PEMODELAN GELOMBANG DAN POLA ARUS DI SEKITAR LAUT NATUNA MENGGUNAKAN PENDEKATAN KOMPUTASI DINAMIKA FLUIDA

ALDA DWI FEBRIANI
H1071201012

SKRIPSI

PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
2025

PEMODELAN GELOMBANG DAN POLA ARUS DI SEKITAR LAUT NATUNA MENGGUNAKAN PENDEKATAN KOMPUTASI DINAMIKA FLUIDA

ALDA DWI FEBRIANI
H1071201012

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Geofisika

PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Pemodelan Gelombang dan Pola Arus Di Sekitar Laut Natuna Menggunakan Pendekatan Komputasi Dinamika Fluida
Nama Mahasiswa	: Alda Dwi Febriani
NIM	: H1071201012
Jurusan/Program Studi	: Fisika/Geofisika
Tanggal Lulus	: 24 Januari 2025
SK Pembimbing	: No.4943/UN22.8/TD.06/Tanggal 29 Desember 2023
SK Penguji	: No.4359/UN22.8/TD.06/Tanggal 31 Desember 2024

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Yoga Satria Putra, S.Si., M.Si	Randy Ardianto SST, S.Si., M.Si.
NIP 197910252005011002	NIP198803192009111001

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Riza Adriat, S.Si., M.Si	Muliadi, S.Si., M.Si
NIP 198905162019031013	NIP 197005101999031003

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dr. Yoga Satria Putra, S.Si., M.Si	Randy Ardianto SST, S.Si., M.Si.
NIP 197910252005011002	NIP 198803192009111001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si
NIP197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Alda Dwi Febriani
NIM	: H1071201012
Program Studi/ Jurusan	: Geofisika/Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 24 Januari 2025



Alda Dwi Febriani

NIM H1071201012

PEMODELAN GELOMBANG DAN POLA ARUS
DISEKITAR LAUT NATUNA MENGGUNAKAN
PENDEKATAN KOMPUTASI
DINAMIKA FLUIDA

Abstrak

Indonesia berada di antara benua Asia dan Australia serta diapit oleh Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Kondisi ini membuat Indonesia mempunyai posisi yang strategis dalam rute pelayaran Internasional untuk kepentingan perekonomian dunia. Laut Natuna merupakan salah satu jalur perekonomian dunia, namun sering memiliki gelombang dan arus yang cukup tinggi. Fenomena gelombang dan arus yang cukup tinggi ini pernah terjadi pada tanggal 13-14 Juli 2021 dimana telah terjadi kecelakaan kapal motor nelayan. Gelombang dan arus ekstrem yang terjadi di wilayah tersebut disebabkan karena cuaca yang buruk sehingga mempengaruhi interaksi angin yang berhembus dengan permukaan air laut di wilayah tersebut. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode numerik dengan pendekatan komputasi dinamika fluida menggunakan software Delft3D dan data inputan berupa komponen pasang surut dari TPXO08, tekanan permukaan dan komponen angin u dan v dari ECMWF, dan data batimetri dari GEBCO. Pemodelan ini telah berhasil dilakukan yang divalidasi menggunakan data pasang surut dari *Automatic Weather Station* (AWS) dari Stasiun Meteorologi Maritim Pontianak dengan menunjukkan nilai persentase kesalahan rata-rata absolut atau *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,26 dimana nilai tersebut masuk pada kategori kecil, sedangkan koefisien korelasi masuk kategori sedang dengan nilai 0,6. Analisis tinggi gelombang signifikan dan kecepatan arus signifikan juga telah berhasil dilakukan dengan menganalisis nilai pada titik observasi dan spasial model yang menunjukkan hasil pada titik kejadian (Titik B dan Titik G). Pada titik B diperoleh tinggi gelombang signifikan sebesar 0,45m dan arus signifikan sebesar 0,44m/s. Sedangkan pada titik G diperoleh ketinggian gelombang sebesar 0,53m dan arus signifikan sebesar 0,86m/s.

Kata kunci : Gelombang laut, Komputasi Dinamika Fluida, Tinggi Gelombang Signifikan, Kecepatan arus Signifikan, Deft3D, Laut Natuna

MODELING WAVE AND CURRENT PATTERN AROUND
THE NATUNA SEA USING A COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS APPROACH

Abstract

Indonesia is located between the continents of Asia and Australia and is flanked by the Indian Ocean and the Pacific Ocean. This condition makes Indonesia strategically positioned on international shipping routes for the benefit of the global economy. The Natuna Sea is one of the world's economic routes but often experiences relatively high waves and currents. This phenomenon of high waves and currents occurred on July 13-14 2021, when a fishing motorboat accident took place. The extreme waves and currents in the region were caused by bad weather, which affected the interaction between the blowing wind and the sea surface in the area. The method used in this study is a numerical method with a computational fluid dynamics approach using Delft3D software. The input data include tidal components from TPXO08, surface pressure, wind components u and v from ECMWF, and bathymetry data from GEBCO. The modeling was successfully carried out and validated using tidal data from the Automatic Weather Station (AWS) of the Pontianak Maritime Meteorological Station. The results showed a mean absolute error (MAE) value of 0.26 which falls into the small error category, while the correlation coefficient falls into the moderate category with a value of 0.6. The analysis of significant wave height and significant current speed was also successfully conducted by analyzing the values at observation points and the spatial model which showed the results at the incident points (Point B and Point G). At Point B, the significant wave height was found to be 0.45 m, and the significant current speed was 0.44 m/s. Meanwhile at Point G, the significant wave height was 0.53 m, and the significant current speed was 0.86 m/s.

Keywords: *Ocean waves, Computational Fluid Dynamics, Significant Wave Height, Significant Current Speed, Delft3D, Natuna Sea*.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala, atas kehadirat dan segala limpahan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Pemodelan Gelombang dan Pola Arus Di Sekitar Laut Natuna Menggunakan Pendekatan Komputasi Dinamika Fluida**". Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan selesainya S1 dalam Program Studi Geofisika. Selama perkuliahan dan penelitian, penulis banyakmendapat bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan tulus mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan karunia dan limpahan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan lancar.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Bapak Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si., yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti perkuliahan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura dengan lancar.
3. Bapak Dr. Yoga Satria Putra, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi Geofisika Universitas Tanjungpura serta selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberi arahan, bimbingan, masukan serta meluangkan waktunya dengan ikhlas kepada penulis selama melakukan penelitian.
4. Bapak Randy Ardianto, S.ST., S.Si., M.Si., selaku pembimbing 2 yang telah ikhlas membimbing dan memberikan arahan serta masukan kepada penulis.
5. Bapak Riza Adriat, S.Si., M.Si., selaku penguji 1 yang telah memberikan saran serta masukan kepada penulis.
6. Bapak Muliadi, S.Si., M.Si., selaku penguji 2 yang telah memberikan saran serta masukan kepada penulis.
7. Seluruh staf pengajar dan civitas akademik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah mendukung dan memberikan bantuan berupa fasilitas kegiatan penelitian dan skripsi.

8. Stasiun Meteorologi Maritim Pontianak beserta Badan Meteorogi Klimatologi dan Geofisika yang telah menerima penulis untuk dapat melakukan penelitian dan memberikan data serta bantuan kepada penulis.
9. Ayah penulis Yusep Mufti yang telah mendidik, membesarkan, memberikan dukungan dan fasilitas hingga mengantarkan penulis sampai ke jenjang perguruan tinggi.
10. Ibu penulis Almh.Henny Rosita yang telah mendidik, membesarkan, dan selalu memberikan doa. Walaupun beliau telah tiada keberadaan beliau dalam ingatan dan doa saya senantiasa menjadi motivasi untuk terus melangkah dan menyelesaikan pendidikan ini.
11. Keluarga besar penulis yang telah membantu dan mendukung penulis selama masa perkuliahan.
12. Sahabat dekat dan seperjuangan penulis yaitu Adinda Anisa Maharani, Tasya Amanda, Ryanti, Wardatul Baidho', dan Putri Febrina Sandra yang selalu mendukung, menyemangati, menemani dan menghibur penulis selama dalam menjalani masa perkuliahan dan saat penyusunan tugas akhir.
13. Tim Wakanda yang telah menemani, membantu dan memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian.
14. Tim MKBM Maritim 2023 yang telah menemani dan membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian.
15. Teman-teman Quarkirving 2020 yang telah bersama-sama dari awal hingga akhir perkuliahan.
16. Diri saya sendiri, Alda Dwi Febriani yang telah berjuang sejauh ini dan memilih untuk tidak menyerah dalam kondisi apapun, saya bangga pada diri saya sendiri bisa menyelesaikan masa perkuliahan dengan penuh lika-liku kehidupan yang dijalani.

Pontianak, 24 Januari 2025

Alda Dwi Febriani

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 2
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Studi Terdahulu 4
2.2 Profil Laut Natuna 6
2.3 Gelombang Laut 7
2.4 Arus Laut 10
2.5 Angin 11
2.5.2 Arah Angin 14
2.5.2 Kecepatan Angin 14
2.6 Pembangkit Gelombang oleh Angin 15
2.7 Pasang Surut 16
2.8 Komputasi Dinamika Fluida 18
2.8.1 *Software* Delft3D 19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 24
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian 24
3.2 Alat dan Data 24
3.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian 25
3.3.1 Pengumpulan Data 25
3.3.2 Pengolahan Data 25
3.3.3 Pembuatan Model 26
3.3.4 Output Model Penelitian 40
3.3.5 Verifikasi Model 41
3.3.6 Analisis Tinggi Gelombang Signifikan 42
3.4 Flowchart Penelitian 43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 45
4.1 Studi Validasi 45
4.2 Pemodelan Gelombang dengan Komputasi Dinamika Fluida 47
4.2.1 Analisis Gelombang 13-14 Juli 2021 47
4.2.2 Analisis Gelombang di Titik Kejadian 52
4.3 Pemodelan Arus dengan Komputasi Dinamika Fluida 55
4.3.1 Analisis Arus 13-14 Juli 2021 55
4.3.2 Analisis Arus di Titik Kejadian 58
4.4 Komparasi Parameter Angin Model Delft3D dengan Citra Satelit Himawari 8 61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 66
5.1 Kesimpulan 66
5.2 Saran 67
DAFTAR PUSTAKA 68
LAMPIRAN 72

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Peta Profil Laut Natuna 6
Gambar 2.2 Sketsa Definisi Gelombang 9
Gambar 2.3 Arus Laut 11
Gambar 2.4 Angin Darat dan Angin Laut 12
Gambar 2.5 Angin Gunung dan Angin Lembah 12
Gambar 2.6 Angin Siklon dan Angin Antisiklon 13
Gambar 2.7 Angin Fohn 13
Gambar 2.8 Angin Muson 14
Gambar 2.9 Proses Pasang Surut 18
Gambar 2.10 *Flowchart* CFD terhadap Delft3D 19
Gambar 2.11 *Software* Delft3D 20
Gambar 2.12 Tampilan *Software* Delft3D 20
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian 24
Gambar 3.2 *Land Boundary* Indonesia 27
Gambar 3.3 *Domain Grid* 28
Gambar 3.4 Data *Depth* 28
Gambar 3.5 Tampilan *Flow Input* 29
Gambar 3.6 *Input Grid* 29
Gambar 3.7 Input Batimetri 30
Gambar 3.8 Tampilan *Time Frame* 30
Gambar 3.9 Tampilan *Processes* 31
Gambar 3.10 Tampilan *Boundaries* 32
Gambar 3.11 *Visualitation Area* 32
Gambar 3.12 Tampilan *Flow Conditions* 33
Gambar 3.13 *Physical Parameter Constants* 33
Gambar 3.14 *Physical Parameter Roughness* 34
Gambar 3.15 *Physical Parameter Viscosity* 34

Gambar 3.16 *Physical Parameter Wind* 34
Gambar 3.17 *Physical Parameter Tidal Forces* 35
Gambar 3.18 Tampilan Monitoring (*Observation Point*) 35
Gambar 3.19 Tampilan *Additional Parameter* 36
Gambar 3.20 Tampilan *Output* 36
Gambar 3.21 Tampilan *Hydrodynamics* 37
Gambar 3.22 Tampilan *Computational Grid* 38
Gambar 3.23 Tampilan *Bathymetry* 38
Gambar 3.24 Tampilan *Spectral Resolution* 39
Gambar 3.25 Tampilan *Output Parameters* 39
Gambar 3.26 *Flowchart* Penelitian 43
Gambar 3.27 *Flowchart* Pemodelan 44
Gambar 4.1 Titik Validasi 45
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Pasang Surut antara BMKG dan Model 46
Gambar 4.3 Peta Spasial Pemodelan Ketinggian Gelombang Pukul 13UTC .. 48
Gambar 4.4 Peta Spasial Pemodelan Ketinggian Gelombang Pukul 15UTC .. 48
Gambar 4.5 Peta Spasial Pemodelan Ketinggian Gelombang Pukul 18UTC .. 49
Gambar 4.6 Peta Spasial Pemodelan Ketinggian Gelombang Pukul 21UTC .. 49
Gambar 4.7 Peta Spasial Pemodelan Ketinggian Gelombang Pukul 23UTC .. 50
Gambar 4.8 Peta Spasial Ketinggian Gelombang BMKG Pukul 15UTC 51
Gambar 4.9 Peta Spasial Ketinggian Gelombang BMKG Pukul 18UTC 51
Gambar 4.10 Peta Spasial Ketinggian Gelombang BMKG Pukul 21UTC 52
Gambar 4.11 Peta Spasial Gelombang di Titik Kejadian 52
Gambar 4.12 Arah Gelombang Pada Setiap Titik 54
Gambar 4.13 Tinggi Gelombang Signifikan pada Titik B dan Titik G 54
Gambar 4.14 Peta Spasial Arus 13UTC 56
Gambar 4.15 Peta Spasial Arus 15UTC 56
Gambar 4.16 Peta Spasial Arus 18UTC 57
Gambar 4.17 Peta Spasial Arus 21UTC 57
Gambar 4.18 Peta Spasial Arus 23UTC 58
Gambar 4.19 Arah Arus pada Titik Kejadian 59

Gambar 4.20 Kecepatan Arus Signifikan pada Titik B dan Titik G..... 60
Gambar 4.21 Tutupan Awan Cumulonimbus Pukul 10.00UTC (A), 11.00UTC (B), 12.00UTC (C), 13.00UTC (D), 14.00UTC (E), 15.00UTC (F), 19.00UTC (G), 20.00UTC (H), 21.00UTC (I), dan 23.00UTC (J) 63
Gambar 4.22 Peta Spasial Pemodelan Kecepatan Angin pada pukul 13.00UTC (A), 15.00UTC (B), 18.00UTC (C), 21.00UTC (D), dan 23.00UTC (E) 64
Gambar 4.23 Kecepatan Angin Pada Titik B dan Titik G 65

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Skala *Beaufort* 15
Tabel 2.2 Komponen Harmonik Pasang Surut 17
Tabel 3.1 Alat dan Data 24
Tabel 3.2 Data Input 25
Tabel 3.3 Output Penelitian 40
Tabel 3.4 Klasifikasi Nilai MAE 41
Tabel 3.5 Kriteria Koefisien Korelasi 41

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1.1 Validasi data pasang surut model dan observasi..... 72
Lampiran 1.2 Tinggi gelombang signifikan pada titik kejadian
(titik B dan titik G) 73
Lampiran 1.3 Kecepatan arus signifikan pada titik kejadian
(titik B dan titik G..... 73
Lampiran 1.4 Kecepatan angin pada titik kejadian (titik B dan titik G)……...74

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia berada di antara benua Asia dan Australia serta diapit oleh Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Kondisi ini membuat Indonesia mempunyai posisi yang strategis dalam rute pelayaran internasional untuk kepentingan perekonomian dunia. Salah satu perairan yang menjadi jalur perekonomian dunia adalah Laut Natuna. Namun, aktivitas di perairan Laut Natuna sering mengalami kendala seperti cuaca ekstrem akibat kurangnya informasi tentang parameter fisik seperti gelombang dan arus laut. Gelombang tinggi di peraiaran laut dapat mengakibatkan terganggunya aktivitas nelayan (Kurniawan et al., 2012). Selain itu gelombang tinggi atau gelombang ekstrem juga dapat menyebabkan kecelakaan di laut (Habibie et al., 2013). Pada tanggal 13-14 Juli 2021 terjadi kasus kecelakaan kapal di perairan Laut Natuna. (Menurut Basarnas didalam Antaranews, 2021) kecelakaan ini menimpa 14 kapal motor nelayan. Peristiwa ini mengakibatkan 56 orang ABK dinyatakan hilang, 4 orang diantaranya ditemukan meninggal dunia, dan 81 ABK selamat. Kajian tentang gelombang ekstrem di laut merupakan sesuatu yang penting untuk dilakukan dalam memitigasi bencana yang terjadi di perairan laut.

Simulasi gelombang menggunakan model hidrodinamika di Perairan Indonesia telah dilakukan sebelumnya, dimana model hidrodinamika mampu menggambarkan karakteristik di perairannya. Seperti yang dilakukan oleh Habibie dkk (2013) yang telah melakukan penelitian menggunakan model Wavewatch-III tentang simulasi gelombang ekstrem akibat *swell* di Indonesia. Efendi dkk (2023) melakukan penelitian tentang karakteristik gelombang laut Indonesia untuk mendukung kegiatan laut dan keamanan maritim dengan menggunakan *couple* model SWAN dan Wavewatch-III. Aswad dkk (2021) telah melakukan penelitian tentang pemodelan terhadap tinggi gelombang untuk kajian energi gelombang laut di sekitar perairan barat Provinsi Lampung menggunakan model Delft-3D, hasil yang diperoleh menunjukkan nilai yang

baik dan memuaskan.Liufandy dkk (2022) juga dalam penelitiannya menggunakan model Delft3D tentang tinggi gelombang signifikan dan hasil yang didapatkan adalah model ini memiliki kemiripan yang tinggi, error yang lebih rendah, dan model gelombang dihasilkan dengan baik dan lebih akurat. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian Putra dkk (2021), model hidrodinamika dengan menggunakan model Delft3D-Flow telah mampu memberikan gambaran detail tentang pola arus laut di perairan Pulau Kemujan, Karimunjawa.

Namun demikian penelitian simulasi gelombang dan pola arus menggunakan Delft3D di Laut Natuna masih sangat jarang, oleh karena itu penelitian ini akan mencoba membangun pemodelan gelombang dan pola arus di sekitar Laut Natuna menggunakan model Delft3D. Harapannya dengan adanya penelitian ini dapat menjadi informasi gambaran tentang gelombang dan pola arus terkait dengan kecelakaan kapal . Selain itu, hasil dari penelitian ini akan memberikan informasi terkait dengan mitigasi akibat dari gelombang tinggi dan arus yang kuat disekitar Laut Natuna.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang pemodelan gelombang laut di sekitar Laut Natuna pada tanggal 14 Juli 2021?
2. Bagaimana validasi antara data pemodelan menggunakan *software* Delft3D dan data dari BMKG?
3. Bagaimana menganalisis model tinggi gelombang dan arus signifikan dari simulasi yang telah dibangun?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memodelkan gelombang laut dan pola arus di Laut Natuna.

2. Melakukan validasi antara data keluaran model Delft3D dan data dari BMKG.
3. Menganalisis hasil pemodelan tinggi gelombang dan arus signifikan dari simulasi yang telah dibangun menggunakan model Delft3D.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada beberapa masalah yaitu:

1. Pemodelan gelombang dibangun menggunakan model Delft3D.
2. Data inputan untuk membangun model berupa komponen angin, gelombang, dan arus yang merupakan data sekunder dari ECMWF ERA 5.
3. Pemodelan ini dibangun tanpa memperhatikan faktor-faktor bencana alam lain.
4. Wilayah penelitian berlokasi di Laut Natuna.
5. Analisis pada penelitian ini ditekankan pada studi kasus kecelakaan nelayan akibat gelombang tinggi di sekitar Laut Natuna pada 14 juli 2021.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberi informasi secara numerik terkait dengan terjadinya gelombang tinggi, arus kuat, dan cuaca ekstrem di Laut Natuna kepada para peneliti.
2. Sebagai acuan terkait dengan mitigasi yang disebabkan oleh gelombang tinggi, arus kuat, dan cuaca ekstrim kepada nelayan dan *stakeholder* terkait.