

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mekanika fluida mengkaji perilaku fluida (cairan dan gas) berdasarkan prinsip dasar yang mengatur pergerakan fluida yakni gerak material dengan distribusi massa kontinu serta interaksi antar fluida tersebut yang berdasarkan landasan hukum mekanika. Aliran fluida didefinisikan sebagai aliran massa yang melibatkan deformasi kontinu (berkelanjutan) yang diakibatkan karena tegangan geser (*shear stress*). Pemahaman modern, tentang mekanika fluida telah banyak dikemukakan oleh beberapa peneliti seperti Daniel Bernoulli, Leonahard Euler, dan Claude-Louis Navier pada abad ke-18 dan ke-19 yang telah mengemukakan beberapa formulasi matematis serta hukum-hukum seperti Hukum Bernoulli dan Hukum Navier-Stokes. Saat ini perkembangan pemahaman mekanika fluida telah berkembang pesat dengan penggunaan teknologi komputer untuk simulasi numerik yang memungkinkan analisis lebih mendalam terhadap aliran fluida yang kompleks (Gilang *et al.*, 2024)

Gerak dalam fluida berdasarkan pada hukum kekekalan massa, momentum dan energi. Dalam hal ini berlaku hipotesis kontinum, dengan gerak materinya (fluida) tidak bisa digunakan untuk menentukan apakah struktur materinya diskrit atau kontinum. Pada fluida dengan representasi kontinum, efek gerak sebenarnya dari molekul diskrit dapat dinyatakan dalam fenomena *transport* seperti difusi,

viskositas, dan konduktivitas termal dalam persamaan gerak. Dalam mekanika fluida semua variabel seperti massa, massa jenis, momentum, energi, dan variabel termodinamika (tekanan, temperatur, entropi, entalpi, energi dalam, dan sebagainya) dianggap kontinu dan dalam fungsi diferensial terhadap posisi dan waktu (Kambe, 2006)

Laut merupakan salah satu kajian mekanika fluida dengan gerak fluidanya termasuk ke dalam gerak turbulen (*turbulent motion*) yang mana gerak aliran partikel fluida yang bergerak ke segala arah dengan kecepatan yang sama atau berbeda terhadap sumbu koordinat x , y , dan z . Tingkat turbulensi pada fluida tergantung pada kekentalan fluida, massa jenis, kecepatan partikel fluida, dan geometri tempat fluida mengalir. Selain itu, berdasarkan pengaruhnya terhadap waktu gerak aliran di laut juga termasuk ke dalam gerak tunak (*steady motion*) yang terjadi apabila suatu posisi dalam medan aliran tidak berubah terhadap waktu (konstan). Suatu variabel aliran bisa berubah dari satu posisi ke posisi yang lain, tetapi nilai variabel tersebut di satu posisi harus tetap (konstan) setiap saat. Serta ada juga gerak tidak tunak (*unsteady motion*) yang terjadi apabila variabel alirannya berubah terhadap waktu (Ghurri, 2014). Air laut termasuk ke dalam fluida *incompressible* yang berarti fluida yang tidak bisa dimampatkan. Karena saat diberi tekanan, perubahan rapat massa atau densitasnya sangat kecil dan dapat diabaikan. Sehingga berlaku persamaan kontinuitas pada fluida dinamis *incompressible* seperti pada air laut (Ramming & Kowalik, 1980)

Indonesia sebagai negara kepulauan tentunya memiliki banyak pulau, selat dan juga lautan yang membentang dari Sabang hingga Merauke. Pantai dan laut merupakan salah satu kekayaan alam yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat

sebagai sumber mata pencaharian dan sebagai daya tarik obyek wisata, sehingga kelestarian laut harus tetap dijaga. Beberapa parameter oseanografi yang berpengaruh pada kehidupan masyarakat dan pariwisata antara lain suhu permukaan perairan, kedalaman perairan, kecepatan arus, kecerahan perairan, salinitas, densitas, perubahan pasang surut, dan gelombang laut (Fahrizal et al., 2022). Parameter inilah yang memberikan ciri tersendiri pada perairan laut di suatu wilayah. Sehingga diperlukan analisis serta kajian yang lebih mendalam terkait ciri perairan laut di suatu wilayah utamanya wilayah laut yang sering digunakan sebagai objek wisata dan mata pencaharian masyarakat pesisir.

Salah satu penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Tanto dan Ilham yang dilakukan pada kawasan konservasi perairan di Kota Padang yakni di Pulau Bindalang dan Pulau Sibonta. Penelitian tersebut mengkaji parameter oseanografi perairan seperti pasang surut, arus, gelombang laut, suhu dan salinitas permukaan. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder, data primer didapat dari alat ukur seperti alat ukur arus menggunakan *floating drodge*, alat ukur suhu menggunakan alat portabel *multiparameter checker*, serta pasang surut diperoleh menggunakan alat ukur portabel HOBOTide yang kemudian datanya dibandingkan dengan model NAOTide. Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa pada pantai di sekitar pulau Bindalang dan Pulau Sibonta memiliki karakteristik pantai beting dengan pasir putih dan dengan pecahan karang, tergolong landai dengan pantai yang luas dan lebar. Kedalaman laut tergolong dangkal sekitar 60-190 m, pasang surut yang terjadi termasuk pasang surut campuran condong dengan *tidal range* 149,42 cm, arus permukaan laut cukup rendah sebesar $< 20,16$ cm/s. Nilai suhu permukaan laut berkisar $29,9 - 30,1^{\circ}\text{C}$,

salinitas permukaan 30,1 – 33,8 ‰ dan kecerahan perairan mencapai 100 % sehingga kondisi perairan di pantai tersebut tergolong sangat baik (Tanto & Ilham, 2023).

Penelitian lain juga dilakukan oleh Fahrizal pada kawasan Pantai Batu Lubang Distrik Makbon Kabupaten Sorong, Papua Barat untuk mengetahui karakteristik oseanografi perairan pada kawasan Pantai Batu Lubang. Penelitian ini menggunakan sumber data primer dari hasil survei, observasi serta dokumentasi dan sumber data sekunder yang berasal dari studi pustaka atau literatur serta citra satelit, untuk analisis yang dilakukan menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa kecepatan arus berkisar antara 0,012 m/s hingga 1,024 m/s yang masih termasuk kedalam kategori baik. Kecerahan perairan berkisar antara > 63,33 % hingga 74 – 80 %. Kemudian suhu permukaan perairan yang berkisar antara 25°C hingga 32°C, kedalaman perairan yang dekat dengan tepi pantai mencapai 0,30 m hingga 5,27 m. Untuk substrat dasar perairan tergolong berpasir serta dengan nilai salinitas perairan berada pada kisaran 33,4 – 34,5 ‰ dengan tinggi gelombang berkisar antara 0,15 hingga 0,58 meter, tinggi gelombang tersebut masih tergolong baik dan aman. Selain itu tingkat pasang surut pada pantai tersebut berkisar antara 0,04 m hingga 0,61 m sehingga kondisi pasang surut ini termasuk dalam kategori kecil (Fahrizal *et al.*, 2022).

Penelitian lain juga dilakukan oleh Cao di Pulau Xisha dan Pulau Yongxing, Laut Cina Selatan dengan menggunakan model numerik FVCOM (*Finite Volume Community Ocean Model*) untuk mengetahui karakteristik dari batas laut antara Pulau Yongxing dengan Pulau Xisha serta untuk menganalisis perbedaan kondisi

batas laut Pulau Yongxing pada setiap musin terutama pada musin panas dan musim dingin. Karakteristik yang dikaji dalam penelitian ini diantaranya, tingkat pasang surut, kecepatan arus dan arah arus. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa pada musim panas tingkat pasang pada pulau Yongxing mencapai maksimum dengan kecepatan 0,55 m/s serta dengan tingkat surut mencapai maksimum dengan kecepatan 0,50 m/s. Pada periode pasang, arusnya pecah pada bagian timur dan kembali menyatu pada bagian barat dengan kecepatan arus dapat mencapai 0,01 m/s hingga 0,55 m/s dengan arah 225° hingga 335° . Pada periode surut, arusnya pecah pada bagian barat dan menyatu kembali pada bagian timur dengan kecepatan arus dapat mencapai 0,01 m/s hingga 0,50 m/s dengan arah 30° hingga 90° . Kemudian pada musim dingin, tingkat pasang mencapai maksimum dengan kecepatan 0,79 m/s serta dengan tingkat surut mencapai maksimum dengan kecepatan 0,67 m/s. Pada periode pasang, arusnya pecah pada bagian timur dan kembali menyatu pada bagian barat dengan kecepatan arus dapat mencapai 0,01 m/s hingga 0,79 m/s dengan arah 215° hingga 315° . Pada periode surut, arusnya pecah pada bagian barat dan menyatu kembali pada bagian timur dengan kecepatan arus dapat mencapai 0,01 m/s hingga 0,67 m/s dengan arah 45° hingga 90° . Sehingga dapat dilihat bahwa pola pasang surut antara musim panas dengan musim dingin pada Pulau Yongxing memiliki fluktuasi yang sama serta kecepatan arusnya relatif rendah (Cao *et al.*, 2024).

Dua dari penelitian sebelumnya yang telah dijabarkan di atas hanya mengkaji karakteristik pantai menggunakan alat ukur serta data primer berupa observasi, data sekunder dari studi literatur dan citra satelit tetapi belum menjelaskan persamaan mekanika fluida yang digunakan, sedangkan penelitian

ketiga menggunakan metode numerik namun tidak dijelaskan pula terkait persamaan mekanika fluida yang digunakan. Sehingga berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik melakukan kajian analisis persamaan mekanika fluida yakni persamaan Navier-Stokes untuk mengkaji karakteristik aliran arus di Pantai Kerobokan, Kabupaten Singaraja, Provinsi Bali dengan judul **“Kajian Dinamika Fluida Laut Menggunakan Persamaan Navier-Stokes di Pantai Kerobokan Singaraja”** yang bertujuan untuk mengetahui aliran arus di Pantai Kerobokan Singaraja apakah masih dalam kategori aman untuk aktivitas masyarakat dan pariwisata.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah kajian atau analisis yang dilakukan secara manual dari persamaan Navier-Stokes tentang gerak fluida yakni kecepatan aliran arus laut yang dekat dengan pantai atau pada zona neritik (laut dangkal) serta pengaruhnya terhadap kedalaman baik yang sejajar pantai ataupun yang tegak lurus pantai. Kemudian aliran fluida di laut diasumsikan sebagai aliran *steady* atau tidak bergantung waktu dan fluidanya termasuk *incompressible* atau tidak termampatkan. Parameter lain seperti gradien tekanan hanya dipengaruhi oleh kedalaman atau gradien tekanan hanya ada dalam sumbu-z, serta gaya luar yang berpengaruh hanya gaya *coriolis* dan gaya gravitasi saja, sehingga gaya luar yang lain seperti angin dapat diabaikan. Kemudian dari parameter yang telah didapat dari persamaan tersebut divisualisasikan menggunakan *software* Matlab dengan data yang didapat dari analisis persamaan dan data sekunder dari laman BMKG untuk kemudian dibandingkan apakah ada kecocokan antara data dengan hasil analisis persamaan yang telah dilakukan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1.3.1 Bagaimana persamaan umum dinamika fluida pada laut menggunakan persamaan Navier-Stokes?
- 1.3.2 Bagaimana kecepatan arus laut yang dekat dengan pantai yang dikaji berdasarkan persamaan Navier-Stokes untuk kasus aliran Couette di Pantai kerobokan Singaraja?
- 1.3.3 Bagaimana kecepatan arus laut yang dekat dengan pantai yang dikaji berdasarkan persamaan Navier-Stokes untuk kasus aliran spiral Ekman di Pantai Kerobokan Singaraja?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1.4.1 Untuk mengetahui persamaan umum dinamika fluida pada laut menggunakan persamaan Navier-Stokes.
- 1.4.2 Untuk mengetahui kecepatan arus laut yang dekat dengan pantai yang dikaji berdasarkan persamaan Navier-Stokes untuk kasus aliran Couette di Pantai Kerobokan Singaraja.
- 1.4.3 Untuk mengetahui kecepatan arus laut yang dekat dengan pantai yang dikaji berdasarkan persamaan Navier-Stokes untuk kasus aliran spiral Ekman di Pantai Kerobokan Singaraja.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1.5.1 Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah mendeskripsikan penggunaan persamaan mekanika fluida yakni persamaan Navier-Stokes untuk mengkaji karakteristik aliran arus pantai baik yang sejajar pantai ataupun yang tegak lurus pantai, sehingga penelitian ini dapat mempermudah dalam mengkaji fenomena yang berkaitan dengan karakteristik aliran arus pantai di Pantai Kerobokan, Singaraja.

1.5.2 Manfaat Praktis

Manfaat praktis yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini dapat memberikan edukasi dan dijadikan acuan dalam tinjauan yang lebih luas terkait penerapan persamaan mekanika fluida dalam menyelesaikan berbagai permasalahan di kehidupan serta dapat dijadikan sebagai referensi atau sebagai pembanding untuk penelitian selanjutnya yang terkait dengan penelitian ini.

2. Bagi Masyarakat Umum

Bagi masyarakat luas dapat dijadikan referensi, pengetahuan baru dan media informasi terkait karakteristik arus pada laut di suatu wilayah

sehingga dapat dijadikan acuan dalam melakukan berbagai aktivitas di laut seperti mencari ikan, menyelam, dan aktivitas lainnya.

