

# Prediksi Perilaku Aliran di Belokan Saluran menggunakan Particle Swarm Optimization

**Hery Teguh Setiawan**

Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Tidar  
Magelang, Indonesia  
hery.teguh.s@untidar.ac.id

**Arrizka Yanuar Adipradana**

Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Tidar  
Magelang, Indonesia  
Arrizka.yanuar@gmail.com

**Abstract**— **Hydraulically, the flow behavior in straight and turning lines is different because it is influenced by geometric factors and other related hydraulic parameters. The hydraulic behavior of straight and turning lines has been widely studied by means of theoretical, experimental and numerical approaches. The theoretical approach is very limited and still leaves many questions, while the experimental approach requires large research costs, so that the numerical approach through computation can be used as a reliable alternative research as long as it is based on a theoretical basis and valid experimental data. The purpose of this research is to analyze and predict the flow behavior of channel bends using Particle Swarm Optimization (PSO) optimization algorithm. The results obtained indicate that the PSO can be relied upon in modeling the fluid flow velocity at the channel bends with an average error percentage of 8% compared to the measured data.**

**Keywords**— **Optimization, Numerical Method, PSO.**

## I. PENDAHULUAN

Sungai merupakan infrastruktur yang mempunyai fungsi sebagai irigasi dan drainasi. Peran Sungai cukup vital dalam Sistem Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) dimana terdapat persoalan Erosi dan Sedimentasi. Secara geografis sungai di Indonesia memiliki karakteristik tikungan pada beberapa titik aliran. Erosi biasanya terjadi pada sisi luar saluran menikung pada sungai, sedangkan pada sisi dalam akan terbentuk sedimentasi. Hal tersebut disebabkan adanya perubahan perilaku pada profil kecepatan aliran sungai secara transversal maupun longitudinal. Selama ini teori aliran lurus masih menjadi dasar dalam perencanaan bangunan pengaman tebing sungai[1]. Profil kecepatan pada aliran lurus sangat jauh berbeda dibandingkan dengan profil kecepatan pada saluran menikung. Pemodelan aliran longitudinal dan transversal pada saluran menikung sangat sulit untuk dilakukan secara matematis maupun secara numerik [2]. Pendekatan teoritis sangat terbatas dan masih menyisakan banyak pertanyaan sedangkan pendekatan eksperimen memerlukan alat dan bahan yang memadai sehingga akan yang berpengaruh terhadap biaya riset yang besar. Oleh sebab itu

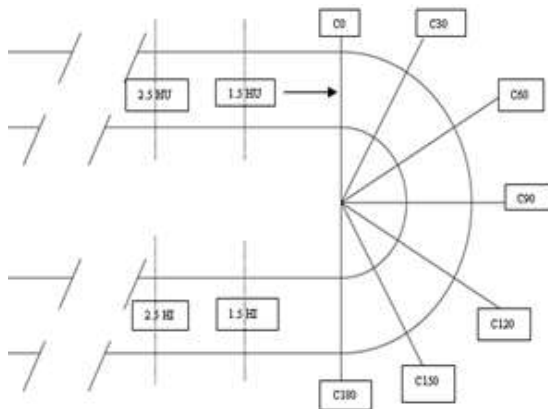
pendekatan numerik melalui komputasi dapat digunakan sebagai penelitian alternatif yang andal (*reliable*). Penelitian dengan menerapkan regresi linear *auto-regressive integrated moving average* (ARIMA) serta *artificial neural networks* (ANN). Performa model dibandingkan berdasarkan koefisien determinasi maksimum ( $R^2$ ) serta *root means square error* (RMSE). Berdasarkan hasil tersebut model ANN menyajikan pengukuran yang paling akurat, dengan nilai  $R^2$  sebesar 0.868 dan RMSE 18%. Namun pada penelitian ini tidak disertai pembahasan tentang profil kecepatan aliran longitudinal pada saluran yang membelok[3]. Penelitian dengan menggunakan model Box-Jenkins yaitu GR2M, ABCD, dan autoregressive moving average (ARIMA) yang memiliki desain numerik. Ketiga model tersebut diterapkan pada tiga daerah tangkapan air yang terletak di barat laut Aljazair pada daerah cekungan telah dipilih sesuai dengan ketersediaan data hidrologi dan iklim untuk mengkalibrasi model, dengan mempertimbangkan variabel iklim dan perilaku stokastik dari aliran sungai alami. Secara keseluruhan, model konseptual memiliki kinerja yang serupa; sedangkan hasil menunjukkan bahwa model GR2M berkinerja lebih baik daripada ABCD pada tahap validasi, model stokastik menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan model konseptual dalam kasus Mellah Wadi yang menyajikan permeabilitas tinggi dalam perilakunya. Hal ini dikarenakan kesederhanaan model yang dibutuhkan untuk data (hanya data limpasan) dan kemampuan model stokastik untuk menghasilkan aliran sungai di daerah tangkapan yang kompleks[4]. Pemodelan profil kecepatan pada tikungan belum dipertimbangkan pada penelitian tersebut.

Penelitian secara eksperimental telah banyak dilakukan dengan mengembangkan model dalam skala laboratorium namun hal tersebut kurang representatif serta memerlukan biaya yang mahal dalam proses pengambilan data. Oleh sebab itu pada penelitian ini akan dilakukan pendekatan heuristik untuk mengetahui, menganalisis dan memprediksi perilaku aliran di belokan saluran menggunakan PSO (*Particle Swarm Optimization*) untuk mengetahui profil kecepatan pada saluran yang menikung secara murah dan efisien. Ketepatan hasil pemodelan nantinya akan dibandingkan dengan data sekunder hasil pengukuran langsung di lapangan, maupun di eksperimen di laboratorium.

## Prediksi Perilaku Aliran di Belokan Saluran menggunakan Particle Swarm Optimization

### II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini penulis mengimplementasikan komputasi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence System*) algoritma optimasi PSO (*Particle Swarm Optimization*) untuk menganalisis dan memprediksi perilaku aliran di belokan saluran. Penulis membandingkan hasil pengukuran data kecepatan aliran longitudinal secara langsung dilapangan dengan hasil pemrhitungan dengan menggunakan algoritma optimasi PSO. Pengukuran di flume dilakukan pada dua kondisi yaitu dasar bergerak (*erodible bed*) dan dasar tetap (*fixed bed*) dengan sudut pengukuran pada sudut 00, 300, 600, 900, 1200, 1500, 1800 dimaksudkan agar perilaku aliran pada tiap sudut terdeskripsikan dengan baik seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema pengukuran pada flume

Aliran primer merupakan aliran yang terjadi secara longitudinal akibat kecepatan arah longitudinal, secara detail hal ini dapat diamati dari distribusi kecepatan partikel-partikel air yang terjadi. Dukungan alat ukur penting untuk dapat memahami fenomena fisik yang terjadi. Pergerakan partikel air yang terjadi akan sangat berbeda antara saluran lurus dan membelok oleh sebab itu model formula aliran yang dikembangkan di saluran lurus tidak dapat digunakan pada saluran membelok. Beberapa persamaan empiris dari para peneliti adalah sebagai berikut:

$$U = U_m \left( 1 + \frac{\sqrt{g}}{\kappa C} (1 + \ln \eta) \right) \quad (1)$$

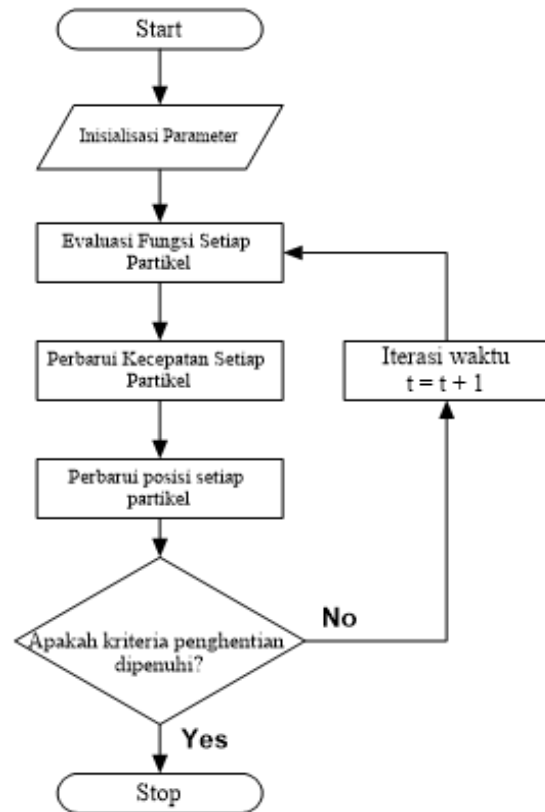
$$U_s = \bar{U}_* \left( \frac{\bar{U}_s}{U_a} \left( \frac{U_a}{\bar{U}_*} + \frac{1}{\kappa} (1 + \ln \eta) \right) \right) \quad (2)$$

$$U_s = \frac{\sqrt{C_f}}{0.077} \bar{U}_s \left( \chi + \frac{z}{d} - 0.5 \left( \frac{z}{d} \right)^2 \right) \quad (3)$$

$$U_s = \bar{U}_s \left( 1 + \frac{U_{*o}}{\bar{U}_{*o}} \left( \frac{1}{\kappa} (1 + \ln \eta) \right) \right) \quad (4)$$

Persamaan (1) ditemukan oleh Rozovskii (1961), persamaan (2) oleh Kikkawa dkk (1976), persamaan (3) oleh Johannesson dan Parker (1989b), persamaan (4) oleh Bridge (1992). Persamaan tersebut

digunakan untuk perhitungan optimasi dengan menerapkan algoritma PSO. Secara garis besar proses iterasi dengan menggunakan PSO terdiri dari beberapa tahapan yaitu inialisasi parameter PSO, definisi permasalahan, iterasi, dan hasil. Secara diagram alir dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Adapun langkah-langkah penerapan algoritma PSO dalam penelitian ini dapat dijabarkan secara bertahap sebagai berikut:

1. Membangkitkan posisi dan kecepatan awal partikel secara random berdasarkan dimensi dan batasan yang telah ditentukan pada fungsi tujuan. Dalam MATLAB dilakukan dengan:

$$dim = 1$$

$$upbnd = 1$$

$$lwbnd = 0.06$$

$$(1) x = rand(n, dim) * (upbnd - lwbnd) + lwbnd$$

$$y = rand(n, dim)$$

2. Mengevaluasi *fitness* dari masing-masing partikel, selanjutnya menentukan partikel terbaik dan disimpan dalam variabel *Gbest*. Sedangkan *Pbest* sama dengan posisi awal partikel untuk iterasi awal.

$$pbest = x$$

$$pbest = y$$

$$[minf, idk] = \min(f)$$

$$gbest = x(idk, :)$$

$$lastbest = [0 \ 0]$$

$$minfoot = []$$

## Prediksi Perilaku Aliran di Belokan Saluran menggunakan Particle Swarm Optimization

3. Update posisi dan kecepatan setiap partikel. Dalam MATLAB ditulis sebagai berikut:

```
for j = 1 : brs
    v(j,:) = v(j,:)+r1.*(pbest(j,:)-x(j,:))+r2.*(gbest-x(j,:))
    x(j,:) = x(j,:)+v(j,:)
    f(j)=fungsi2(x(j,:))
end
changerow=f<fbest
fbest=fbest.*(1-changerow)+f.*changerow
pbest(find(changerow), :)
minftot = [minftot; minf]
gbest=pbest(idk,:)
```

4. Mengulangi sehingga hasil iterasi sesuai dengan stop criteria. Secara matematis fungsi tujuan (fungsi objektif) dari penelitian ini adalah:

$$\text{Max } f(x) = U_m(1 + (\sqrt{g/kC})\ln(x))$$

Dengan

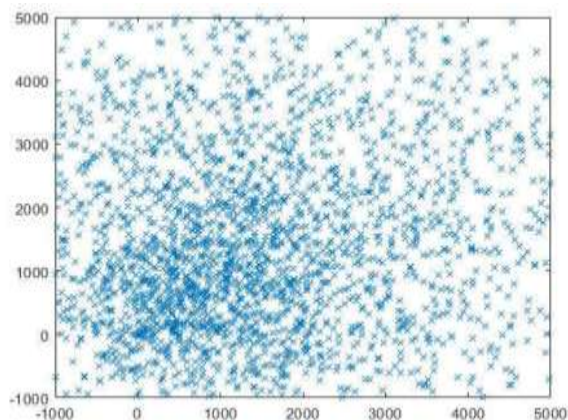
$$0.06 \leq x \leq 1$$

Persamaan fungsi objektif merupakan persamaan untuk menghitung kecepatan aliran longitudinal pada belokan saluran air yang dikemukakan pertama kali oleh rozovskii (1961) yang menghitung kecepatan longitudinal berdasarkan prinsip *Mixing Length*.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil pemodelan PSO dengan software Matlab

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, pemodelan dilakukan dengan software Matlab untuk mensimulasikan model matematik kedalam algoritma PSO. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 3 yang merupakan bentuk populasi awal dibangkitkan secara random.



Gambar 3. Sebaran partikel acak yang dibangkitkan

Pencarian solusi dengan algoritma PSO dibangkitkan secara random dengan mempertimbangkan nilai terkecil dan nilai terbesar yang dilakukan oleh suatu populasi yang terdiri dari beberapa partikel. Dimana setiap partikel mempresentasikan posisi atau solusi dari

permasalahan yang dihadapi. Kemudian setiap partikel akan mencari solusi yang optimal pada ruang pencarian (*search space*).

#### B. Perbandingan hasil simulasi dengan Pengukuran langsung.

Untuk validasi data hasil simulasi dengan menggunakan PSO maka data yang didapatkan dibandingkan dengan data hasil pengukuran. Setelah itu dilakukan analisis dengan menghitung nilai error seperti yang terlihat pada Tabel. 1. Selanjutnya data disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil perbandingan metode pengukuran langsung terhadap hasil simulasi dengan PSO

Pengukuran langsung dilapangan untuk kecepatan aliran longitudinal pada belokan saluran memang sulit untuk dilakukan sehingga dilakukan pendekatan dengan pemodelan seperti yang telah dilakukan pada[5],[3],[6]. Beberapa metode pemodelan telah dilakukan diantaranya dengan esemble steam flow prediction[7], SWAT-VRR[8],[9],[10]. Pemodelan lebih dipilih disebabkan tingginya biaya dan resiko yang timbul jika dilakukan pengukuran langsung pada belokan saluran dimana hasil pemodelan dan hasil pengukuran masih dalam selisih toleransi yang cukup baik dengan error rata-rata sebesar 8%.

Tabel 1. Kecepatan longitudinal dengan PSO

$\eta$	Observed $U_m$ (m/s)	Rozovskii (1961) $U_m$ (m/s)	PSO	Error
0,06	0,15	0,326	0,270	0,118
0,09	0,20	0,345	0,290	0,09
0,12	0,24	0,358	0,3	0,064
0,15	0,27	0,369	0,31	0,037
0,18	0,30	0,377	0,32	0,019
0,21	0,33	0,384	0,33	0,001
0,24	0,35	0,391	0,34	0,01
0,3	0,37	0,401	0,35	0,016
0,36	0,38	0,409	0,35	0,032
0,42	0,40	0,417	0,36	0,038
0,48	0,41	0,423	0,37	0,036
0,54	0,44	0,428	0,372	0,067
0,6	0,46	0,433	0,38	0,079
0,66	0,49	0,438	0,381	0,106
0,72	0,52	0,442	0,385	0,13
0,78	0,53	0,445	0,39	0,138

## Prediksi Perilaku Aliran di Belokan Saluran menggunakan Particle Swarm Optimization

0,84	0,55	0,449	0,392	0,16
0,9	0,56	0,452	0,395	0,169
0,96	0,57	0,455	0,398	0,174
1	0,57	0,457	0,457	0,115
Rerata	0,40			0,08

berdasarkan data pada tabel 1. karakteristik distribusi kecepatan pada aliran primer adalah kecepatan maksimum yang rata-rata berada di dekat dasar dan tren distribusi yang semakin datar (*flatter*) saat mendekati permukaan saluran. Letak kecepatan maksimum pada inner bank, centerline dan outer bank. kecepatan longitudinal rerata kedalaman pada awal belokan di sisi dalam mempunyai kecepatan yang lebih besar daripada sisi tengah dan sisi luar, sedangkan kecepatan minimum di akhir belokan.

### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa pemodelan kecepatan longitudinal pada belokan saluran air menghasilkan persentase error yang cukup kecil yaitu sebesar 0,08 selanjutnya untuk meningkatkan akurasi dari simulasi yang dilakukan maka peneliti akan mencoba melakukan sedikit modifikasi pada teknik pembobotan inersia pada algoritma PSO yang digunakan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumiyadi, (2014 ). “Aliran Pada Saluran Menikung Dasar Rata Dan Dasar Tergerus (Flow on Flat and Eroded-Bed Curved Channel),” *Univ. Gadjah Mada*, pp. 1–34.
- [2] A. Y. Adipradana, (2014 ). “Karakteristika Aliran Primer Dan Sekunder Pada Belokan Saluran,” vol. 7, pp. 219–232.
- [3] S. Londhe and S. Gavraskar, (2018). “Stream flow forecasting using least square support vector regression,” *J. Soft Comput. Civ.*
- [4] O. Boulariah, M. Meddi, and A. Longobardi, (2019). “Assessment of prediction performances of stochastic and conceptual hydrological models: monthly stream flow prediction in northwestern Algeria,” *Arab. J. Geosci.*
- [5] R. M. Adnan, Z. Liang, S. Trajkovic, M. Zounemat-Kermani, B. Li, and O. Kisi, (2019). “Daily streamflow prediction using optimally pruned extreme learning machine,” *J. Hydrol.*, vol. 577, no. May, doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.123981.
- [6] I. K. Marchevskii and V. V Puzikova, (2017), “Numerical simulation of the flow around two circular airfoils positioned across the stream using the LS-STAG method,” *J. Mach. Manuf.*
- [7] A. Shahbazi, A. M. A. Ali, and F. Radmanesh, (2017). “Ensemble Stream Flow Prediction (ESP) Using Hybrid Rainfall Runoff Model (Case study: Roud Zard Basin).”(JISE)(SCIENTIFIC JOURNAL OF
- [8] W. Chong, Z. Lin-Jing, W. Qing, C. Lian-Hai,

(2020). “Estimation of landscape pattern change on stream flow using SWAT-VRR,” *Eur. J.*

- [9] A. Varughese, (2020). “Modelling stream flow using swat model: A case study of Thuthapuzha river Basin, Kerala,” *Int. J. Farm Sci.*.
- [10] F. Naseri, M. Azari, and M. T. Dastoorani, (2018 ). “Simulation of stream flow and sediment yield in Fariman dam watershed using SWAT model and genetic algorithm.,” *J. Water Soil.*

