

## MODEL NUMERIK ARUS PASANG SURUT PADA PENAMPANG VERTIKAL KANAL SEMPIT

Mohammad Lutfi<sup>1\*</sup> dan Esterina Natalia Paingan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi Migas

\*E-mail: [m.lutfi@sttmigas.ac.id](mailto:m.lutfi@sttmigas.ac.id)

### ABSTRACT

*Erosion and water pollution caused by current movements are problems that often occur in river and coastal areas. This research aims to model the dynamics of tidal currents in the vertical cross section of a narrow channel. The simulation was carried out using a numerical model based on the Fortran programming language which was run using a tidal generator force. Depth data, tidal constants, and channel geometry were used to calculate current speed and its direction. The simulation results revealed that the sigma coordinate system has been successfully applied to the research area, where the current velocity vector can be displayed on each layer of the vertical cross section. The movement of tidal currents in the simulation area is in accordance with the theory of tidal currents in narrow areas such as bays and the resulting current velocity vector values in each tidal condition are relatively small.*

**Keywords:** Numerical model, tides, vertical cross section, and sigma coordinate system

### ABSTRAK

Erosi dan pencemaran perairan yang diakibatkan oleh pergerakan arus merupakan masalah yang sering terjadi di daerah sungai dan pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dinamika arus pasang surut pada penampang vertikal dari suatu kanal sempit. Simulasi dilakukan dengan menggunakan model numerik berbasis bahasa pemrograman Fortran yang dijalankan dengan menggunakan gaya pembangkit pasang surut. Data kedalaman, konstanta pasang surut, dan geometri kanal digunakan untuk menghitung kecepatan dan arah arus. Hasil simulasi mengungkapkan bahwa sistem koordinat sigma telah berhasil diterapkan pada daerah penelitian, dimana vektor kecepatan arus dapat ditampilkan pada setiap lapisan penampang vertikal. Pergerakan arus pasang surut pada daerah simulasi bersesuaian dengan teori arus pasang surut pada daerah sempit seperti teluk dan nilai vektor kecepatan arus yang dihasilkan pada setiap kondisi pasang surut relatif kecil.

**Kata kunci:** Model numerik, pasang surut, penampang vertikal, dan sistem koordinat sigma.

### PENDAHULUAN

Fenomena pasang surut memiliki dampak yang signifikan pada berbagai aspek kehidupan (Sulaiman dkk., 2018), beberapa diantaranya yaitu, navigasi maritim (Khairunnisa dkk., 2021), prediksi hidrometeorologi (Tyree dkk., 2013), pengelolaan sumberdaya perikanan (Sunnyowati dkk., 2022), perencanaan pembangunan pesisir (Sagala dkk., 2021), dan pemahaman ekologi laut

(Sulaiman dkk., 2019).

Pemahaman yang baik tentang arus pasang surut sangat bergantung pada pemodelan numerik yang akurat. Model numerik digunakan untuk menyelesaikan permasalahan matematis yang sulit diselesaikan secara analitik (Lutfi, 2018). Pemodelan ini menggunakan software Fortran untuk menggambarkan perubahan tinggi muka air, kecepatan arus, dan arah arus.

Salah satu masalah dalam pembuatan model numerik arus pasang surut dalam tiga dimensi adalah terjadinya *run time error* saat simulasi yang disebabkan oleh kegagalan perhitungan numerik pada penampang vertikal (Lutfi, 2020). Hasil pemodelan numerik merupakan alat penting dalam mendukung berbagai aspek ilmu kelautan, geosains, dan manajemen pesisir serta Pembangunan berkelanjutan (Basuki dkk., 2023). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah membuat model numerik arus pasang surut pada penampang vertikal kanal sempit. Model ini diharapkan dapat diterapkan pada perairan yang memiliki geometri yang serupa.

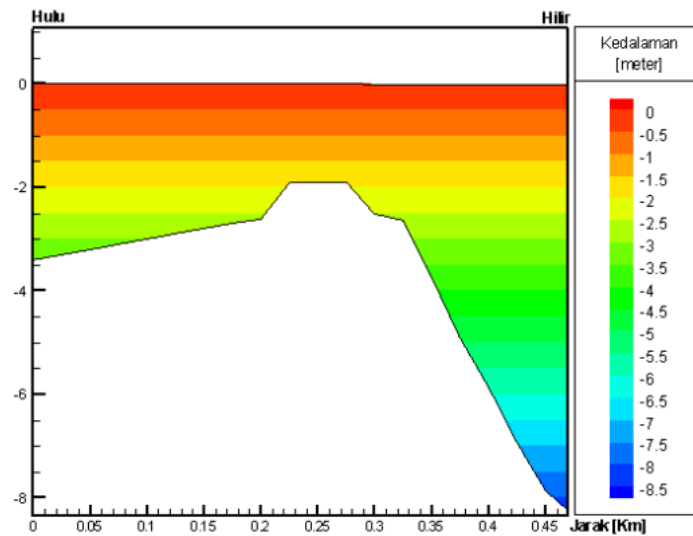
## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang bertujuan untuk membuat model numerik pasang surut pada penampang vertikal. Simulasi dilakukan dengan menggunakan model numerik menggunakan bahasa pemrograman Fortran.

### **Daerah Penelitian**

Daerah model secara horizontal didiskritisasi menjadi 100x100 grid dengan  $\Delta x = \Delta y = 10 \times 10$  m. Sedangkan pada daerah vertikal dibagi menjadi sebelas lapisan dengan ketebalan yang berbeda pada setiap lapisan. Ketebalan tiap lapisan masing-masing adalah sebagai berikut: 0,1 m, 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m, 2,5 m, 3,0 m, 4,0 m, 5,0 m dan pada kedalaman maksimum 8,3 m.

Simulasi pada penampang vertikal dilakukan dengan memasukkan informasi grid di bagian hulu dan hilir pada program. Gambar 1 memperlihatkan profil kedalaman vertikal daerah simulasi, pada bagian hilir kedalaman maksimumnya adalah sekitar 3,5 meter, sedangkan pada bagian hilir sekitar 8,3 m.



Gambar 1. Daerah simulasi pada penampang vertical

### Syarat Batas Model

Syarat-syarat batas pada daerah simulasi meliputi batas tertutup, batas terbuka, dan batas dasar perairan. Data geometri kanal dan kedalaman perairan digunakan sebagai batas tertutup dan syarat batas dasar perairan serta konstanta pasang surut dimasukkan pada batas terbuka.

### Pembuatan Program Masukan Data

Pembuatan program untuk masukan data yang akan digunakan sebagai input untuk menjalankan program. Pembuatan program bertujuan untuk mempercepat proses pemasukan data dan menghindari kesalahan dalam pemasukan data dalam jumlah yang besar.

### Running Program

Parameter pasang surut garis pantai dan batimetri digunakan sebagai input untuk mendapatkan output berupa vektor kecepatan arus dan elevasi muka air. Simulasi dilakukan menggunakan time step sebesar 0,1s. Pemilihan tersebut telah memenuhi syarat stabilitas Courant-Friedrichs-Lewy (CFL).

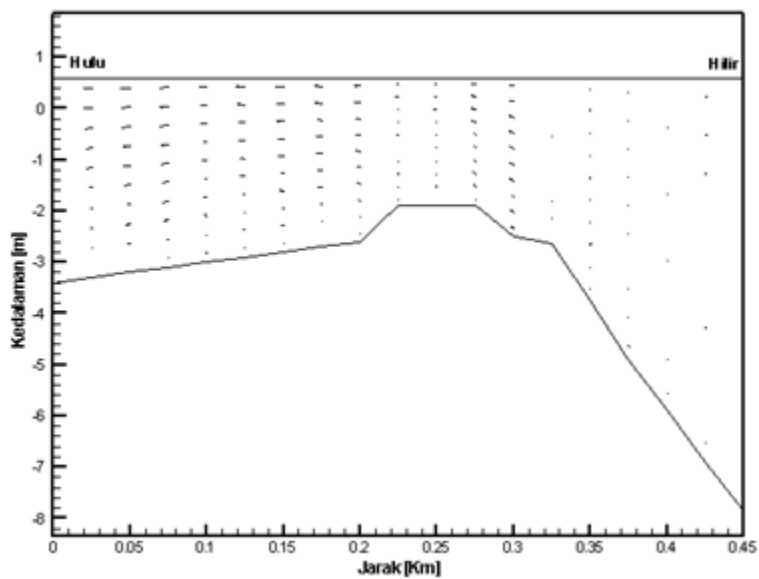
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Arus pasang surut bergerak dengan arah yang saling bertolak belakang. Dimana arah arus laut ketika elevasi air surut menuju pasang berlawanan dengan arah arus ketika elevasi air berada pada kondisi pasang menuju surut.

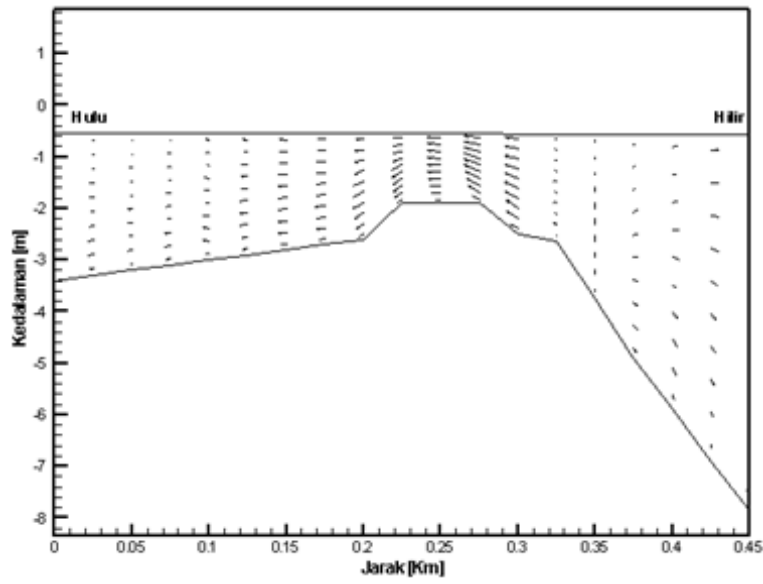
Pada daerah perairan sempit dan tertutup seperti teluk, ketika elevasi air berada pada posisi pasang menuju surut terjadi pengurasan air laut (waktu kuras), sedangkan ketika elevasi air berada saat surut menuju pasang terjadi pengisian air laut pada daerah tersebut. Arus minimum terjadi ketika pasang tertinggi dan surut terendah. Sehingga periode kecepatan arus pasang surut akan mengikuti periode pasang surut yang membangkitkannya.

Simulasi arus pasang surut dilakukan dengan memasukkan konstanta pasang surut sebagai gaya pembangkit arus pada batas terbuka laut tanpa memasukkan data debit sungai untuk menguji stabilitas numerik model pada daerah penelitian.

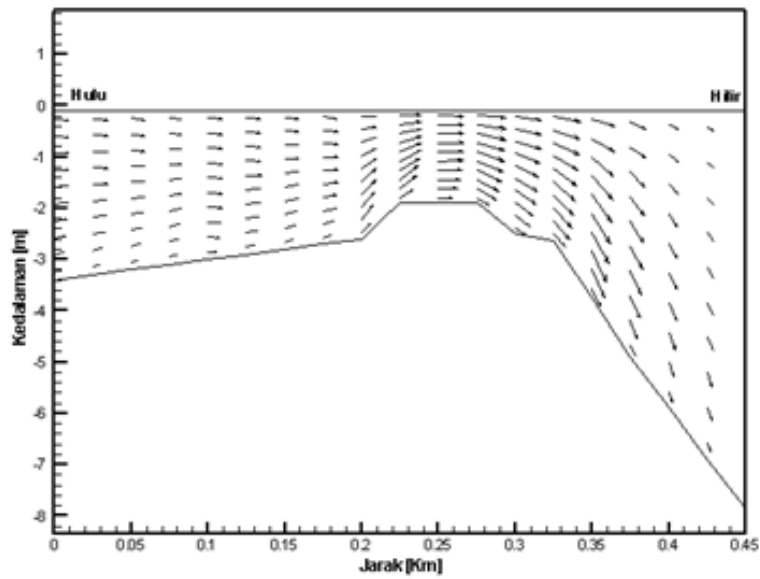
Berdasarkan hasil simulasi, pola arus pasang surut menunjukkan hasil yang bersesuaian dengan teori arus pasang surut pada daerah sempit seperti teluk, yaitu kecepatan arus pasang surut minimum atau efektif nol terjadi pada saat pasang tertinggi (Gambar 1),



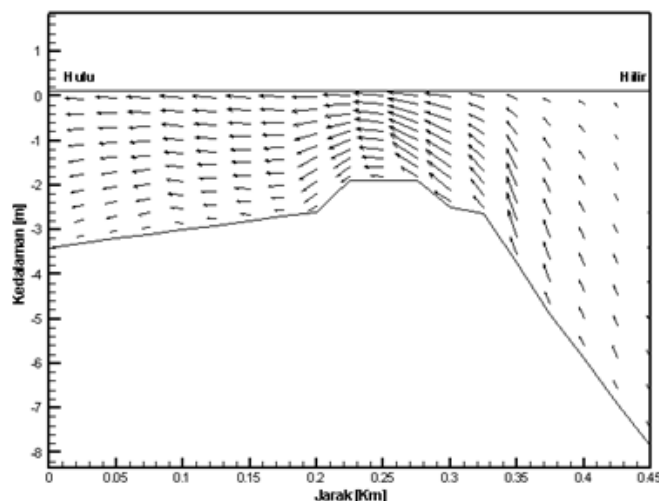
**Gambar 1.** Pola arus saat elevasi pasang tertinggi



Gambar 2. Pola arus pasang surut saat elevasi surut terendah ( $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ )



Gambar 3. Pola arus pasang surut saat elevasi menuju surut



**Gambar 4.** Pola arus pasang surut saat elevasi menuju pasang

Pada kondisi surut terendah (Gambar 2) nilai arus lebih kecil dibandingkan dengan kondisi elevasi menuju surut dan menuju pasang. Arus bergerak masuk ke huku saat kondisi elevasi menuju surut dan saat kondisi elevasi menuju pasang arah arus bergerak ke hilir (Gambar 3 dan 4). Pada saat-saat tersebut terjadi perubahan arah dan kecepatan arus pasang surut. Hasil simulasi kecepatan arus pasang surut pada penampang vertikal adalah sebagai berikut: Saat kondisi elevasi menuju surut berkisar antara 0 – 0,031 m/s, saat kondisi elevasi surut terendah berkisar antara 0 – 0,009 m/s, saat kondisi elevasi menuju pasang berkisar antara 0 – 0,027 m/s, dan saat kondisi elevasi pasang tertinggi berkisar antara 0 – 0,009 m/s.

Hasil simulasi numerik yang terlihat pada keempat gambar di atas memperlihatkan vektor kecepatan arus yang berubah pada setiap lapisan berdasarkan sistem koordinat sigma. Berdasarkan nilai kecepatan arus hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa pengaruh pasang surut pada daerah simulasi relatif kecil.

## KESIMPULAN

Simulasi arus pasang surut menggunakan bahasa pemrograman Fortran telah diterapkan pada kanal sempit. Hasil simulasi mengungkapkan bahwa sistem koordinat sigma telah berhasil diterapkan pada daerah penelitian, dimana vektor kecepatan arus dapat ditampilkan pada setiap lapisan penampang vertikal. Pergerakan arus pasang surut pada daerah simulasi bersesuaian dengan teori arus pasang surut pada daerah sempit seperti teluk dan nilai vektor kecepatan arus yang dihasilkan pada setiap kondisi pasang surut relatif kecil. Aplikasi program sebaiknya dapat diterapkan pada keadaan yang rill di lapangan untuk validasi model.

**PENGAKUAN DAN UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penelitian ini. Terima kasih untuk LPPM STT Migas untuk dukungan pendanaan hibah internal pada penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Basuki, B., Apriyeni, B. A. R., Purnamasari, I., Rachman, H. A., Rahman, F. A., & Mubarokah, N. (2023). *Pengantar Informasi Geospasial*. Penerbit Tahta Media.
- Khairunnisa, K., Apdillah, D., & Putra, R. D. (2021). Karakteristik pasang surut di perairan Pulau Bintan bagian timur menggunakan metode admiralty. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 14(1), 58-69.
- Lutfi, M. (2018, June). The effect of gravitational field on brachistochrone problem. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1028, No. 1, p. 012060). IOP Publishing.
- Lutfi, M. (2020). Hydrodynamics circulation model in the estuary of Palu river based on numerical calculations. *Journal of Engineering Science and Technology*, 15(4), 2309-2323.
- Sagala, H. A., Pasaribu, R. P., & Ulya, F. K. (2021). Pemodelan Pasang Surut dengan Menggunakan Metode Flexible Mesh untuk Mengetahui Genangan Rob di Pesisir Karawang. *PELAGICUS*, 2(3), 141-156.
- Sulaiman, B., Bambang, A. N., Purnaweni, H., & Lutfi, M. (2018). The effect of mangrove on fish catch using belat at Teluk Pemedas and Sanipah of Kutai Kartanegara regency, east Kalimantan province, Indonesia. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 31, p. 08029). EDP Sciences.
- Sulaiman, B., Bambang, A. N., Purnaweni, H., Lutfi, M., & Mohammed, E. M. A. (2019). Coastal community perception of mangroves in Suli subdistrict, Luwu. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(4), 561-569.
- Sunyowati, D., Inayatun, I., & Camelia, A. I. (2022). Upaya Keberlanjutan Sumber Daya Perikanan terhadap Ancaman Sampah Laut Plastik di Pesisir Kelurahan Kedungcowek-Surabaya. *Panrita Abdi-Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 6(3), 646-659.
- Tyree, J., Johnson, S. V., Pascua, M. C. L., Rahaman, M. M., Tenorio, A. L., & Lutfi, M. (2013). Effectiveness of camanava flood control project: A case study of selected flood control structures during typhoon gener and monsoon rains in August 2012. *國際協力研究誌*, 19(3), 131-145.