

MODEL SEBARAN TUMPAHAN MINYAK DI LINTAS UTARA SELAT MALAKA

NAURAH ALIFAH RAMADHANA



DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Model sebaran tumpahan minyak di lintas utara Selat Malaka” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, September 2026

Naurah Alifah Ramadhana
C5401221062



ABSTRAK

NAURAH ALIFAH RAMADHANA. Model Sebaran Tumpahan Minyak di Lintas Utara Selat Malaka. Dibimbing oleh I WAYAN NURJAYA, AGUS SALEH ATMADIPOERA, DWIYOGA NUGROHO.

Selat Malaka bagian utara merupakan jalur pelayaran padat dan rentan terhadap risiko tumpahan minyak, namun studi pemodelan trayektori tumpahannya masih terbatas. Penelitian ini bertujuan memodelkan sebaran dan nasib tumpahan minyak hipotetik di lintas utara Selat Malaka menggunakan *General NOAA Operational Modeling Environment* (GNOME), dengan data arus dan pasang surut dari *Copernicus Marine Service* (CMEMS) serta data angin dari ERA5 sebagai gaya penggerak, yang divalidasi terhadap data observasi arus, pasut, dan angin primer. Simulasi dilakukan pada dua jenis minyak, Arabian Light dan Swallow Ace, mewakili musim utara dan musim selatan pada empat kondisi fase pasut. Hasil validasi menunjukkan keandalan tinggi pada data arus dan pasut, sedangkan data angin memiliki keterbatasan akibat resolusi data observasi. Pola arus dan angin musiman memengaruhi luas dan arah sebaran tumpahan, dengan musim selatan menghasilkan sebaran lebih luas namun musim utara menghasilkan fraksi terdampar lebih tinggi. Nasib minyak Arabian Light didominasi oleh evaporasi, sedangkan Swallow Ace didominasi oleh fraksi terapung akibat sifat persisten dan viskositas tinggi. Analisis tumpang susun terhadap ekosistem pesisir menunjukkan risiko lebih tinggi terhadap terumbu karang dibandingkan hutan mangrove, dengan risiko meningkat pada musim selatan.

Kata kunci: GNOME, Selat Malaka, tumpahan minyak, variabilitas musiman.



ABSTRACT

NAURAH ALIFAH RAMADHANA. Oil Spill Distribution Model in the Northern Crossing of the Strait of Malacca. Supervised by I WAYAN NURJAYA, AGUS SALEH ATMADIPOERA, DWIYOGA NUGROHO.

The northern Strait of Malacca is a heavily trafficked shipping lane vulnerable to oil spill risk, yet trajectory modeling studies for this region remain limited. This study aims to model the dispersion and fate of a hypothetical oil spill in the northern Strait of Malacca using the General NOAA Operational Modeling Environment (GNOME), by current and tidal data from the Copernicus Marine Service (CMEMS) and wind data from ERA5, validated against primary current, tidal, and wind observations. Simulations were conducted for two oil types, Arabian Light and Swallow Ace, representing the northeast and southwest monsoon seasons under four tidal phase conditions. Validation results showed high reliability for current and tidal data, while wind data showed limitations due to the resolution of observational data. Seasonal current and wind patterns influenced the extent and direction of the spill, with the southwest monsoon producing wider dispersion while the northeast monsoon produced a higher stranded fraction. Arabian Light's fate was dominated by evaporation, whereas Swallow Ace was dominated by the floating fraction due to its persistent and highly viscous nature. Overlay analysis with coastal ecosystems indicated higher risk to coral reefs than to mangrove forests, with risk increasing during the southwest monsoon.

Keywords: GNOME, oil spill, seasonal variability, Strait of Malacca.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

MODEL SEBARAN TUMPAHAN MINYAK DI LINTAS UTARA SELAT MALAKA

NAURAH ALIFAH RAMADHANA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan

**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Ir. Nyoman Metta N. Natih, M.Si.
2. Dr. Rastina, S.T., M.T.

Judul Skripsi : Model Sebaran Tumpahan Minyak di Lintas Utara Selat Malaka
Nama : Naurah Alifah Ramadhana
NIM : C5401221062

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. I Wayan Nurjaya, M.Sc.



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, D.E.S.S



Pembimbing 3:
Dr. Dwiyoga Nugroho, S.T., M.T.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan
Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi., M.Si.
NIP 197207262005011002



Tanggal Ujian: 14 Agustus 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga proposal penelitian dengan judul “Model Sebaran Tumpahan Minyak di Lintas Utara Selat Malaka” dapat diselesaikan.

Penyelesaian skripsi ini tentu mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan kesempatan kepada penulis menempuh studi di Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan.
2. Dr. Ir. I Wayan Nurjaya, M.Sc selaku pembimbing pertama, Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, D.E.S.S selaku pembimbing kedua, dan Dr. Dwiyoga Nugroho, S.T, M.T selaku pembimbing ketiga yang telah memberikan arahan dan berbagi ilmu kepada penulis.
3. Dr. Syamsul Bahri Agus selaku penelaah Gugus Kendali Mutu (GKM) skripsi, Dr. Ir. Nyoman Metta N. Natih, M.Si dan Dr. Rastina, S.T., M.T selaku dosen penguji saat ujian skripsi. Terima kasih atas waktu yang telah diluangkan, masukan, dan kritiknya untuk skripsi ini.
4. Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc selaku pembimbing akademik yang telah memberikan saran dan masukan akademik selama masa perkuliahan kepada penulis.
5. Ibu Hikmawati Jahiri dan Bapak Faisal Anhar Mansur Siagian, atas doa, pengorbanan, usaha, kasih sayang, bantuan, dan *support* kepada penulis yang tiada akhir.
6. Adik-adik Ihsan, Abdullah, dan Ismail yang selalu memberi tawa, doa, dan bahagia kepada penulis.
7. Rekan-rekan Ekspedisi OceanX dengan Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah menyediakan data SADCP OceanX tahun 2024.
8. Rekan-rekan Laboratorium BiOM ITK dan Oseanografi Umum (Osum) yang telah membantu penulis dengan pengolahan data.
9. Teman-teman terdekat penulis, terutama Rubi, Nadia, dan Hapi yang telah menemani masa-masa perkuliahan, selalu kebersamaan, berbagi cerita, dan tawa serta memberikan semangat dan dukungan selama masa studi.

Bogor, September 2026

Naurah Alifah Ramadhana



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja	6
2.4 Pengumpulan Data	7
2.5 Analisis Data	9
III HASIL DAN PEMBAHASAN	22
3.1 Validasi Data Model dengan Observasi	22
3.2 Kondisi Hidrodinamika dan Angin pada Sumber Tumpahan	26
3.3 Simulasi Sebaran Tumpahan dan <i>Fate</i> Tumpahan Minyak	35
IV SIMPULAN DAN SARAN	49
4.1 Simpulan	49
4.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	55
RIWAYAT HIDUP	66



DAFTAR TABEL

1	Daftar alat penelitian	5
2	Daftar bahan penelitian	5
3	Karakteristik fisik-kimiawi minyak Arab dan SEA	8
4	Pengaturan penggerak eksternal	18
5	Pengaturan sifat perairan di WebGNOME	20
6	Fase pasang surut	32
7	Amplitudo pasang surut pada sumber tumpahan	33
8	Luas tumpahan minyak Arabian Light dan titik terjauh dari lokasi tumpahan berdasarkan 4 kondisi Pasut	36
9	Luas tumpahan minyak Swallow Ace dan titik terjauh dari lokasi tumpahan pada 4 kondisi pasut	39
10	<i>Mass Balance</i> nasib minyak Arabian Light berdasarkan perhitungan WebGNOME	41
11	Perubahan densitas dan viskositas minyak Arabian Light	42
12	<i>Mass Balance</i> nasib minyak Swallow Ace berdasarkan perhitungan WebGNOME	44
13	Perubahan densitas dan viskositas minyak Swallow Ace	45



DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi penelitian perairan lintas utara Selat Malaka	4
2	Diagram alir penelitian	6
3	Diagram alir proses validasi arus	11
4	Diagram alir proses validasi pasang surut	13
5	Proses validasi data angin	14
6	Grid posisi sumber tumpahan minyak model	17
7	Diagram Taylor validasi komponen arus	22
8	Diagram Taylor validasi pasang surut pada batas terbuka (stasiun pasang surut Sabang) dan batas tertutup (stasiun pasang surut Lhokseumawe)	24
9	Diagram Taylor validasi komponen angin	25
10	Pola kecepatan angin pada sumber tumpahan saat (a) musim utara dan (b) musim selatan	27
11	Frekuensi arah angin di sumber tumpahan pada (a) musim utara dan (b) musim selatan	28
12	Pola kecepatan arus (6-hourly) perataan vertikal dari kedalaman 0,49 m hingga batas lapisan campuran (isothermal) pada (a) musim utara dan (b) musim selatan	30
13	Pola pasang surut di sumber tumpahan pada (a) musim utara dan (b) musim selatan	31
14	Pola arus permukaan laut pada (a) musim utara dan (b) musim selatan	34
15	Pola sebaran tumpahan minyak jenis Arabian Light pada (a) musim utara dan (b) musim selatan saat 4 kondisi fase pasut	35
16	Pola sebaran tumpahan minyak jenis Swallow Ace pada (a) musim utara dan (b) musim selatan di 4 kondisi fase pasut	38
17	Sebaran tumpahan minyak jenis Arabian Light pada (a) musim utara dan (b) musim selatan terhadap ekosistem pesisir	47
18	Sebaran tumpahan minyak jenis Swallow Ace pada (a) musim utara dan (b) musim selatan terhadap ekosistem pesisir	48

DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram pencar korelasi komponen (a) zonal dan (b) meridional arus	56
2	Perbandingan arah arus CMEMS dengan ADCP pada bulan Mei 2024	56
3	Tabel nilai validasi komponen arus	56
4	Diagram pencar korelasi komponen (a) zonal dan (b) meridional angin	57
5	Perbandingan kecepatan angin CMEMS dengan kecepatan angin BMKG	57
6	<i>Windrose</i> arah angin (a) BMKG dan (b) CMEMS	57
7	Tabel nilai validasi komponen angin	58
8	Grafik validasi pasang surut model dengan BIG pada (a) Stasiun Sabang musim utara, (b) Stasiun Lhokseumawe musim utara, (c) Stasiun Sabang musim selatan, (d) Stasiun Lhokseumawe musim selatan	58
9	Tabel nilai validasi pasang surut	59
10	Profil vertikal suhu pada bulan (a) Januari 2024 dan (b) Juli 2024	59
11	Pola arus hasil perataan vertikal laut di musim utara pada kondisi (a) menuju pasang, (b) pasang tertinggi, (c) menuju surut, dan (d) surut terendah	59
12	Pola arus hasil perataan vertikal laut di musim selatan pada kondisi (a) menuju pasang, (b) pasang tertinggi, (c) menuju surut, dan (d) surut terendah	60
13	Pola fluktuasi temporal kecepatan arus di sumber tumpahan pada kedalaman 0,49 m hingga (a) 21,6 m dan (b) 34,4 m dengan penandaan 4 kondisi pasut	60
14	Segmen kondisi (a) menuju pasang, (b) pasang tertinggi, (c) menuju surut, (d) surut terendah pada musim utara	61
15	Segmen kondisi (a) menuju pasang, (b) pasang tertinggi, (c) menuju surut, (d) surut terendah pada musim selatan	61
16	Fraksi <i>splots</i> tumpahan minyak berdasarkan perhitungan <i>best guess</i> di kolom <i>splot mass balance</i> GNOME pada jenis minyak Arabian Light	62
17	Fraksi <i>splots</i> tumpahan minyak berdasarkan perhitungan <i>best guess</i> di kolom <i>splot mass balance</i> GNOME pada jenis minyak Swallow Ace	62
18	Grafik <i>oil budget</i> jenis minyak Arabian Light pada bulan Februari	63
19	Grafik perbandingan densitas dan viskositas jenis minyak Arabian Light pada bulan Februari	63
20	Grafik <i>oil budget</i> jenis minyak Arabian Light pada bulan Agustus	63
21	Grafik perubahan densitas dan viskositas jenis minyak Arabian Light pada bulan Agustus	64
22	Grafik <i>oil budget</i> jenis minyak Swallow Ace pada bulan Februari	64
23	Grafik perubahan densitas dan viskositas jenis minyak Swallow Ace pada bulan Februari	64
24	Grafik <i>oil budget</i> jenis minyak Swallow Ace pada bulan Agustus	65
25	Grafik perubahan densitas dan viskositas jenis minyak Swallow Ace pada bulan Agustus	65

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.