

**Viv Djanat Prasita
Widodo Setiyo Pranowo**



Hidrodinamika Laut



ISBN: 978-602-5595-65-3

Kosongkan (balik cover)

Hidrodinamika Laut

Viv Djanat Prasita
Widodo Setiyo Pranowo



Hang Tuah University Press
2024

HIDRODINAMIKA LAUT

ISBN: 978-602-5595-65-3

Hak Cipta 2024 pada Penulis

Hak penerbitan pada HANG TUAH UNIVERSITY PRESS. Bagi mereka yang ingin memperbanyak sebagian isi buku ini dalam bentuk atau cara apapun harus mendapatkan izin tertulis dari penulis dan penerbit HANG TUAH UNIVERSITY PRESS.

Penulis:

Viv Djanat Prasita

Widodo Setiyo Pranowo

Reviewer:

Prof. Dr. Bagiyo Suwasono, S.T.,M.T., FRINA., MCE.

Editor:

Viv Djanat Prasita

Desain sampul:

Iradiratu Diah Prahmana Karyatanti



Penerbit:

HANG TUAH UNIVERSITY PRESS

Jl. Arif Rahman Hakim 150, Sukolilo, Surabaya Telp. (031)

5946261

E-mail: uht.press@hangtuah.ac.id

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

All Right Reserved

Cetakan I, Nopember 2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas kesempatan yang diberikan kepada saya untuk memberikan kata pengantar sebagai reviewer atas buku yang berjudul *Hidrodinamika Laut*. Buku ini hadir sebagai kontribusi penting dalam bidang ilmu kelautan, khususnya hidrodinamika yang merupakan fondasi bagi berbagai studi terkait arus, gelombang, dan dinamika perairan laut.

Sebagai reviewer, saya menyadari bahwa buku ini telah dirancang dengan susunan yang sistematis dan didukung oleh data serta teori yang relevan. Penulis berhasil menguraikan konsep-konsep kompleks hidrodinamika laut dengan gaya bahasa yang mudah dipahami, namun tetap menjaga kedalaman ilmiah yang diperlukan. Buku ini membahas berbagai aspek yang sangat krusial, mulai dari prinsip dasar arus dan gelombang laut hingga pemodelan numerik yang aplikatif dalam skenario praktis, seperti pengembangan pelabuhan dan mitigasi bencana di kawasan pesisir.

Melalui buku ini, penulis memberikan gambaran yang komprehensif mengenai pentingnya pemahaman tentang hidrodinamika laut dalam menghadapi tantangan di dunia kelautan yang semakin kompleks. Buku ini juga memberikan wawasan yang berharga bagi para akademisi, praktisi, dan mahasiswa yang ingin memperdalam pemahaman tentang interaksi fisik yang terjadi di laut serta dampaknya terhadap lingkungan pesisir dan struktur buatan.

Sebagai reviewer, saya sangat merekomendasikan buku ini sebagai referensi utama bagi siapa saja yang berkecimpung di bidang kelautan, oseanografi, dan rekayasa pesisir. Buku ini tidak hanya memberikan pengetahuan teoritis yang solid, tetapi juga dilengkapi dengan aplikasi praktis yang dapat membantu para pembaca dalam menerapkan ilmu hidrodinamika dalam kehidupan nyata.

Saya mengapresiasi dedikasi dan kerja keras penulis dalam menyusun buku ini, dan saya berharap buku ini dapat menjadi pegangan yang bermanfaat bagi komunitas kelautan di Indonesia.

Selamat membaca dan semoga buku ini memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi perkembangan ilmu hidrodinamika dan kelautan.

Surabaya, Nopember 2024
Reviewer

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku berjudul *Hidrodinamika Laut* ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun sebagai upaya untuk memberikan pemahaman komprehensif mengenai ilmu hidrodinamika laut, yang merupakan salah satu cabang penting dalam bidang oseanografi dan rekayasa kelautan. Materi dalam buku ini mencakup konsep dasar hidrodinamika laut, karakteristik arus dan gelombang, interaksi antara laut dan atmosfer, serta penerapan model simulasi hidrodinamika yang saat ini berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi komputer.

Penyusunan buku ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi mahasiswa, peneliti, praktisi, maupun masyarakat yang tertarik mendalami hidrodinamika laut, terutama dalam konteks pengelolaan sumber daya laut, pemodelan hidrodinamika, dan dampak hidrodinamika terhadap infrastruktur pesisir. Selain itu, buku ini juga memberikan wawasan tentang pentingnya analisis hidrodinamika dalam pengembangan pelabuhan, perencanaan reklamasi, hingga mitigasi bencana alam di wilayah pesisir.

Penyusun menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan buku ini. Oleh karena itu, penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan buku ini di masa mendatang.

Akhir kata, penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam proses penyusunan buku ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan menjadi referensi yang berguna dalam kajian hidrodinamika laut.

Selamat membaca!

Surabaya, Nopember 2024
Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang dan Signifikansi.....	1
1.2. Tujuan dan Ruang Lingkup Buku	2
1.3. Struktur dan Organisasi Buku	3
Bab 2 Konsep Dasar Hidrodinamika	6
2.1. Definisi dan Prinsip Dasar Hidrodinamika.....	6
2.2. Persamaan Kontinuitas dan Momentum.....	7
2.3. Hukum Konservasi Massa dan Energi	8
2.4. Konsep Tekanan, Kecepatan, dan Aliran Fluida	9
2.5. Tipe Aliran Fluida	10
2.6. Jejak Partikel Gerak Fluida.....	17
2.7. Jejak Partikel Fluida di Hidrodinamika Laut.....	20
Bab 3 Teori Gelombang Laut	24
3.1. Jenis-jenis Gelombang Laut	24
3.2. Persamaan Gelombang Linear dan Non-Linear.....	29
3.3. Gerak Partikel di Bawah Permukaan Laut.....	30
3.4. Hubungan Dispersi dan Kecepatan Fase	30
3.5. Interaksi Gelombang dan Struktur	31
Bab 4 Arus Laut dan Dinamika Pasang Surut	33
4.1. Klasifikasi Arus Laut.....	33
4.2. Faktor Utama yang mempengaruhi Sirkulasi Arus	34
4.3. Teori Ekman dan Spiralisasi Arus	35
4.4. Mekanisme Pembentukan Arus Pasang Surut	35
4.4. Model Dinamika Pasang Surut.....	36
4.5. Interaksi Arus Laut dengan Lingkungan	38
Bab 5 Dinamika Fluida Stratifikasi di Laut	41
5.1. Konsep Stratifikasi dan Stabilitas Kolom Air.....	41
5.2. Gelombang Internal dan Aliran Stratifikasi.....	42

5.3.	Pengaruh Stratifikasi terhadap Transportasi Sedimen	43
5.4.	Difusi dan Pencampuran Vertikal di Laut	43
Bab 6	Pengaruh Angin dan Atmosfer pada Hidrodinamika Laut	46
6.1.	Interaksi Laut-Atmosfer dan Peran Angin dalam Pembentukan Arus	46
6.2.	Persamaan Lapisan Ekman dan Transportasi Massal	47
6.3.	Siklus Musiman dan Fenomena Cuaca Ekstrem (El Niño dan La Niña)	49
6.4.	Efek Angin di Zona Pesisir dan Laut Lepas	50
Bab 7	Model Hidrodinamika Laut	52
7.1.	Pengantar Model Numerik dalam Hidrodinamika Laut	52
7.2.	Model Hidrodinamika Dua Dimensi dan Tiga Dimensi	53
7.3.	Pendekatan Model Finite Difference, Finite Volume, dan Finite Element	53
7.4.	Kalibrasi dan Validasi Model	56
7.5.	Aplikasi Model dalam Studi Lingkungan dan Rekayasa Pantai	56
Bab 8	Transportasi Sedimen dan Morfologi Pantai	58
8.1.	Mekanisme Transportasi Sedimen oleh Gelombang dan Arus	58
8.2.	Dinamika Transportasi Sedimen di Pantai Berpasir dan Estuari	59
8.3.	Proses Erosi dan Akresi Pantai	60
8.4.	Dampak Hidrodinamika pada Perubahan Garis Pantai	61
Bab 9	Hidrodinamika di Wilayah Pesisir dan Estuari	63
9.1.	Dinamika Arus di Muara Sungai dan Estuari	63
9.2.	Pengaruh Struktur Pesisir terhadap Hidrodinamika	64
9.3.	Proses Pembentukan Delta dan Pengendapan Sedimen	65
9.4.	Metode Pengelolaan Pesisir Berbasis Hidrodinamika	66
Bab 10	Teknik Pengukuran Hidrodinamika Laut	68
10.1.	Pengukuran Arus Laut Menggunakan ADCP (<i>Acoustic Doppler Current Profiler</i>)	68
10.2.	Teknik Pengukuran Gelombang dan Pasang Surut	69
10.3.	Pemetaan Batimetri dan Profil Salinitas-Suhu (CTD)	70
10.4.	Penggunaan Satelit dan Drone dalam Monitoring Hidrodinamika	72

Bab 11 Aplikasi Hidrodinamika dalam Rekayasa Laut.....	74
11.1. Perancangan Pelabuhan dan Struktur Lepas Pantai.....	74
11.2. Analisis Hidrodinamika untuk Proyek Reklamasi.....	75
11.3. Studi Dampak Lingkungan untuk Pembangunan di Laut	77
11.4. Aplikasi Hidrodinamika dalam Energi Laut	78
Bab 12 Studi Kasus Hidrodinamika Laut.....	80
12.1. Studi Kasus: Dinamika Arus dan Gelombang di Selat Madura	80
12.2. Studi Kasus: Simulasi Model Hidrodinamika di Teluk Popoh, Tulung Agung.....	85
12.3. Studi Kasus: Pengaruh Gelombang dan Angin pada Transportasi Sedimen di Pantai Selatan Jawa.....	87
Bab 13 Tantangan dan Masa Depan Hidrodinamika	91
13.1. Tantangan dalam Penelitian Hidrodinamika Laut	91
13.2. Inovasi Teknologi dan Pengembangan Model Hidrodinamika Laut.....	92
13.2. Peran Hidrodinamika Laut dalam Mitigasi Perubahan Iklim..	93
13.4. Prospek Penelitian Hidrodinamika Laut di Masa Depan	95
DAFTAR PUSTAKA	98
BIOGRAFI PENULIS	102

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Mekanisme fisik dan periode gelombang laut	24
Tabel 2. Perbandingan Turbin Darrieus, Turbin Gorlov, dan Turbin Sumbu Bidang yang dieksperimenkan secara komputasi	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Tipe aliran fluida	10
Gambar 2.	Visualisasi Aliran Fluida.....	19
Gambar 3.	Klasifikasi Gelombang Permukaan.....	25
Gambar 4.	Kondisi sebaran tinggi dan arah penjalaran gelombang signifikan (H_s) ekstrim yang dibangkitkan oleh angin ekstrim di wilayah perairan barat Indonesia pada [a] 27 Desember 2007, [b] 26 Desember 2008, [c] 10 Januari 2009, [d] 14 Januari 2010.....	26
Gambar 5.	Penjalaran gelombang tsunami 26 Desember 2004 dalam waktu 10 jam hasil simulasi menggunakan TsunAWI unstructured finite element model.....	27
Gambar 6.	Dampak gelombang tsunami 26 Desember 2004 yang diabadikan sebagai museum PLTD Apung di Desa Punge Blang Cut, Banda Aceh.....	28
Gambar 7.	Arus pasang surut dan non pasang surut yang dimodelkan berdasarkan komponen harmonik yang diturunkan menggunakan metode kuadrat terkecil.	38
Gambar 8.	Upwelling (pusaran merah) dan Downwelling (pusaran hitam) di Samudera Hindia Selatan Jawa, Dimana ditemukan tuna sirip kuning (yellowfin tuna) di tepian arus pusaran (Eddy) baik yang siklonik (pusaran merah) maupun anti-siklonik (pusaran hitam).....	48
Gambar 9.	Grid yang sering digunakan dalam pemodelan hidrodinamika laut. [A]. Grid segitiga tidak beraturan (Triangular unstructured grid) yang biasa digunakan untuk FEM [B]. Grid persegi beraturan (Rectangular structured grid) yang biasa digunakan untuk FDM dan/atau FVM.	55
Gambar 10.	Widodo S. Pranowo melakukan perakitan hardware, instalasi software, dan pengecekan komunikasi satelit Robotic autonomous CTD profiling float milik Korea Ocean Research and Development Institute (KORDI) pada tahun 2004 di CSIRO Marine Lab Hobart Tasmania, untuk dilepaskan di Southern Ocean. KORDI sekarang telah berubah nomenklatur menjadi KIOST (Korea Institute of Ocean Science and Technology).	71
Gambar 11.	Pola dan kecepatan sirkulasi arus di Teluk Jakarta pada kondisi sebelum ada pulau-pulau reklamasi pada monsun barat [A] dan monsun timur [B], dan perubahan/pelemahan signifikan pada kecepatan arus (lihat box merah) setelah	

	adanya pulau-pulau reklamasi/buatan baik pada saat puncak monsun barat [C] dan monsun timur [D].....	76
Gambar 12.	Peta kajian arus permukaan laut di Selat Madura yang membagi wilayah kajian menjadi 2 sub wilayah: Selat Madura barat (wilayah I) dan timur (wilayah II), Dimana pola sirkulasinya juga berhubungan dengan Laut Jawa, lihat wilayah III.	81
Gambar 13.	Pola sirkulasi arus permukaan laut di Selat Madura, [ATAS] pada monsun barat dari Desember 2019 – Februari 2020, [BAWAH]: pada monsoon timur dari Juni – Agustus 2020.	82
Gambar 14.	Pola Arus bulan Januari – April 2020	83
Gambar 15.	Sebaran TSS Bulan Januari-April 2020	84
Gambar 16.	Pemodelan Gelombang pada saat Musim Barat 2018.	86
Gambar 17.	Distribusi angin dan gelombang pada musim Timur 2018-2022.....	88
Gambar 18.	Breakwater plan B kondisi bed level akhir setelah pengerukan.....	90

SINOPSIS

Buku ini mengupas tuntas konsep dasar, teori, hingga aplikasi praktis hidrodinamika laut dalam pengelolaan sumber daya pesisir dan pembangunan infrastruktur. Buku ini terdiri dari beberapa bab yang terstruktur dengan baik, dimulai dengan pengantar tentang latar belakang dan signifikansi hidrodinamika laut dalam mengatur iklim, mendukung ekosistem, serta kegiatan manusia. Setiap bab membahas aspek spesifik, termasuk konsep dasar seperti persamaan kontinuitas, hukum konservasi massa dan energi, serta persamaan momentum. Bab-bab selanjutnya mengupas fenomena arus dan gelombang laut, dinamika pasang surut, serta pengaruh faktor-faktor eksternal seperti angin dan interaksi laut-atmosfer. Buku ini juga memperkenalkan model hidrodinamika, teknik pemodelan numerik seperti metode beda hingga dan elemen hingga, serta metode pengukuran menggunakan alat seperti ADCP dan teknologi penginderaan jauh.

Selain teori, buku ini memberikan aplikasi praktis hidrodinamika dalam bidang rekayasa laut, seperti desain pelabuhan, reklamasi pantai, dan mitigasi bencana pesisir. Beberapa studi kasus di wilayah Indonesia, termasuk di Selat Madura, Teluk Popoh, Tulung Agung dan Pelabuhan Perikanan Grajagan, Banyuwangi memberikan contoh nyata tentang penerapan hidrodinamika dalam analisis arus dan gelombang untuk perencanaan pengelolaan pesisir yang berkelanjutan.

Buku ini sangat berguna bagi mahasiswa, akademisi, dan praktisi di bidang oseanografi, teknik kelautan, dan pengelolaan sumber daya laut. Dengan bahasa yang mudah dipahami namun tetap ilmiah, buku ini diharapkan menjadi referensi utama dalam memahami dan menerapkan prinsip hidrodinamika laut di Indonesia. Dengan menyajikan teori, metode, dan aplikasi yang kaya, *Hidrodinamika Laut* menawarkan landasan kuat bagi pembaca untuk memahami fenomena hidrodinamika dan penggunaannya dalam menghadapi tantangan lingkungan pesisir. Buku ini merupakan panduan komprehensif bagi siapa saja yang tertarik untuk mendalami aspek-aspek fisik kelautan.



Penerbit:
HANG TUAH UNIVERSITY PRESS
E-mail: uht.press@hangtuah.ac.id
Anggota IKAPI

