam bentuk grafik yang menunjukkan *head loss* untuk setiap bentuk *sudden enlargement*. Grafik ini menyoroti bahwa setiap bentuk memiliki karakteristik berbeda bergantung pada laju aliran fluida. Berikut grafik perbedaannya yang tertampil pada gambar 2 di bawah.



Gambar 2. Grafik Head Loss

## VII. SIMPULAN

Berdasarkan Pengujian yang telah dilakukan tentang analisa Pengaruh variasi bentuk *sudden enlargement* pada aliran fluida laminar dapat disimpulkan variasi bentuk *square edge* menghasilkan kehilangan energi paling rendah pada laju aliran (6 Liter/menit). Hal ini menunjukkan bahwa bentuk ini mampu meminimalkan turbulensi dan menjaga distribusi aliran yang lebih seragam, sehingga efisien dalam mengurangi *head loss*.

Pada laju aliran (4 Liter/menit), variasi bentuk *rounded edge* lebih unggul karena memiliki kemampuan untuk menjaga kestabilan aliran dan mengurangi gangguan turbulensi secara lebih efektif dibandingkan bentuk lainnya. Lalu pada variasi bentuk *projecting edge* menunjukkan tingkat kehilangan energi yang paling tinggi pada kedua kondisi laju aliran. Tingginya turbulensi yang dihasilkan membuat bentuk ini kurang efisien untuk digunakan dalam aplikasi yang memprioritaskan efisiensi energi.

Pada laju aliran tinggi, variasi bentuk *square edge* lebih cocok digunakan karena kemampuannya dalam meminimalkan head loss, meskipun pada kondisi tertentu variasi bentuk *rounded edge* masih dapat menjadi alternatif. Pada laju aliran rendah, variasi bentuk *rounded edge* menjadi pilihan yang lebih optimal, mengingat kemampuannya dalam menjaga kestabilan aliran dibandingkan variasi bentuk *square edge*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada seluruh staff di ruang lingkup Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta rekan maupun teman-teman seperjuangan yang telah membantu dalam keberhasilan penelitian ini.

**REFERENSI**

- [1] F. Maulana and W. Sujana, “Analisa Variasi Foot Valve Dan Jatuh Air Terhadap Karakteristik Pada Pompa Sentrifugal,” *J. Flywheel*, vol. 12, no. 2, pp. 10–13, 2021, doi: 10.36040/flywheel.v12i2.4277.
- [2] D. A. Dwi Hersandi and I. M. Arsana, “Pengaruh Jenis Fluida Pendinginan Terhadap Kapasitas Radiator Pada Sistem Pendinginan Mesin Daihatsu Xenia 1300Cc,” *J. Pendidik. Tek. Mesin UNESA*, vol. 6, no. 03, pp. 41–52, 2018.
- [3] B. Shintarahayu and Y. L. Sialla, “Pengaruh Variasi Sambungan dan Katup terhadap Perubahan Kecepatan , Pressure Drop dan Koefisien Gesek pada Aliran Fluida dalam Pipa,” vol. 2, pp. 73–77, 2023, doi: 10.25042/jrt2k.122022.05.
- [4] I. Syahrizal and D. Perdana, “Kajian Eksperimen Instalasi Pompa Seri dan Paralel Terhadap Efisiensi Penggunaan Energi,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 194–200, 2020, doi: 10.24127/trb.v8i2.1056.
- [5] A. Fahrudin and M. Mulyadi, “Rancang Bangun Alat Uji Head Losses Dengan Variasi Debit Dan Jarak Elbow 90O Untuk Sistem Perpipaan Yang Efisien,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 32–35, 2018, doi: 10.24127/trb.v7i1.680.
- [6] I. Eka Putra, S. Sulaiman, and A. Galsha, “Analisa Rugi Aliran (Head Losses) pada Belokan Pipa PVC,” pp. 34–39, 2017, doi: 10.21063/pimimd4.2017.34-39.
- [7] H. Alkindi, H. Santosa, and E. Sutoyo, “Analisis Head Losses Pada Circulating Fluida Air Dalam Dua Jenis Pipa,” *J. Ilm. Tek. Mesin AME*, vol. 9, no. 1, pp. 51–56, 2023.
- [8] A. Arabi, Y. Salhi, Y. Zenati, E. K. Si-Ahmed, and J. Legrand, “Experimental investigation of sudden expansion’s influence on the hydrodynamic behavior of different sub-regimes of intermittent flow,” *J. Pet. Sci. Eng.*, vol. 205, no. September 2020, p. 108834, 2021, doi: 10.1016/j.petrol.2021.108834.

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*