



KEMENTERIAN SUMBER ASLI, ALAM SEKITAR
DAN PERUBAHAN IKLIM
Ministry of Natural Resources, Environment
and Climate Change

**MALAYSIAN METEOROLOGICAL DEPARTMENT
MINISTRY OF NATURAL RESOURCES, ENVIRONMENT
AND CLIMATE CHANGE**

Technical Note No. 1/2023

**Simulasi Model Trajektori Tumpahan Minyak
JMA-MMD Terhadap Insiden Sebenar
Tumpahan Minyak di Perairan Malaysia**

**Muhammad Mikhael Cadorna,
Diong Jeong Yik dan Nursalleh K.Chang**

TECHNICAL NOTE NO. 1/2023

**Simulasi Model Trajektori Tumpahan Minyak
JMA-MMD Terhadap Insiden Sebenar
Tumpahan Minyak di Perairan Malaysia**

By
Muhammad Mikhael Cadorna,
Diong Jeong Yik dan Nursalleh K.Chang

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without the prior written permission of the publisher.

Perpustakaan Negara Malaysia

Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan



Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

Perpustakaan Negara Malaysia

Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati
dari Perpustakaan Negara Malaysia

ISBN 978-967-2327-16-5

Published and printed by:
Jabatan Meteorologi Malaysia
Jalan Sultan
46667 Petaling Jaya
Selangor Darul Ehsan
Malaysia

KANDUNGAN

No	Subjek	Halaman
	Abstrak	
	Penghargaan	
1.0	Pengenalan	1
2.0	Metodologi	3
2.1	Persamaan Umum	4
	2.1.1 Alir Lintang	5
	2.1.2 Pembauran Mendatar	6
	2.1.3 Pembauran Menegak	6
	2.1.4 Penyejatan	7
	2.1.5 Pengemulsian Minyak	7
	2.1.6 Pergerakan Sumber Tumpahan Minyak	8
3.0	Simulasi Kajian Kes	9
3.1	Kajian Kes 1: Insiden Tumpahan Minyak bagi Pelanggaran Kapal MVZ dan Kapal MVG	9
	3.1.1 Kronologi	9
	3.1.2 Hasil Pemerhatian di Lapangan	12
	3.1.3 Simulasi Tumpahan Minyak bagi Pelanggaran Kapal MVZ dan Kapal MVG	15
	i) Simulasi bagi kawasan yang terjejas	16
	ii) Simulasi bagi proses penyejatan minyak	19
	iii) Simulasi bagi proses pengemulsian minyak	22
	3.1.4 Rumusan Simulasi Kajian Kes 1	25
3.2	Kajian Kes 2: Insiden Tumpahan Minyak bagi Tumpahan Minyak di Perairan Tanjung Tuan, Melaka dan Pantai Cermin, Negeri Sembilan	28
	3.2.1 Kronologi	28
	3.2.2 Hasil Pemerhatian di Lapangan	30
	3.2.3 Simulasi Tumpahan Minyak di Perairan Tanjung Tuan, Melaka dan Pantai Cermin, Negeri Sembilan	31
	i) Simulasi bagi kawasan yang terjejas	33
	ii) Simulasi bagi proses penyejatan minyak	36
	iii) Simulasi bagi proses pengemulsian minyak	39
	3.2.4 Rumusan Simulasi Kajian Kes 2	42
4.0	KESIMPULAN	45
5.0	CADANGAN	46
6.0	RUJUKAN	47

Simulasi Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD Terhadap Insiden Sebenar Tumpahan Minyak di Perairan Malaysia

Muhammad Mikhael Cadorna, Diong Jeong Yik dan Nursalleh K.Chang

Abstrak

Jabatan Meteorologi Malaysia (MET Malaysia) telah mengadaptasi Model Trajektori Tumpahan Minyak dari *Japan Meteorological Agency* (JMA) sejak tahun 2008 yang dikenali sebagai Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD. Nota teknikal ini akan membincangkan tentang hasil simulasi Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD terhadap insiden sebenar tumpahan minyak di perairan Malaysia. Dua (2) kes terkini yang akan dibincangkan adalah pelanggaran di antara Kapal MVZ (bukan nama sebenar kapal) dan Kapal MVG (bukan nama sebenar kapal) yang berlaku pada 10 Julai 2021 dan tumpahan minyak yang berlaku di Pantai Tanjung Tuan, Melaka dan Pantai Cermin, Port Dickson, Negeri Sembilan pada 12 Oktober 2020. Data ombak yang digunakan untuk simulasi adalah dari Model Ombak JMA-MMD MRI_S. Manakala data arus dan suhu permukaan laut adalah dari Model Numerikal Kitaran Arus, *First Institute of Oceanography* (FIO), China. Hasil kajian mendapati simulasi Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD boleh memberikan gambaran awal terhadap keadaan yang hampir sebenar di perairan Malaysia. Simulasi model ini akhirnya dapat membantu dalam perancangan strategi melawan insiden tumpahan minyak yang berlaku di perairan Malaysia.

Penghargaan

Bersyukur kepada kehadiran Illahi dengan limpah kurnia-Nya, saya dapat menyiapkan nota teknikal ini dengan jayanya. Dengan kesempatan ini, saya amat berbesar hati merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Jabatan Alam Sekitar khususnya Bahagian Air dan Marin atas kerjasama yang diberikan termasuklah dalam memberikan maklumat berkenaan insiden tumpahan minyak yang berlaku di sekitar perairan negara Malaysia. Akhir sekali, ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada semua yang terlibat secara langsung atau tidak langsung sepanjang proses penyempurnaan nota teknikal ini.

Sekian, terima kasih.

1.0 PENGENALAN

Malaysia adalah sebuah negara maritim yang dikelilingi oleh Laut China Selatan, Selat Melaka dan juga Laut Sulu. Selain itu, Malaysia adalah laluan kapal-kapal dagang terutamanya di Selat Melaka yang merupakan salah satu jalur pelayaran terusan terpenting di dunia yang menghubungkan tiga negara dengan jumlah penduduk terbesar di dunia iaitu India, Indonesia dan China. Justeru itu, Malaysia adalah tidak terkecuali dari insiden tumpahan minyak. Aspek lain yang perlu diambil perhatian adalah perairan Malaysia adalah berkongsi dengan negara-negara jiran seperti Singapura dan Indonesia. Oleh itu, amat penting bagi Malaysia untuk bertindak balas dengan pantas dan berkesan terhadap insiden tumpahan minyak yang berlaku di kawasan perairan negara dan mengetahui sama ada tumpahan minyak akan merentasi sempadan negara atau tidak.

Menerusi Arahan Majlis Keselamatan Negara No.20, insiden tumpahan minyak yang terjadi di perairan Malaysia adalah di bawah bidang kuasa Jabatan Alam Sekitar (JAS) yang bertindak sebagai agensi peneraju dan Jabatan Laut Malaysia (JLM) yang bertindak sebagai agensi pelaksana manakala Jabatan Meteorologi Malaysia (MET Malaysia) menerusi Pelan Kontigensi Tumpahan Minyak Malaysia (MOSCoP) telah dikelaskan di dalam agensi primer di peringkat strategi dan perancangan. MET Malaysia adalah bertanggungjawab dalam:

- Memberi maklumat, ramalan dan taklimat terperinci mengenai keadaan laut dan cuaca; dan
- Membantu pelaksanaan trajektori tumpahan minyak.

Di MET Malaysia, Model Trajektori Tumpahan Minyak diadaptasi dari *Japan Meteorological Agency (JMA)* (Nadao Kohno, 2010). Model ini mengambil kira proses fizikal dan tindak balas kimia molekul minyak terhadap air laut dan keadaan cuaca di dalam pengiraan simulasi trajektori. Model ini telah ditambah baik secara dalaman agar hasil simulasi dapat memberikan gambaran keadaan yang hampir sebenar di perairan Malaysia. Ini kerana bentuk muka bumi di kawasan perairan Malaysia adalah berbeza berbanding di negara Jepun. Perbezaan ini pasti akan memberikan kesan yang berbeza terhadap tenaga ombak yang tiba di perairan Malaysia sekaligus penambahbaikan perlu

dilakukan terhadap model tersebut sama ada dari segi input data meteorologi mahupun tetapan pada model. Pada peringkat permulaan pengoperasian model, resolusi yang dihasilkan hanyalah 0.25° iaitu bersamaan 27.77km. Kemudian ianya ditambah baik kepada 0.125° bersamaan 13.87km dan seterusnya kepada 0.05° bersamaan 5.5km pada tahun 2022. Peningkatan resolusi ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih realistik di kawasan pesisir pantai Malaysia.

Model ini menggunakan input ramalan suhu dan arus permukaan laut daripada model peredaran global Model Numerikal Kitaran Arus, JMA MOVE-G atau Model Numerikal Kitaran Arus, *First Institute of Oceanography (FIO)*, China. Selain itu, input dari ramalan data meteorologi dan ombak juga adalah elemen yang penting untuk melaksanakan Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD. Ramalan data meteorologi dan ramalan ombak adalah diperolehi daripada Model Ramalan Ombak JMA_MMD MRI3 Shallow Water. Kesemua maklumat tersebut digunakan sebagai input untuk menghasilkan simulasi yang lebih realistik dengan keadaan semasa. Antara proses fizikal dan tindakbalas kimia yang asas yang diambil kira di dalam simulasi model adalah:

- Pergerakan minyak disebabkan angin, ombak dan arus;
- Pembauran menegak dan mendatar;
- Penyejatan;
- Pengemulsian minyak; dan
- Pergerakan sumber tumpahan minyak.

2.0 METODOLOGI

Menerusi statistik tumpahan minyak di laut dari kapal yang telah dijalankan oleh Jabatan Laut Malaysia, sebanyak 59 insiden yang telah berlaku sejak tahun 2012-2017 di sekitar perairan Malaysia (https://www.data.gov.my/data/ms_MY/dataset/statistik-tumpahan-minyak-di-laut-dari-kapal-mengikut-wilayah-berat-kapal-dan-tahun). Namun, bagi tujuan penulisan nota teknikal ini hanya dua insiden tumpahan minyak yang terkini dijadikan sebagai kajian kes untuk disimulasikan menggunakan Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD. Dua insiden tersebut adalah:

- Pelanggaran Kapal MVZ (bukan nama sebenar kapal) dan Kapal MVG (bukan nama sebenar kapal) yang berlaku pada 10 Julai 2021; dan
- Pencemaran Pantai Tanjung Tuan, Melaka dan Pantai Cermin, Port Dickson yang berlaku pada 12 Oktober 2020.

Secara umumnya, data ombak yang digunakan bagi kedua-dua kes adalah data *continuous run* dari Model Ombak JMA-MMD MRI_S yang mempunyai ramalan sehingga tujuh (7) hari ke hadapan manakala data arus dan suhu permukaan laut adalah data *continuous run* dari Model Numerikal Kitaran Arus, FIO yang mempunyai ramalan sehingga lima (5) hari ke hadapan. Simulasi pelanggaran Kapal MVZ dan Kapal MVG adalah menggunakan data model ombak dan arus pada 12UTC 10 Julai 2021. Simulasi pencemaran Pantai Tanjung Tuan dan Pantai Cermin pula menggunakan data model ombak dan arus pada 12UTC 11 Oktober 2020.

Persamaan di bawah merupakan persamaan yang digunakan di dalam Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD sebagai kiraan tumpahan molekul minyak dan trajektorinya.

2.1 Persamaan Umum

Model ramalan tumpahan minyak secara amnya menggunakan persamaan pembauran (*diffusion*) yang umum.

$$\frac{DC}{Dt} = \frac{\partial C}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla C = \nabla \cdot \mathbf{K} \nabla C + S \quad (2.1)$$

di mana C menunjukkan jumlah bahan pencemaran, t adalah masa, V adalah halaju alir lintang, K adalah pekali pembauran gelora dan S mewakili proses penukaran jumlah minyak yang tertumpah disebabkan pelbagai faktor seperti pertambahan jumlah tumpahan, penyejatan, tenggelamnya minyak ke dalam air dan pengemulsian.

Bagi menyelesaikan persamaan ini menggunakan komputer, terdapat dua cara yang biasa digunakan iaitu yang pertama adalah mengira nilai C secara langsung dalam grid yang tetap dengan menggunakan kaedah perbezaan terhingga (*finite difference method*) dan yang kedua adalah mensimulasikan tingkah laku zarah-zarah yang diandaikan menjadi komponen minyak. Model ramalan tumpahan minyak JMA menggunakan kaedah yang kedua dan minyak yang tertumpah adalah diwakili oleh zarah yang banyak, C_n ($n=1,2,\dots$)

$$C_n \{ \mathbf{x}(t + \Delta t), s(t + \Delta t); t + \Delta t \} = \Phi [C_n \{ \mathbf{x}(t), s(t); t \}] \quad (2.2)$$

X menunjukkan kedudukan setiap zarah, s adalah status kimia minyak, manakala Φ adalah fungsi umum perubahan ciri terhadap masa.

Tumpahan minyak tersebut perlu dikelaskan kepada beberapa kumpulan mengikut diameter. Di dalam model ini, terdapat 50 kumpulan diameter yang digunakan. Setiap zarah mempunyai diameter (μm) yang ditakrifkan mengikut nombor, n ,

$$d = 50 - \{ (n - 1 \bmod 50) + 1 \} \times 10^{-5} \quad (2.3)$$

n bersamaan $10 \sim 500 \mu\text{m}$. Walau bagaimanapun, isipadu (zarah) setiap kumpulan diandaikan sama. Namun proses yang berlaku kepada tumpahan minyak adalah sangat

rumit. Justeru, hanya proses yang utama diambil kira di dalam model ini seperti yang di bawah:

2.1.1 Alir lintang (*Advection*)

Alir lintang bagi tumpahan minyak adalah bergantung kepada aliran permukaan angin, $\mathbf{U} = (u, v)$. Peraturan 3% anggaran adalah teori yang sangat dikenali bagi anggaran seperti kejadian ini. Di dalam model ini, aliran permukaan angin, $\mathbf{U}_s = (u_s, v_s)$ adalah ditentukan oleh 0.025 (2.5%) kelajuan angin dengan sudut 15° .

$$\begin{pmatrix} u_s \\ v_s \end{pmatrix} = 0.025 \begin{pmatrix} \cos(dd + 15^\circ) & \sin(dd + 15^\circ) \\ \sin(dd + 15^\circ) & \cos(dd + 15^\circ) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} \quad (2.4)$$

Bagi kesan *Stokes drift*, pengiraan dibuat secara berasaingan menerusi data ombak dengan kedalaman air, H sebagai

$$u_w(z) = \frac{\omega k a^2 \cosh\{2k(H - z)\}}{2 \cdot \sinh^2(kH)} \cdot c_p \quad (2.5)$$

H_w adalah ketinggian ombak, T_w adalah tempoh gelombang dan L_w adalah panjang gelombang. Manakala pembolehubah yang lain dikira sebagai

$$\omega = \frac{2\pi}{T_w}, \quad k = \frac{2\pi}{L_w}, \quad a = \frac{H_w}{2} \quad (2.6)$$

Kelajuan fasa, C_p diekspresikan sebagai

$$c_p = \frac{g}{2\pi f} = \frac{gT_w}{2\pi} \quad (2.7)$$

Di kawasan laut dalam, formula *Stokes drift* boleh diringkaskan dengan menganggap H semakin menghampiri ∞ . Justeru, formula ini digunakan di dalam model tumpahan minyak.

$$u_w(z) = \pi^2 \cdot \left(\frac{H_w}{L_w}\right)^2 \cdot e^{-\frac{4\pi z}{L_w}} \cdot c_p \quad (2.8)$$

2.1.2 Pembauran Mendatar

Dengan menggunakan rawatan pembauran pergerakan oleh (Elliot, 1986). Profil algoritma aliran permukaan adalah

$$u(z) = u_s \left\{ 1 - \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_c/z_0)} \right\} \quad (2.9)$$

Di mana U_s adalah aliran angin di permukaan laut, Z_c adalah kedalaman bagi $U(z) = 0$, Z_0 adalah parameter bagi paksi menegak dan ditetapkan sebagai $Z_c = 35\text{m}$ dan $Z_0 = 1.0 \times 10^{-2}$. Kemungkinan terdapat pembauran isotrop yang terhasil dari pusaran-pusaran kecil dan kesan ini dianggarkan sebagai pekali, $K_h = 95.0\text{m}^2/\text{s}$.

Sekiranya dominasi angin dan ombak berlaku, kesan pembauran akan menjadi lebih ketara dan boleh ditetapkan sebagai $K_w = H_w^2/T_w$ untuk ombak dan $K_{wind} = W^3/g$ untuk angin.

2.1.3 Pembauran Menegak

Mekanisma (Elliot, 1986) juga mengambil kira pembauran secara menegak selain mendatar. Tumpahan minyak dibahagikan kepada banyak titisan minyak yang seterusnya mempunyai daya apungan yang berbeza mengikut saiz. Dengan mengambil kira keseimbangan di antara daya apungan dan kedalaman minyak, pergerakan kedalaman minyak akan ditentukan sama ada ia kekal di permukaan atau tidak.

(Elliot, 1986) mencadangkan bahawa halaju apungan, U_v titisan yang berdiameter, d sebagai

$$\begin{cases} U_v = \frac{gd^2(1-\rho_o/\rho_w)}{18\nu} & (d \leq d_c) \\ U_v = \left\{ \frac{8}{3}gd \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho_w} \right) \right\}^{\frac{1}{2}} & (d > d_c) \end{cases} \quad (2.10)$$

Dan

$$d_c = \frac{9.52v^{2/3}}{\sqrt[3]{g(1-\rho_o/\rho_w)}} \quad (2.11)$$

Dan v adalah kelikatan air laut. Pembauran menegak adalah dianggarkan dengan kaedah pergerakan secara rawak dengan menggunakan pekali pembauran menegak, K_v .

$$\Delta Z = \sqrt{2K_v \Delta t} \quad (2.12)$$

Justeru, titisan minyak kekal di permukaan sekiranya $U_v \cdot \Delta t \geq \Delta Z$ dan ia kekal di dalam air sekiranya $U_v \cdot \Delta t \leq \Delta Z$. Nilai K_v ditetapkan pada $1.0 \times 10^{-2} \text{m}^2/\text{s}$.

2.1.4 Penyejatan

(Fingas, 1997) menganggarkan kadar sejatan adalah secara empirikal. Menerusi hasil keputusannya, kadar penyejatan E_v (%) boleh dinyatakan sebagai,

$$\begin{cases} E_v = (a + b \cdot T) \ln t \\ E_v = (a + b \cdot T) \sqrt{t} \end{cases} \quad (2.13)$$

Kebanyakan jenis minyak adalah mengikut logaritma atau profil asal, a dan b adalah pekali pemalar yang ditentukan menerusi eksperimen. T ($^{\circ}\text{C}$) adalah suhu minyak yang dianggarkan sama dengan suhu permukaan air laut (SST), dan t (min) adalah masa yang berlalu. Pekali yang digunakan boleh dirujuk daripada senarai katalog data minyak yang dikeluarkan oleh *Environment and Climate Change Canada*.

2.1.5 Pengemulsian Minyak

Proses emulsi masih belum dapat diselesaikan dengan baik. Namun, kebiasaannya formula yang digunakan untuk menyelesaikan proses ini adalah dari (Mackay et al., 1980). Seterusnya (Reed, 1989) yang telah mengubahsuai formula sebelum ini dan mencadangkan formula untuk kandungan air, F_{wc} sebagai,

$$\frac{dF_{wc}}{dt} = 2.0 \times 10^{-6} (W + 1)^2 \cdot \left(1 - \frac{F_{wc}}{C_3} \right) \quad (2.14)$$

W (m/s) adalah halaju angin. C_3 adalah pekali parameter bagi mengawal had atas kandungan air.

Ketumpatan minyak, ρ adalah berubah disebabkan proses pengemulsian.

$$\rho = \rho_w \cdot F_w + (1 - F_w) \cdot \rho_o \quad (2.15)$$

ρ_w adalah ketumpatan air laut dan ρ_o adalah ketumpatan asal minyak.

2.1.6 Pergerakan Sumber Tumpahan Minyak

Pergerakan punca tumpahan adalah penting sekiranya punca tumpahan adalah terapung sebagai contoh kapal hantu, kapal yang kerosakan enjin dan seumpamanya. Kebiasaanya punca tersebut bergerak disebabkan angin permukaan laut dan arus lautan. Justeru, nisbah udara kepada lautan digunakan sebagai parameter sebagai kadar kedua-dua daya tersebut. Pergerakan punca tersebut dikira dengan persamaan berikut.

$$\begin{cases} \frac{du_0}{dt} = \left(2\Omega + \frac{u_0}{r \cos \phi} \right) v_0 \sin \phi + C_w \eta (u_w - u_0) + C_c \xi (u_c - u_0) \\ \frac{dv_0}{dt} = \left(2\Omega + \frac{u_0}{r \cos \phi} \right) u_0 \sin \phi + C_w \eta (v_w - v_0) + C_c \xi (v_c - v_0) \end{cases}$$

$$\eta = \sqrt{(u_w - u_0)^2 + (v_w - v_0)^2}$$

$$\xi = \sqrt{(u_c - u_0)^2 + (v_c - v_0)^2} \quad (2.16)$$

U_0, V_0 adalah halaju punca tumpahan, U_w adalah angin permukaan, U_c adalah arus lautan. C_w dan C_c adalah pekali seret di dalam udara dan air laut, masing-masing dinilai, $C_w = 3.2 \times 10^{-6}$ dan $C_c = 7.5 \times 10^{-3}$.

3.0 SIMULASI KAJIAN KES

3.1 Kajian Kes 1: Insiden Tumpahan Minyak bagi Pelanggaran Kapal MVZ dan Kapal MVG

3.1.1 Kronologi

Pada 11 Julai 2021, jam 0003 pagi. Maklumat kecemasan telah diterima oleh *Maritime Rescue & Search Centre* (MRSC) Putrajaya daripada Kapal MVZ dan disalurkan kepada MRSC Johor Bahru (JB). Pada waktu masa yang sama, MRSC JB juga telah menerima maklumat kecemasan Kapal MVG daripada pihak BASARNAS Pekan Baru, Indonesia. Pada jam 0123 pagi, pengesahan laporan kecemasan telah dijalankan dan mendapati terdapatnya pelanggaran di antara Kapal MVZ dan Kapal MVG di kawasan perairan Johor Barat. Maklumat mendapati tiada kemalangan jiwa namun melaporkan terhidu bau minyak tetapi tidak dapat dipastikan kerana keadaan yang gelap. Maklumat kemudiannya disalurkan kepada Pegawai Jabatan Laut Wilayah Selatan (JLWS).

Sementara itu, di Pusat *Vessel Traffic Services* (VTS) Klang pada 10 Julai 2021, JLM telah menerima maklumat pada jam 2115 mlm berkenaan pelanggaran kapal dan kemudiannya menyalurkan maklumat kepada JLWS dan JAS untuk tindakan lanjut.

Pada jam 0507 pagi, 11 Julai 2021, Jabatan Alam Sekitar Negeri Johor (JASNJ) juga telah menerima laporan yang sama. JASNJ kemudiannya menghubungi JLWS untuk bantuan bot untuk penyiasatan dan pemantauan.

Pada jam 1315 petang, 11 Julai 2021, JASNJ bersama JLWS telah bergerak ke lokasi insiden dengan menggunakan kapal Pasukan Polis Marin untuk pemantauan status tumpahan minyak.

Hasil siasatan mendapati bahawa Kapal MVG telah hilang kawalan kerana kegagalan sistem kemudi dan menyebabkan kapal tersebut membelok ke kanan semasa Kapal MVZ sedang memotong kapal MVG di haluan sebelah kanan. Maka berlaku pergeselan di sisi kanan Kapal MVG dan sisi kiri Kapal MVZ.

Perincian insiden adalah seperti yang dibawah:

Lokasi pelanggaran kapal : 1.85116° N, 102.46066° E (lebih kurang 15 batu Nautika, Barat Daya Kuala Sungai Muar)

Tarikh insiden : 10 Julai 2021

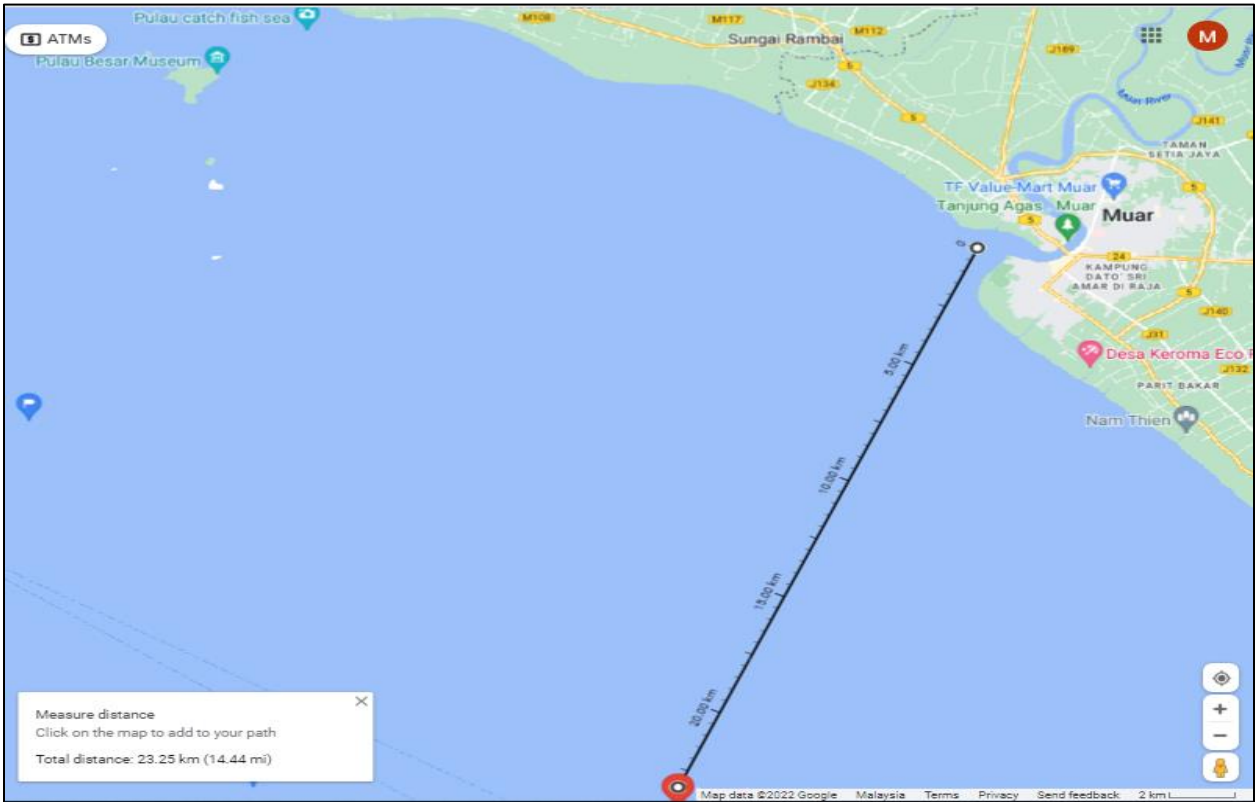
Masa insiden : 9.15 malam

Jadual 1: Maklumat Kapal

MAKLUMAT	MVZ	MVG
Call Sign	XXXX	XXXX
IMO No	XXXXXXXX	XXXXXXXX
Jenis	Container ship (Kargo)	Bulk Carrier (Membawa Coal)
Negara Daftar	United Kingdom	Malta
Destinasi	Suez Canal	Visakhapatnam, India
Panjang kapal	366m	225m
Lokasi semasa	1.99014° N, 102.28209° E	1.85969° N, 102.344° E



Rajah 1: Lokasi Semasa Rondaan Dibuat



Rajah 2: Lokasi Pelanggaran

Punca tumpahan minyak adalah disyaki berpunca daripada saluran hidraulik Kapal MVG yang telah pecah semasa pelanggaran. Anggaran jumlah minyak hidraulik yang tertumpah adalah tidak diketahui kerana saluran tersebut telah tidak berfungsi. Pihak Kapal MVG telah menjalankan kawalan tumpahan minyak dengan memindahkan tangki minyak *Marine Gas Oil* (MGO) ke lokasi yang selamat. Justeru itu, minyak yang tumpah adalah minyak jenis hidraulik.

3.1.2 Hasil Pemerhatian di Lapangan



Rajah 3: Lokasi Kapal MVZ dan MVG sehingga 13 Julai 2021

Pada 11 Julai 2021 petang, pasukan penyiasat JAS telah ke lokasi semasa Kapal MVG (1.86161° N, 102.34038° E). Hasil pemerhatian mendapati lapisan nipis minyak berada dalam radius sekitar 50-150m terserak dari kawasan kapal.



Rajah 4: Lapisan minyak terserak di kawasan badan Kapal MVG

Pada 12 Julai 2021, pasukan penyiasat tidak dapat ke lokasi kerana tiada aset (bot) yang dapat digunakan. Pemantauan hanya dijalankan di pesisir pantai di Daerah Muar dan Tangkak. Didapati tiada kesan-kesan minyak ditemui mendarat ke pesisir pantai.

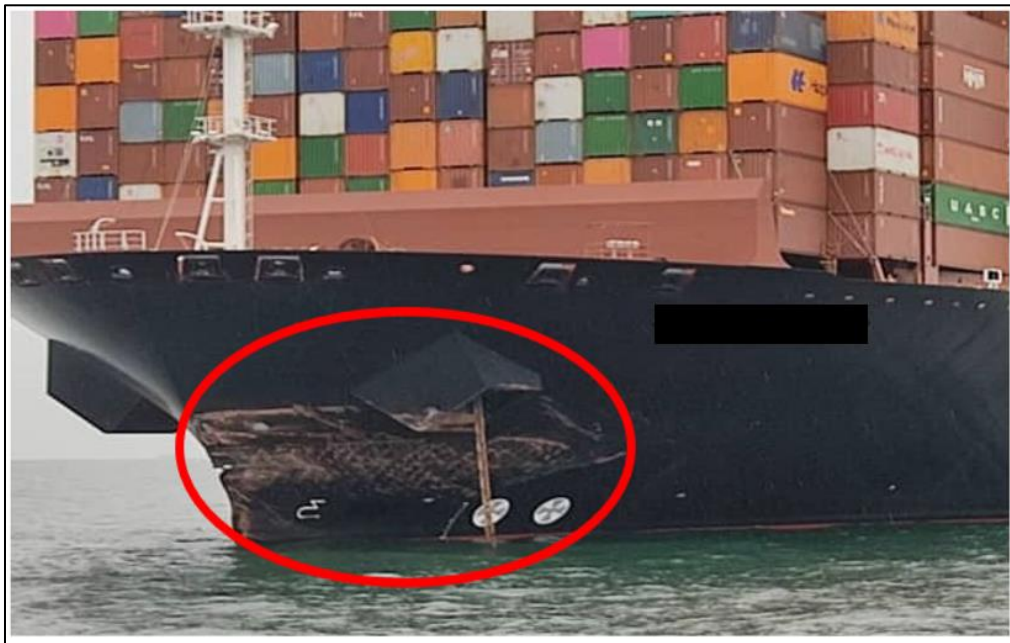
Seterusnya pasukan penyiasat mendapatkan maklumat daripada penduduk kampung nelayan di Jeti Nelayan Kesang Laut dan Jeti Nelayan Parit Karang di Daerah Tangkak dan Jeti Nelayan Parit Bakar serta Jeti Nelayan Parit Jawa di Daerah Muar. Tiada kesan-kesan minyak di permukaan air dijumpai.

Pada 13 Julai 2021, jam 1130 pagi, siasatan susulan oleh JASNJ ke lokasi Kapal MVG menggunakan aset JLM mendapati kerja kawalan telah dibuat untuk membendung minyak dari dalam ruangan simpanan arang menggunakan *oil boom*.

Pemeriksaan ke atas Kapal MVZ juga telah dijalankan. Pemerhatian mendapati tiada kesan tumpahan minyak dan bahagian badan kapal yang terjejas akibat pelanggaran adalah bahagian depan sahaja.



Rajah 5: Contoh kerosakan Kapal MVG.



Rajah 6: Contoh kerosakan Kapal MVZ yang terjejas di bahagian kiri hadapan badan kapal sahaja.

3.1.3 Simulasi Tumpahan Minyak bagi Pelanggaran Kapal MVZ dan Kapal MVG

Menerusi kronologi yang telah diperolehi daripada JAS, insiden pelanggaran antara Kapal MVZ dan Kapal MVG adalah pada 10 Julai 2021, jam 0915 malam di kawasan perairan Johor Barat. Insiden tersebut telah disahkan pada 11 Julai 2021, jam 0123 pagi. Susulan dari pelanggaran tersebut, tumpahan minyak telah berlaku akibat kebocoran saluran hidraulik pada Kapal MVG. Namun, jumlah anggaran minyak hidraulik yang tumpah adalah tidak diketahui. Justeru itu, andaian bagi maklumat insiden perlu ditetapkan sebagai input kepada tetapan Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD. Di bawah merupakan perincian insiden dan juga perincian tetapan model trajektori tumpahan minyak.

Perincian Insiden:

Koordinat / Lokasi insiden : 1.82° N, 102.46° E

Tarikh insiden : 10 Julai 2021

Masa insiden : 0915 malam

Jenis minyak yang tumpah : Minyak Hidraulik

Tetapan Model:

Data Ombak : Analisa pada 10 Julai 2021, 12UTC (*Continuous Run*)

Data Arus dan Suhu : Analisa pada 10 Julai 2021, 12UTC (*Continuous Run*)

Jenis Minyak : Diesel Fuel Short Term

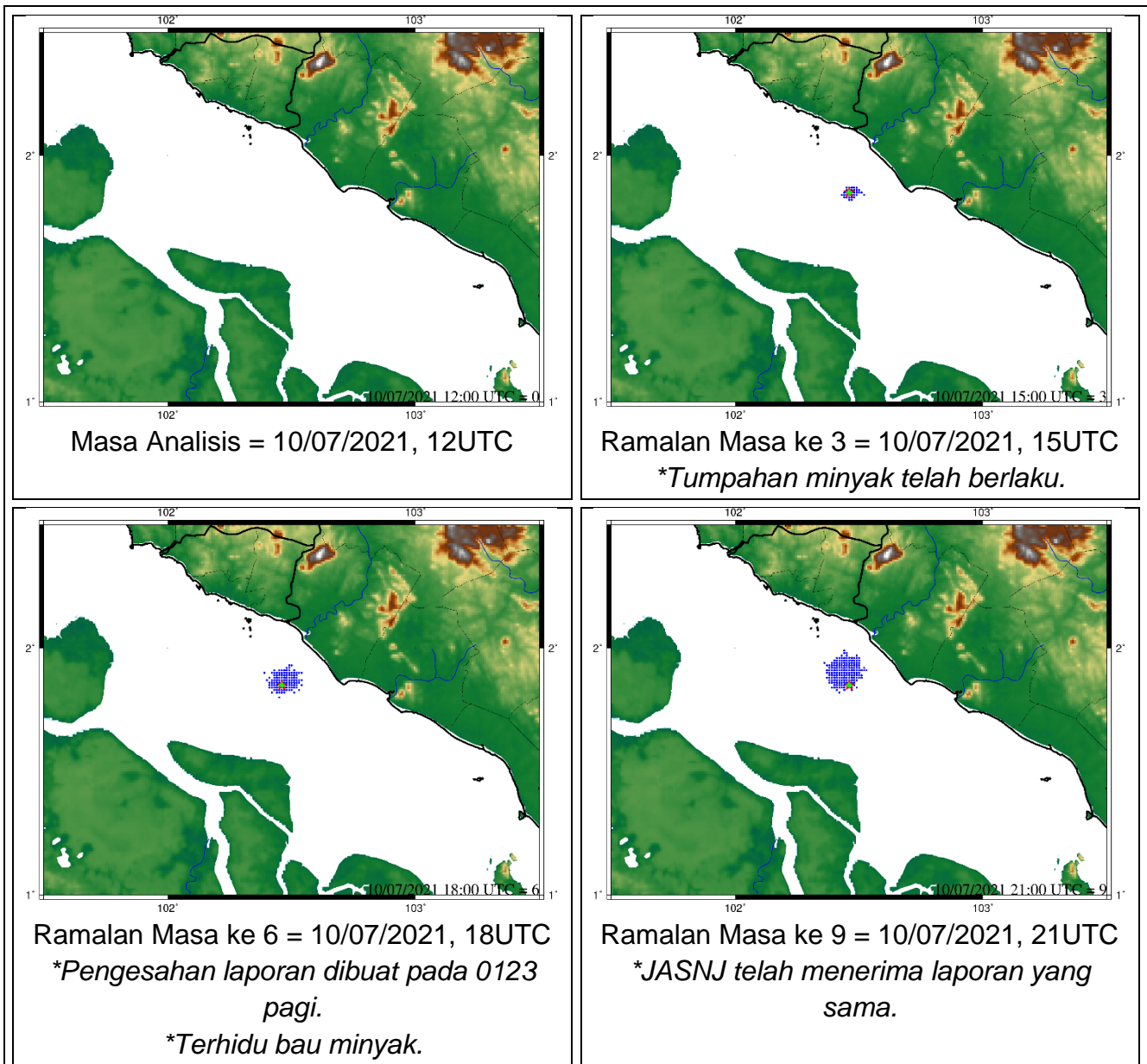
Jumlah Minyak Yang Tumpah : 5 metrik tan @ 5 kiloliter

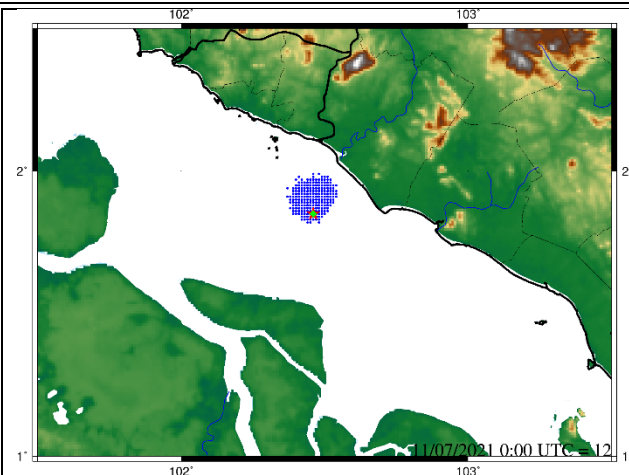
Tempoh Simulasi : 72 Jam

Saiz Grid : 581 x 441 (0.05° grid)

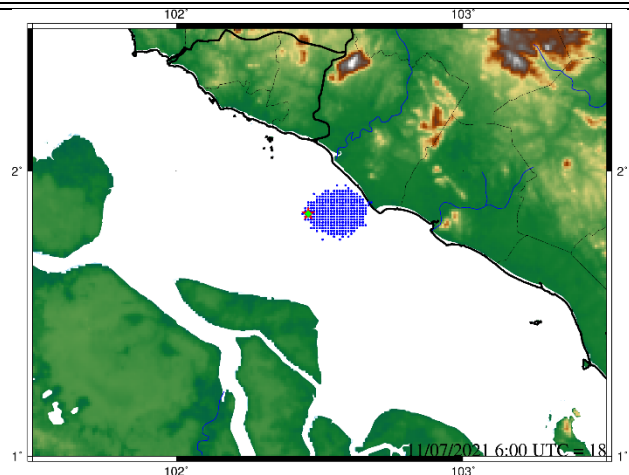
Gambar di bawah merupakan hasil simulasi Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD. Adalah perlu diingatkan bahawa intepretasi output dari Pegawai Meteorologi adalah penting dalam menjelaskan output simulasi tersebut dan pengetahuan akan limitasi model juga perlu diambil perhatian.

i. Simulasi bagi kawasan yang terjejas.



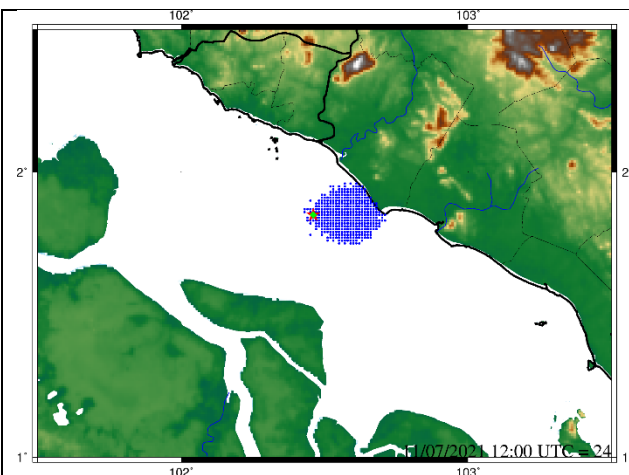


Ramalan Masa ke 12 = 11/07/2021,
00UTC



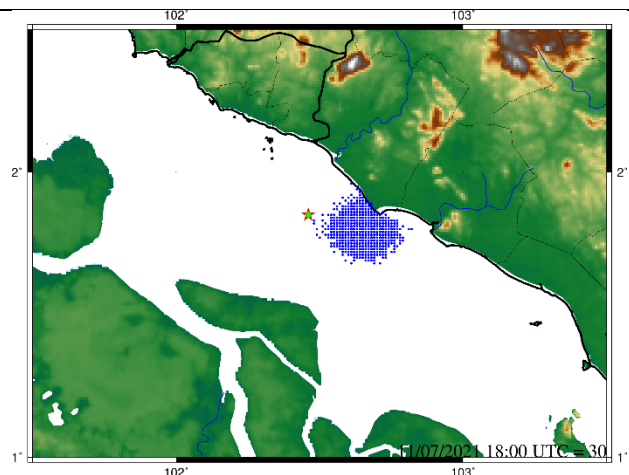
Ramalan Masa ke 18 = 11/07/2021,
06UTC

**Pasukan penyiasat JASNJ bersama JLWS bergerak ke lokasi insiden.
* Lapisan nipis minyak dalam radius sekitar 50-150m terserak dari kawasan kapal.*

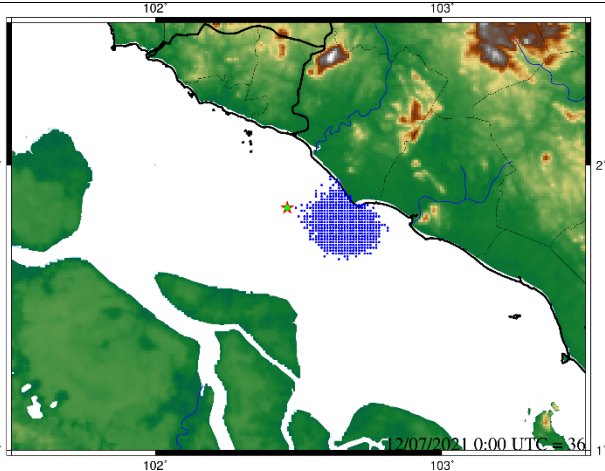


Ramalan Masa ke 24 = 11/07/2021,
12UTC

**Pendaratan pertama minyak di pantai hingga penghujung ramalan.*

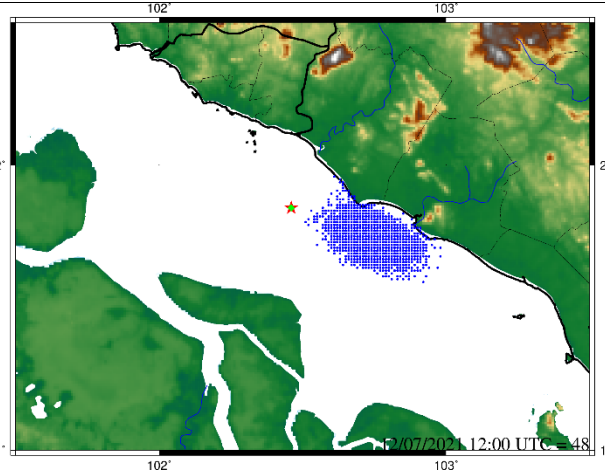


Ramalan Masa ke 30 = 11/07/2021,
18UTC

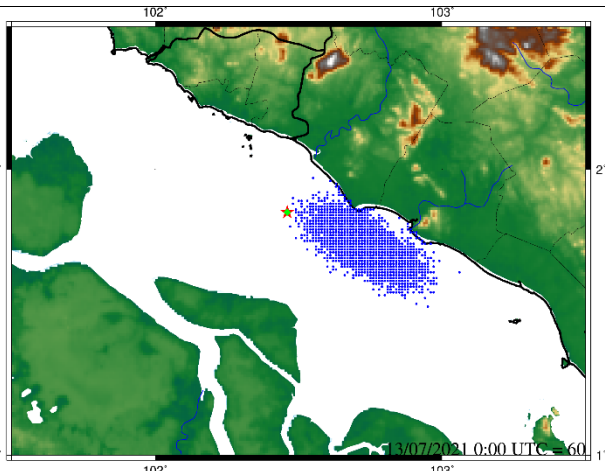


Ramalan Masa ke 36 = 12/07/2021,
00UTC

** Pemantauan hanya dijalankan di pesisir pantai. Tiada kesan minyak ditemui mendarat ke pesisir pantai.*

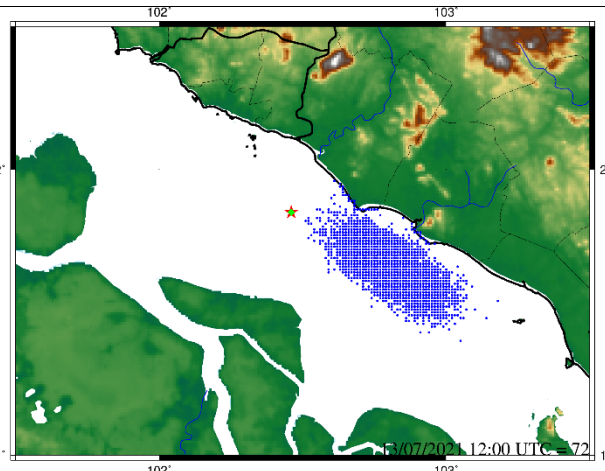


Ramalan Masa ke 48 = 12/07/2021,
12UTC



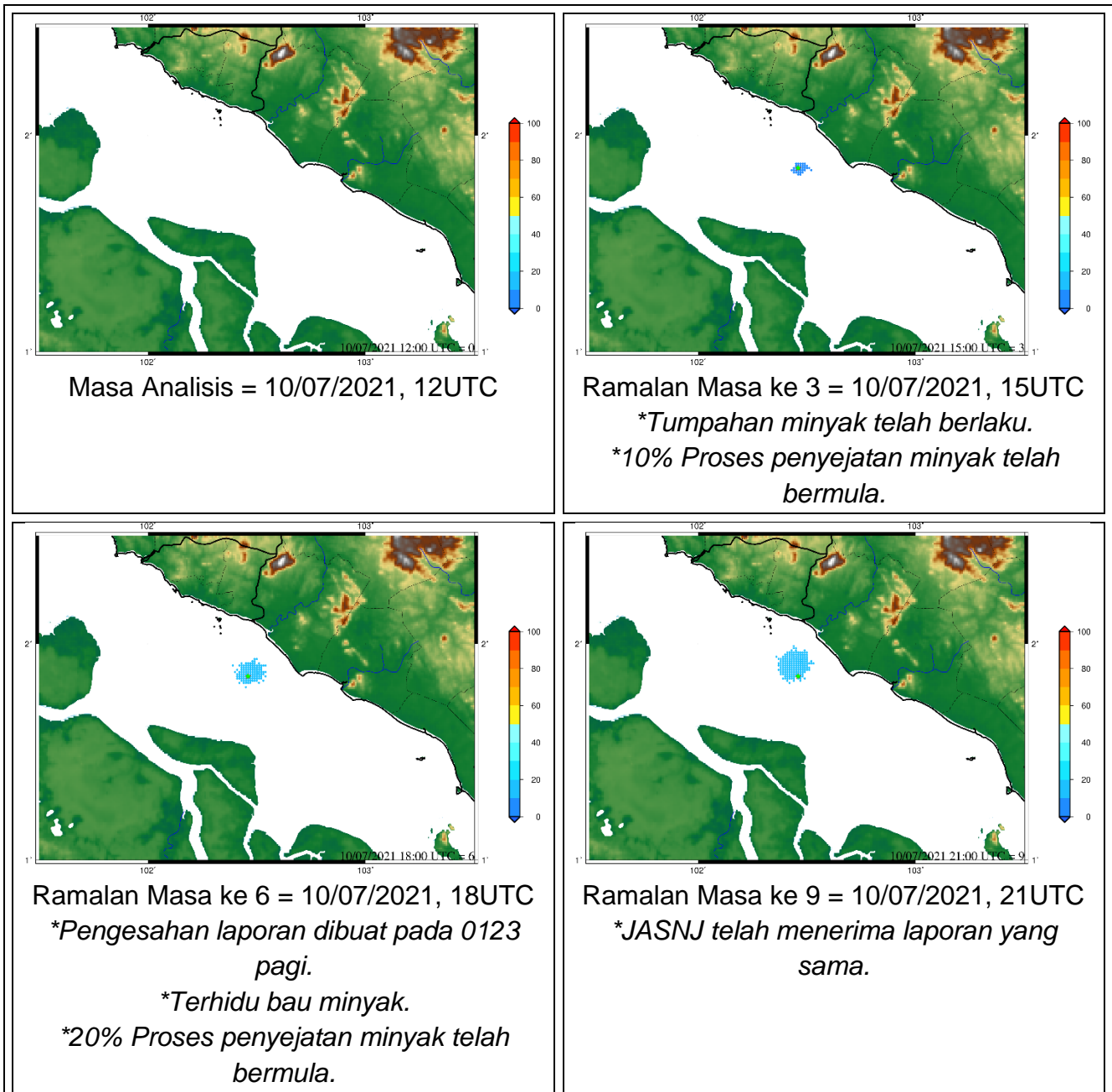
Ramalan Masa ke 60 = 13/07/2021,
00UTC

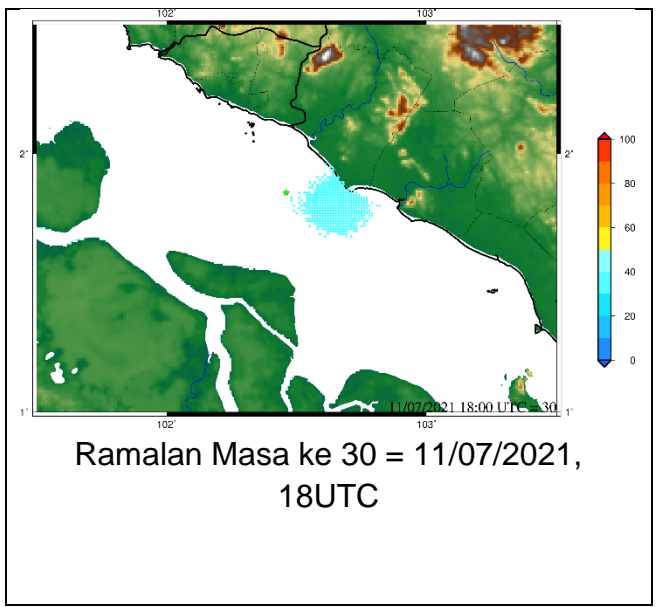
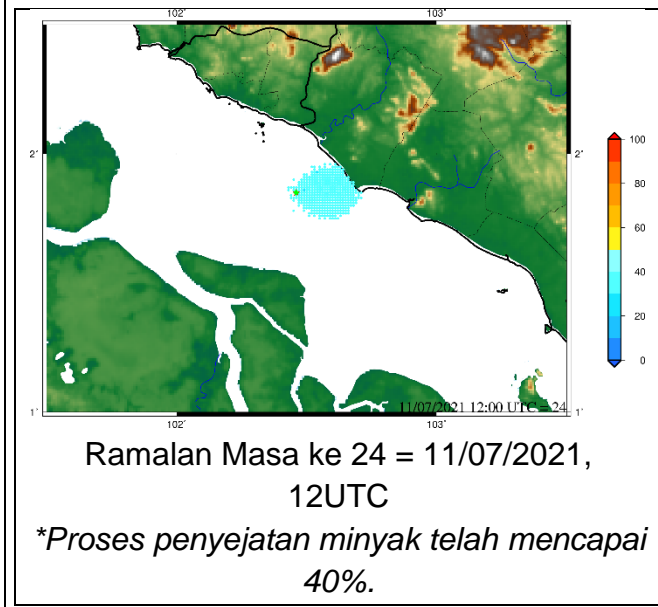
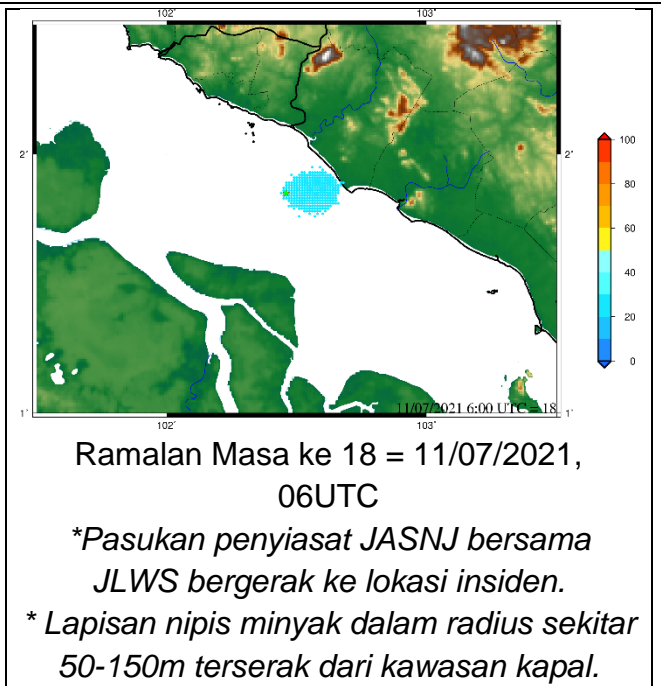
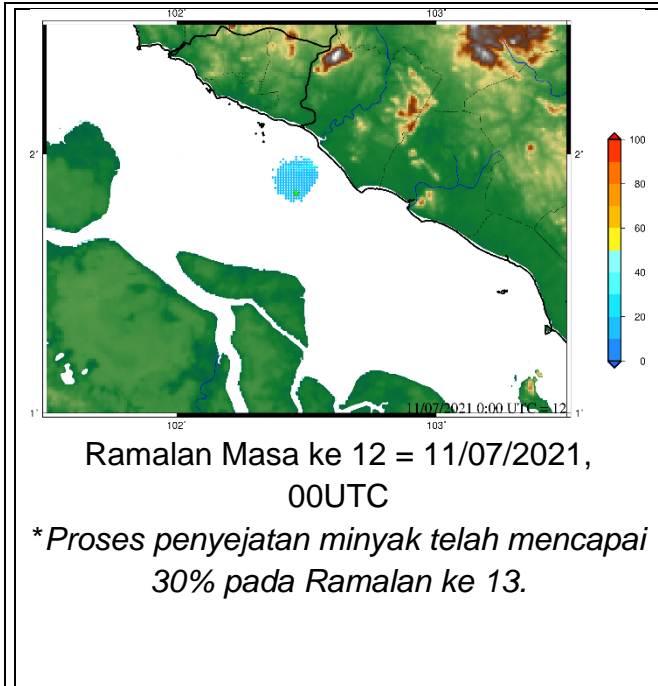
**Aktiviti melawan minyak telah selesai.*

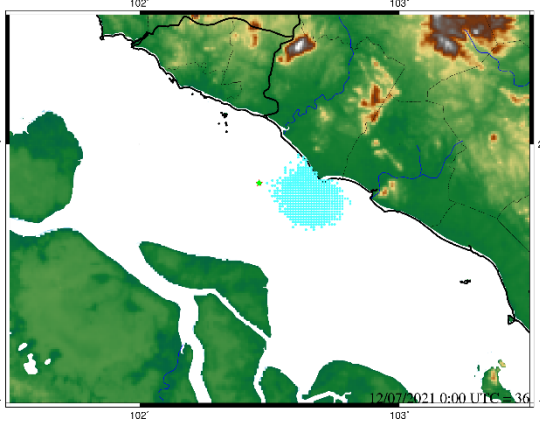


Ramalan Masa ke 72 = 13/07/2021,
12UTC

ii. Simulasi bagi proses penyejatan minyak.

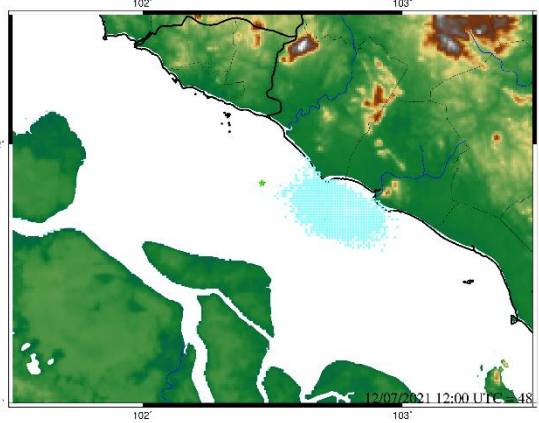




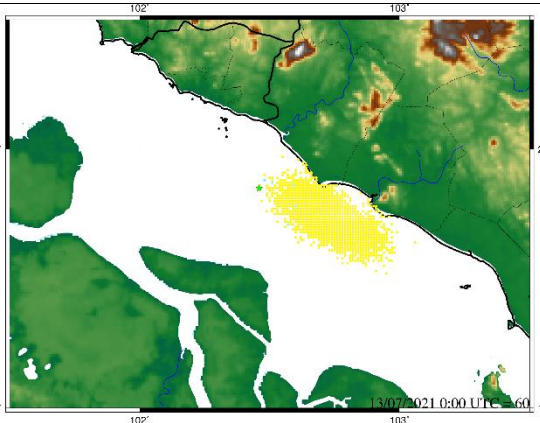


Ramalan Masa ke 36 = 12/07/2021, 00UTC

** Pemantauan hanya dijalankan di pesisir pantai. Tiada kesan minyak ditemui mendarat ke pesisir pantai.
* Proses penyejatan minyak telah mencapai 50% pada Ramalan ke 40.*

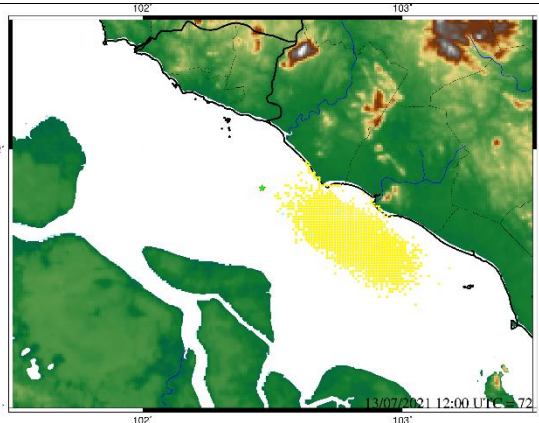


Ramalan Masa ke 48 = 12/07/2021, 12UTC



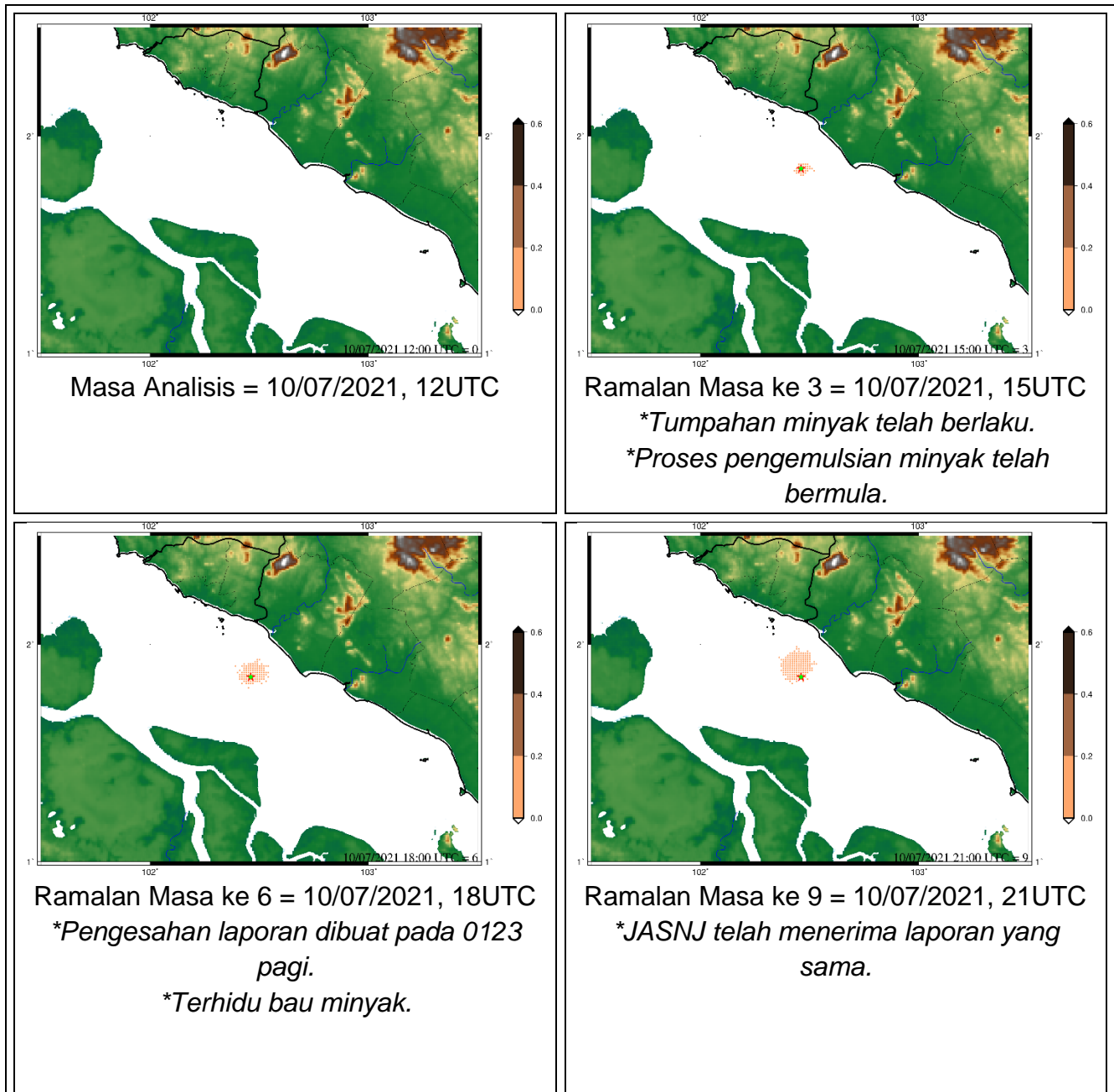
Ramalan Masa ke 60 = 13/07/2021, 00UTC

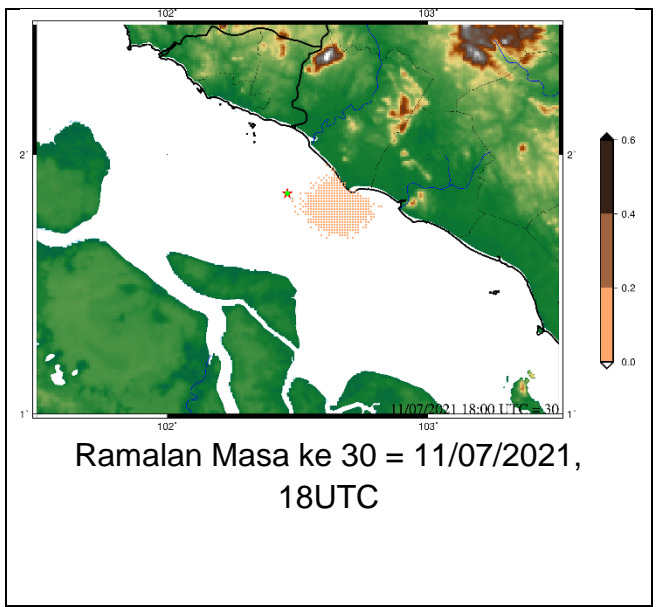
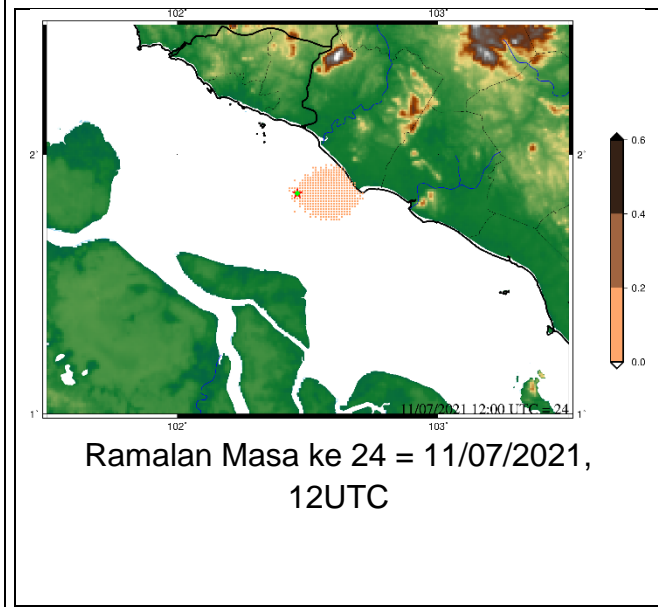
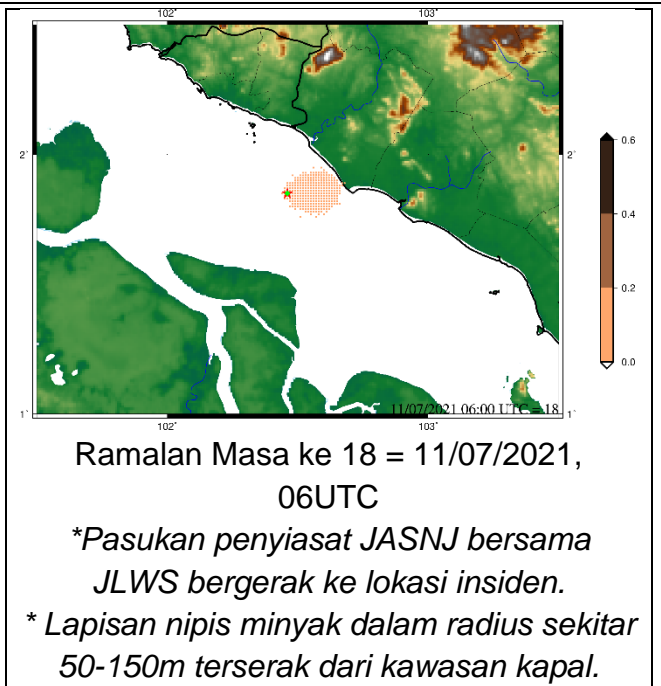
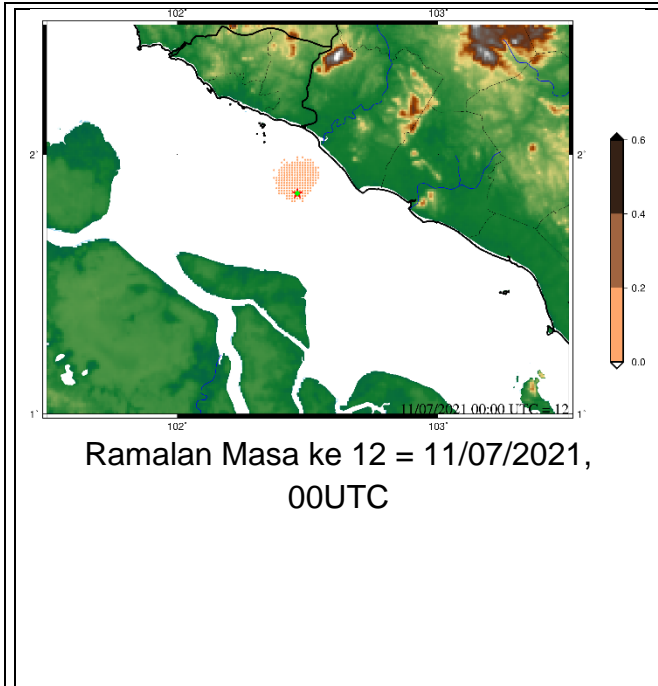
**Aktiviti melawan minyak telah selesai.
* Proses penyejatan minyak telah mencapai 60%*

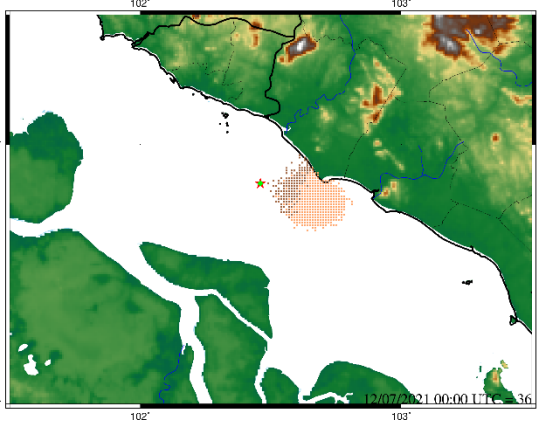


Ramalan Masa ke 72 = 13/07/2021, 12UTC

iii. Simulasi bagi proses pengemulsian minyak.

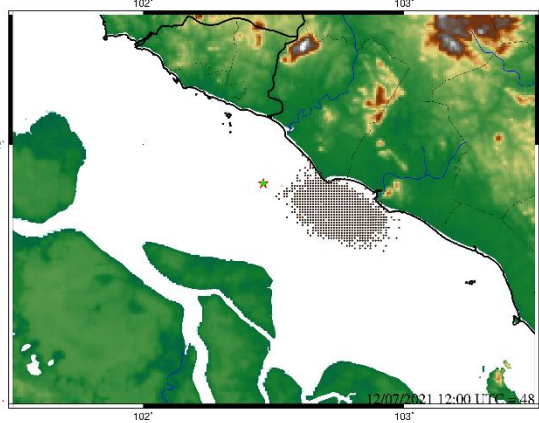






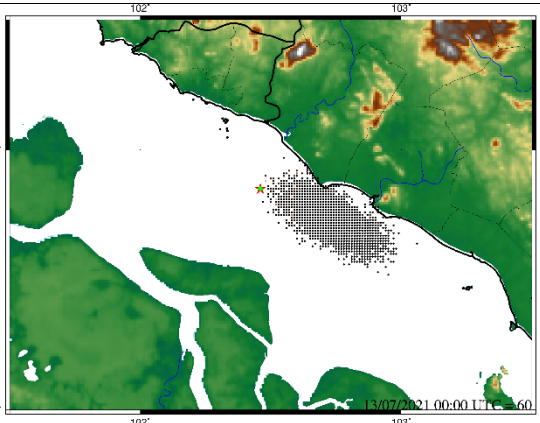
Ramalan Masa ke 36 = 12/07/2021,
00UTC

- * *Pemantauan hanya dijalankan di pesisir pantai. Tiada kesan minyak ditemui mendarat ke pesisir pantai.*
- * *Proses pengemulsian minyak telah melebihi 20%.*



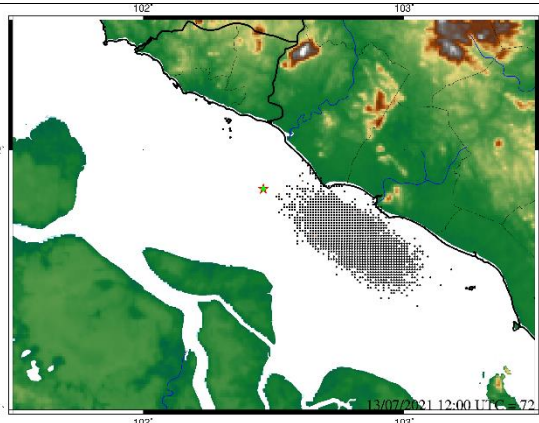
Ramalan Masa ke 48 = 12/07/2021,
12UTC

- * *Proses pengemulsian minyak telah mencapai 100% pada Ramalan masa ke 43 sehingga ke penghujung ramalan.*



Ramalan Masa ke 60 = 13/07/2021,
00UTC

- * *Aktiviti melawan minyak telah selesai.*



Ramalan Masa ke 72 = 13/07/2021,
12UTC

3.1.4 Rumusan Simulasi Kajian Kes 1

Di bawah merupakan matriks dari simulasi tumpahan minyak akibat pelanggaran Kapal MVZ dan Kapal MVG.

Tarikh Ramalan	Pemerhatian di Lapangan	SIMULASI MODEL		
		Kawasan Terjejas	Penyejatan	Pengemulsian
		Keadaan	Keadaan	Keadaan
Ramalan Masa ke 3 (10/07/2021, 15UTC)	Pelanggaran telah berlaku pada 1315UTC	Tumpahan minyak telah berlaku	10% minyak mengalami sejatan	Proses emulsian telah bermula.
Ramalan Masa ke 6 (10/07/2021, 18UTC)	Kru Kapal MVG terhidu bau minyak.		20% minyak mengalami sejatan	
Ramalan Masa ke 13 (11/07/2021, 01UTC)			30% minyak mengalami sejatan	
Ramalan Masa ke 18 (11/07/2021, 06UTC)	50-150m radius minyak kelihatan di Kapal MVG.			
Ramalan Masa ke 24 (11/07/2021, 12UTC)		Pendaratan minyak yang pertama.	40% minyak mengalami sejatan	
Ramalan Masa ke 36 (12/07/2021, 00UTC)	Pemantauan hanya di tepi pantai. Tiada minyak ditemui.			Emulsi minyak telah melebihi 20%
Ramalan Masa ke 40 (12/07/2021, 04UTC)			50% minyak mengalami sejatan	
Ramalan Masa ke 43 (12/07/2021, 12UTC)				100% minyak telah emulsi
Ramalan Masa ke 60 (13/07/2021, 00UTC)	Aktiviti melawan minyak telah selesai oleh kru Kapal MVG.		60% minyak mengalami sejatan	

Berdasarkan pemerhatian di lapangan iaitu pada hari kedua 11/07/2021 jam 0200 petang, terdapat lapisan minyak kelihatan di sekitar badan Kapal MVG. Menerusi simulasi yang telah dilaksanakan, keadaan tumpahan minyak sebelum masa rondaan adalah:

- a. Proses pengemulsian telah mula berlaku pada tumpahan yang pertama iaitu pada ramalan masa ke 3, 10/07/2021 jam 1100 malam.
- b. Manakala menerusi simulasi proses sejatan, minyak telah mengalami lebih 30% sejatan 5 jam sebelum (ramalan masa ke 13, 11/07/2021 jam 0900 pagi) masa rondaan dibuat. Proses sejatan yang berlaku adalah efektif memandangkan tiada hujan yang berlaku pada hari tersebut.

Menerusi simulasi kawasan yang terjejas, pendaratan minyak yang pertama telah berlaku pada malam hari kedua iaitu pada ramalan masa ke 24, 11/07/2021 jam 0800 malam. Pada masa yang sama proses sejatan telah meningkat sehingga 40%. Proses sejatan dan emulsi minyak berlaku pada kadar yang sangat cepat menyebabkan tiada minyak yang berjaya melakukan pendaratan di pantai. Ini disokong oleh pemantauan yang dilakukan oleh pasukan penyiasat yang tidak menemui sebarang lapisan minyak di pesisir pantai Muar dan Tangkak pada hari ketiga, 12/07/2021 jam 0800 pagi.

Menerusi pemerhatian semasa hari keempat 13/07/2021, didapati tumpahan minyak telah dapat dibendung oleh kru kapal MVG. Kawasan sekitar insiden didapati tiada lagi lapisan tumpahan minyak. Keadaan ini juga disokong oleh simulasi proses penyejatan yang telah mencapai 60% kadar sejatan dan 100% proses pengemulsian minyak.

Justeru itu, sebagai kesimpulan dari insiden ini, pengguna Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD perlu mengetahui cara intepretasi output selain berjaya melaksanakan simulasi model ini. Terdapat juga beberapa limitasi yang perlu diketahui sebelum melaksanakan model trajektori tersebut.

Senarai di bawah merupakan limitasi yang perlu diambil kira:

- i. Sekiranya jenis minyak tidak dapat ditentukan, pengguna model perlu memilih jenis minyak yang mempunyai ciri-ciri yang seakan sama dengan minyak yang tertumpah.
- ii. Jumlah tumpahan minyak perlu dianggarkan sebaik mungkin agar tidak berlebihan.
- iii. Interpretasi output model perlu digandingkan bersama di antara simulasi kawasan yang terjejas, simulasi penyejatan dan simulasi pengemulsian untuk mendapatkan kebarangkalian situasi sebenar tumpahan dan trajektori minyak.
- iv. Pengetahuan tentang keadaan ombak dan cuaca juga perlu diketahui bagi menyokong interpretasi output model.
- v. Hasil simulasi ini tidak mengambil kira bilakah kru Kapal M/GG memulakan aktiviti melawan tumpahan minyak.

3.2 Kajian Kes 2: Insiden Tumpahan Minyak bagi tumpahan minyak di Perairan Tanjung Tuan, Melaka dan Pantai Cermin, Negeri Sembilan

3.2.1 Kronologi

Pada 12 Oktober 2020, Jabatan Alam Sekitar (JAS) telah menerima laporan daripada Agensi Penguatkuasa Maritim Malaysia (APMM), Jabatan Laut Negeri Sembilan, Jabatan Laut Melaka, pengusaha hotel, nelayan dan penduduk di sekitar Port Dickson mengenai tumpahan minyak yang telah dikesan sepanjang kira-kira dua (2) kilometer di Pantai Cermin, Port Dickson, Negeri Sembilan dan Tanjung Tuan, Melaka. Tumpahan ini merupakan tumpahan rentas negeri yang telah melibatkan negeri Melaka dan Negeri Sembilan.

Susulan dari laporan, pasukan penyiasat JAS telah menjalankan pemeriksaan dan mengutip sampel di kawasan pantai yang tercemar termasuk di tengah laut. JAS dan APMM juga telah melakukan rondaan laut dan pemantauan menggunakan dron bagi mengesan punca tumpahan minyak tersebut. Jawatankuasa Tindakan Pembersihan Pantai Peringkat Daerah (JTPPPD) Port Dickson dan Jawatankuasa Pengurusan Bencana Daerah Alor Gajah telah diaktifkan untuk kerja-kerja pembersihan dan pelupusan sisa berminyak akibat pencemaran oleh pihak yang tidak bertanggungjawab. Kerja-kerja pembersihan pantai tersebut diterajui oleh Pejabat Daerah dan Tanah Port Dickson, Pejabat Daerah dan Tanah Alor Gajah, JAS Negeri Sembilan dan JAS Melaka, Jabatan Laut Malaysia (JLM), APMM, Angkatan Pertahanan Awam Malaysia (APM), Jabatan Perikanan, Jabatan Perhutanan, Majlis Keselamatan Negara (MKN) dan pihak Polis Diraja Malaysia (PDRM).

Perincian insiden adalah seperti yang dibawah:

Lokasi awal penemuan minyak : 2.39°N, 101.88°E (lebih kurang 1.3 batu Nautika Pulau Perjudi menghala ke Tg Tuan)

Anggaran keluasan : 1 Batu Nautika

Tarikh Pelaporan : 12 Oktober 2020

Anggaran tumpahan : 3 - 5 metrik tan

Jenis minyak : Disyaki minyak bahan api kapal atau minyak enjin kapal



Rajah 7: Lokasi Penemuan Awal Tumpahan Minyak

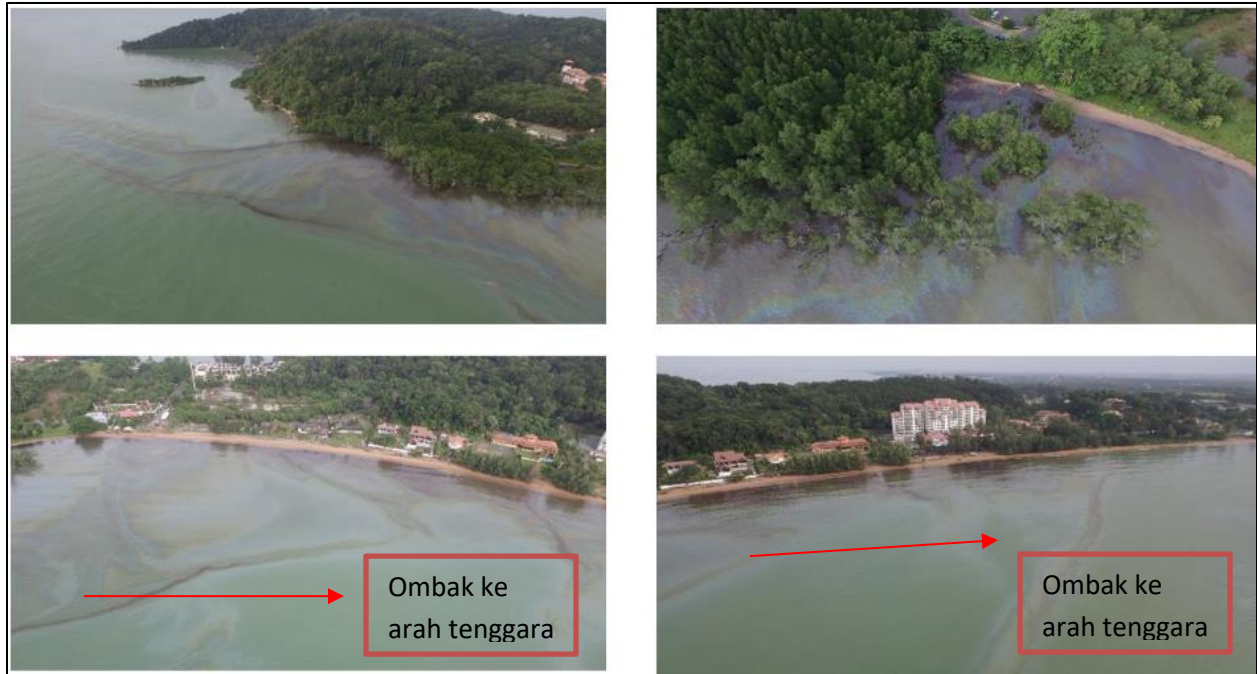
3.2.2 Hasil Pemerhatian di Lapangan



Rajah 8: Pantai Cermin, Negeri Sembilan pada 12/10/2020



Rajah 9: Perairan Tanjung Tuan, Melaka pada 12/10/2020



Rajah 10: Pemantauan dari udara menggunakan drone pada 12/10/2020

3.2.3 Simulasi Tumpahan Minyak di Perairan Tanjung Tuan, Melaka dan Pantai Cermin, Negeri Sembilan

Menerusi laporan yang diperolehi daripada pihak JAS, ternyata maklumat yang diperolehi adalah sangat minimal untuk melaksanakan Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD. Justeru itu, andaian bagi maklumat insiden perlu ditetapkan sebagai input tetapan model. Sebagai contoh, pelaporan tumpahan minyak telah diterima pada 12 Oktober 2020 manakala tarikh terhampir bagi permulaan simulasi yang dipilih adalah pada 11 Oktober 2020, 12UTC. Di bawah merupakan perincian insiden dan juga perincian tetapan model trajektori tumpahan minyak.

Perincian Insiden:

Lokasi awal penemuan minyak : 2.39°N, 101.88°E (lebih kurang 1.3 batu Nautika Pulau Perjudi menghala ke Tanjung Tuan)

Tarikh Pelaporan : 12 Oktober 2020

Anggaran tumpahan : 3 - 5 metrik tan

Jenis minyak : Disyaki minyak bahan api kapal atau minyak enjin kapal

Tetapan Model:

Data Ombak : Analisa pada 11 Oktober 2020, 12UTC (*Continuous Run*)

Data Arus dan Suhu : Analisa pada 11 Oktober 2020, 12UTC (*Continuous Run*)

Jenis Minyak : Bunker C – long term

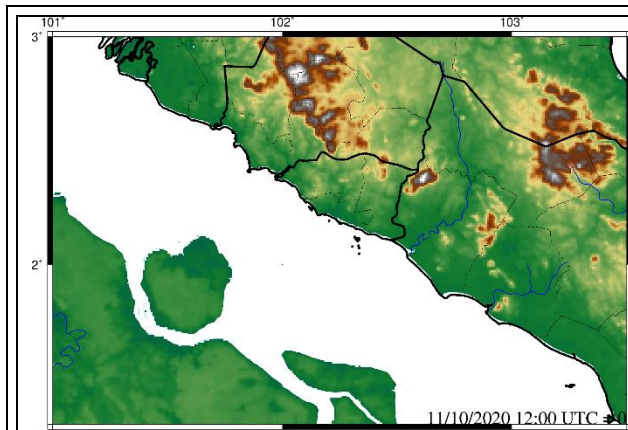
Jumlah Minyak Yang Tumpah : 5 metrik tan @ 5 kiloliter

Tempoh Simulasi : 72 Jam

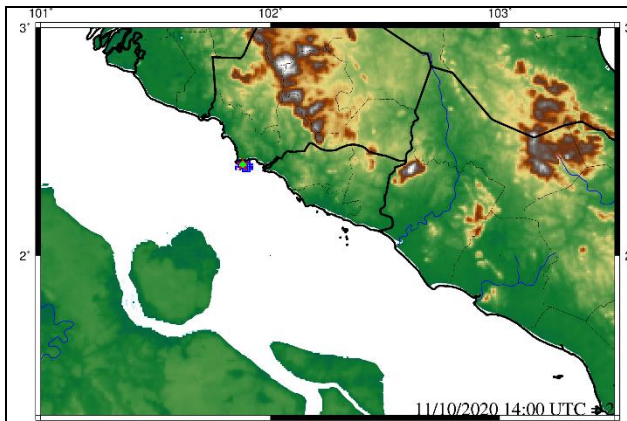
Saiz Grid : 581 x 441 (0.05° grid)

Gambar di bawah merupakan hasil simulasi Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD. Adalah perlu diingatkan bahawa intepretasi output dari Pegawai Meteorologi adalah penting dalam menjelaskan output simulasi tersebut dan pengetahuan akan limitasi model juga perlu diambil perhatian.

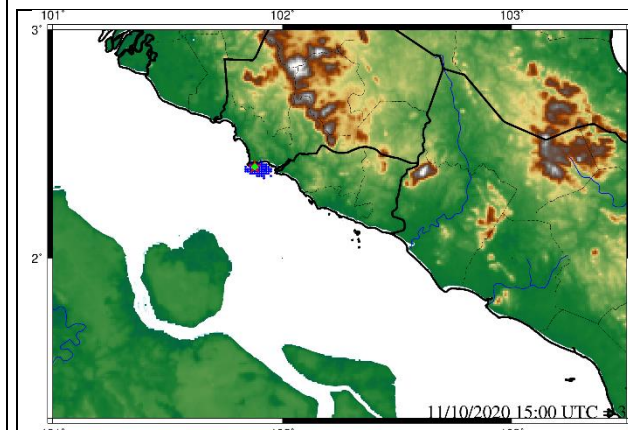
i. Simulasi bagi kawasan yang terjejas



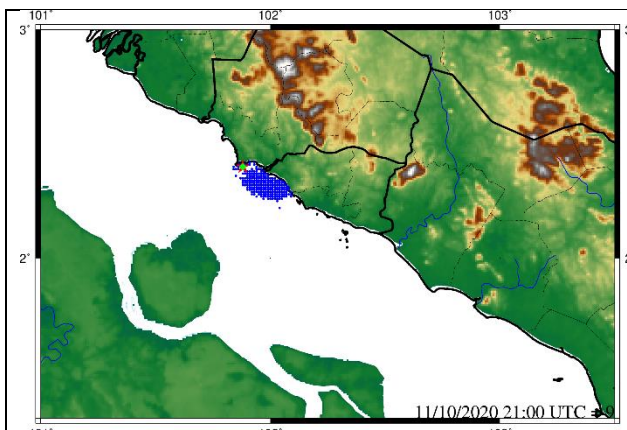
Masa Analisis = 11/10/2020, 12:00 UTC



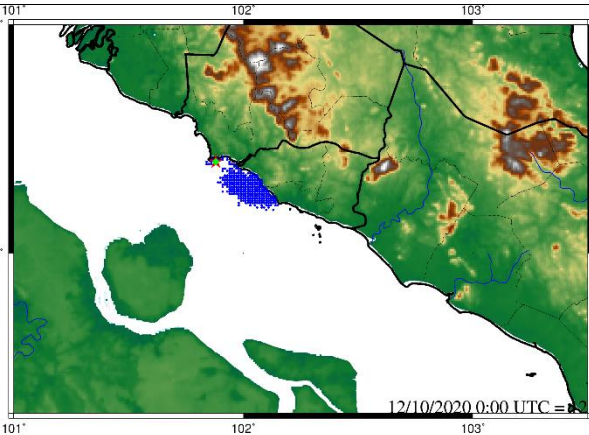
Ramalan Masa ke 2 = 11/10/2020, 14:00 UTC
**Jangkaan tumpahan minyak bermula.*



Ramalan Masa ke 3 = 11/10/2020, 15:00 UTC
**Pendaratan tumpahan minyak yang pertama di pesisir pantai Tanjung Tuan dan Pantai Cermin.*

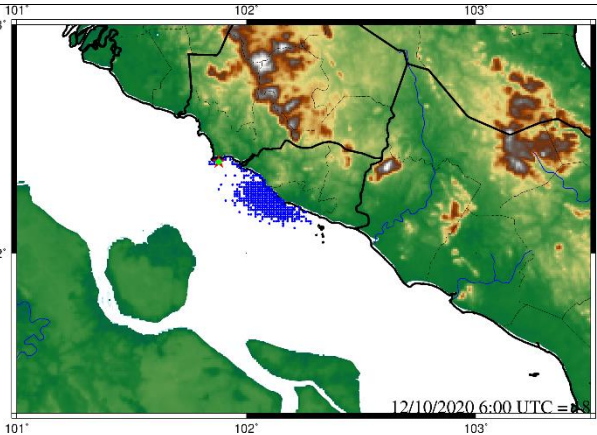


Ramalan Masa ke 9 = 11/10/2020, 21:00 UTC

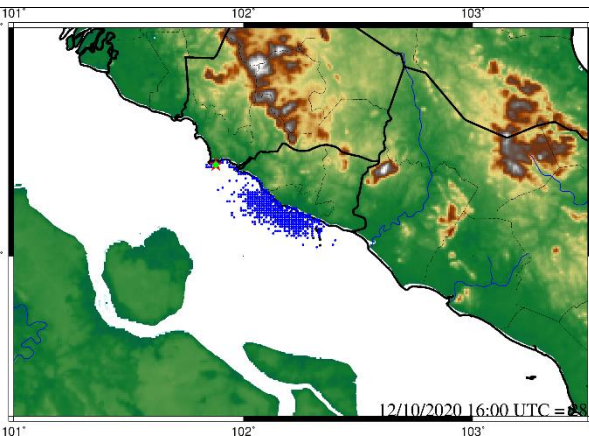


Ramalan Masa ke 12 = 12/10/2020,
00UTC

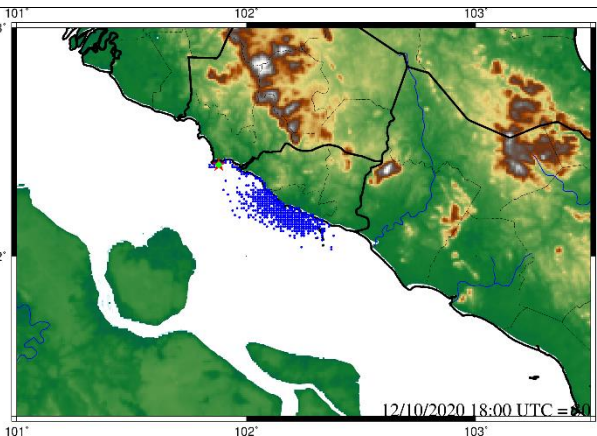
**JAS menerima laporan yang pertama.
Tumpahan minyak telah dikesan
sepanjang kira-kira dua (2) kilometer.*



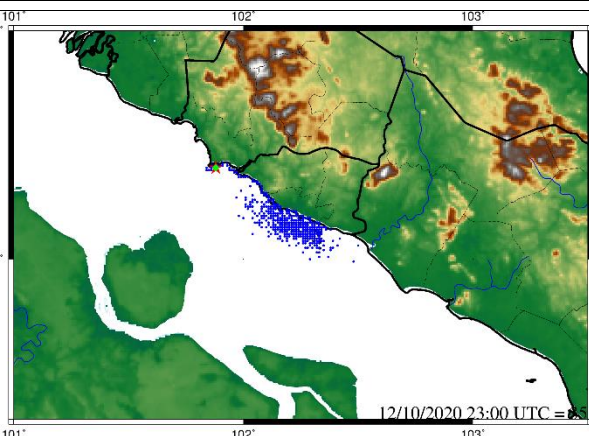
Ramalan Masa ke 18 = 12/10/2020,
06UTC



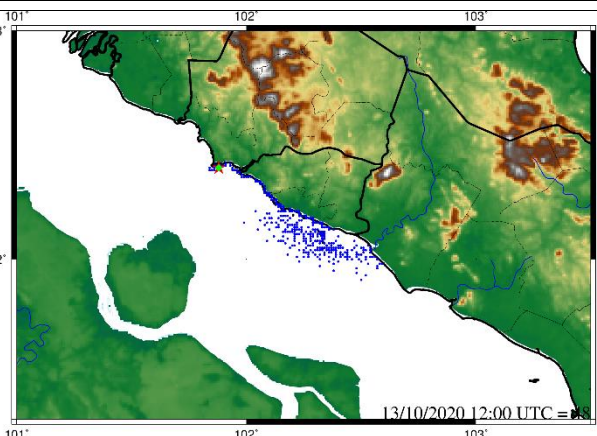
Ramalan Masa ke 28 = 12/10/2020,
16UTC



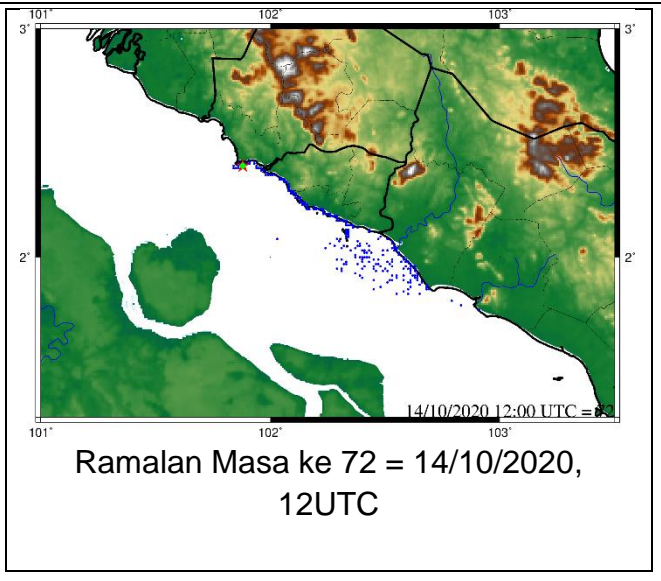
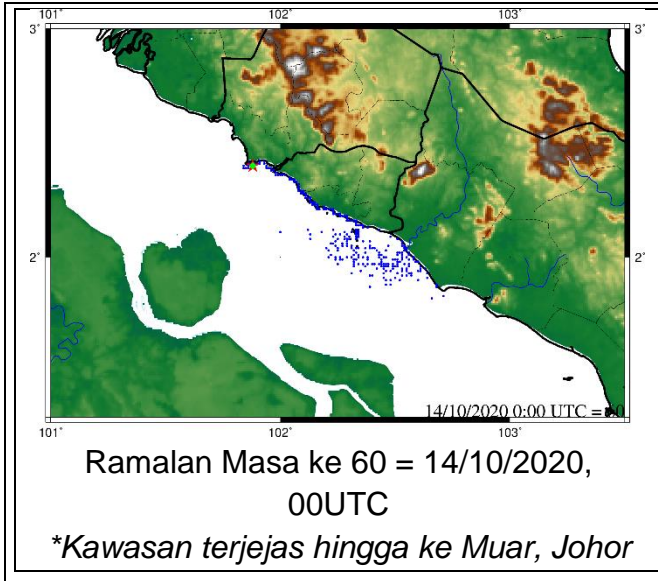
Ramalan Masa ke 30 = 12/10/2020,
18UTC



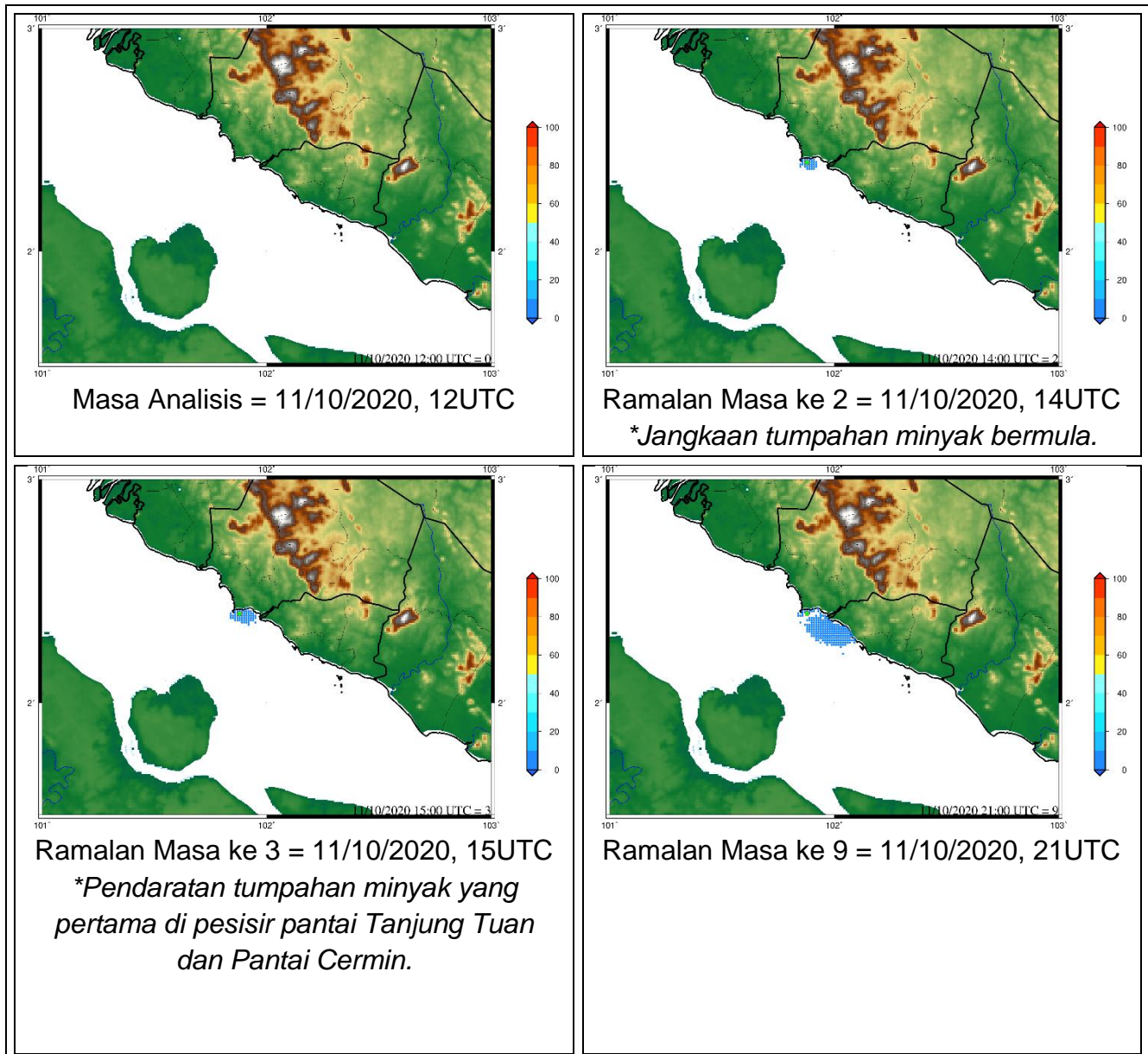
Ramalan Masa ke 35 = 12/10/2020,
23UTC

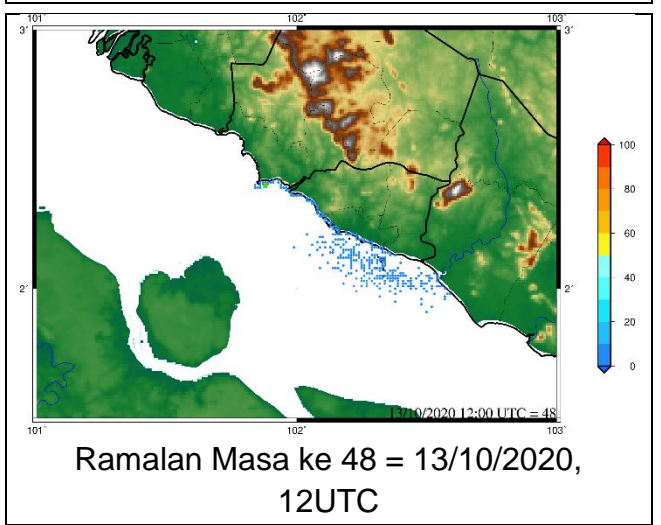
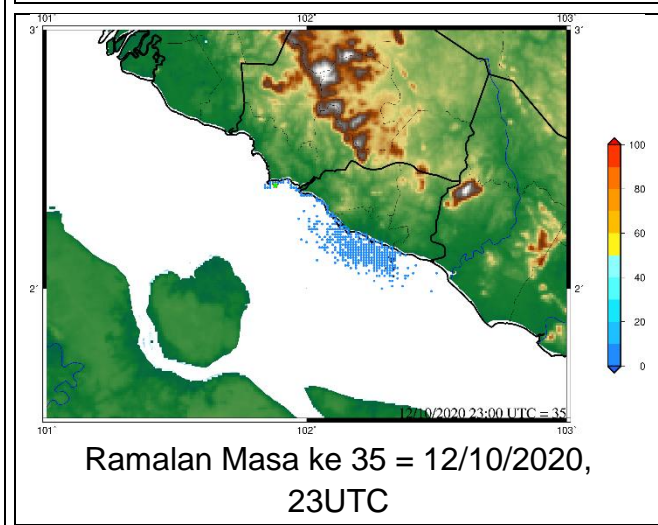
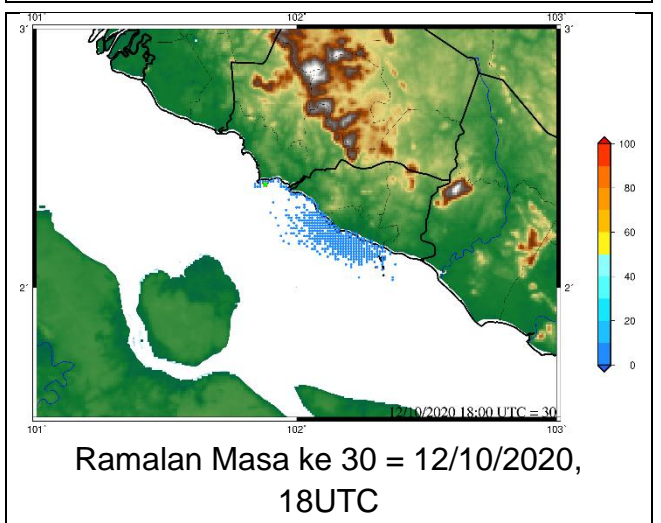
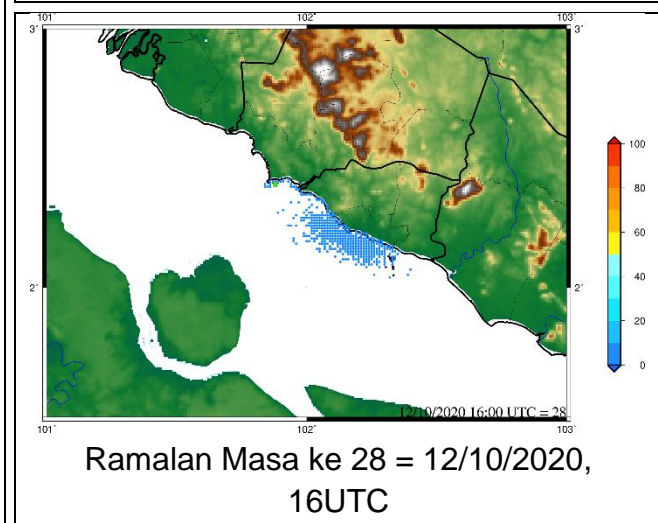
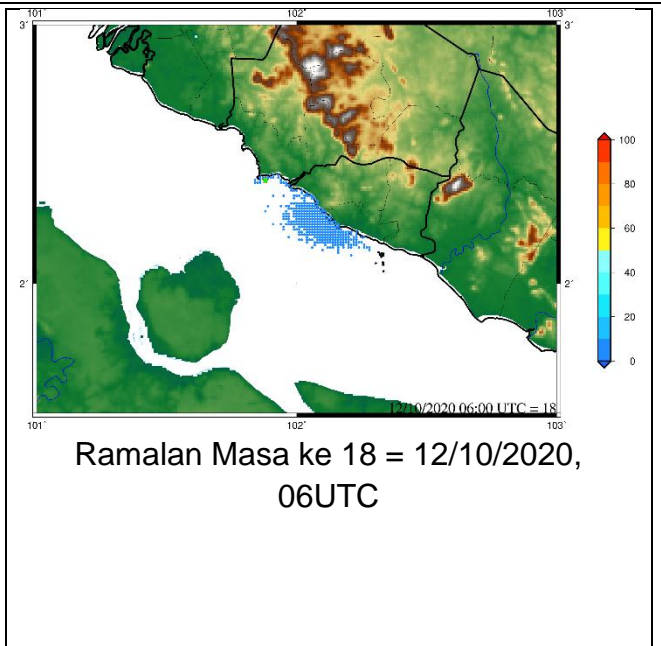
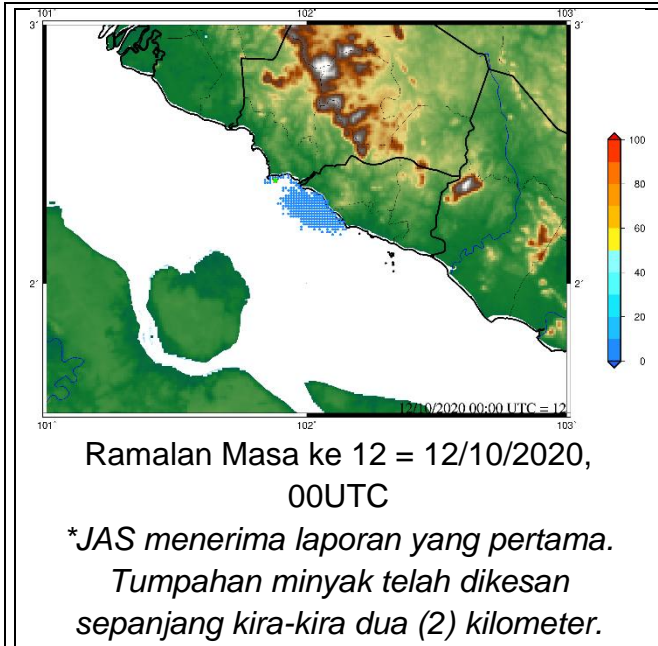


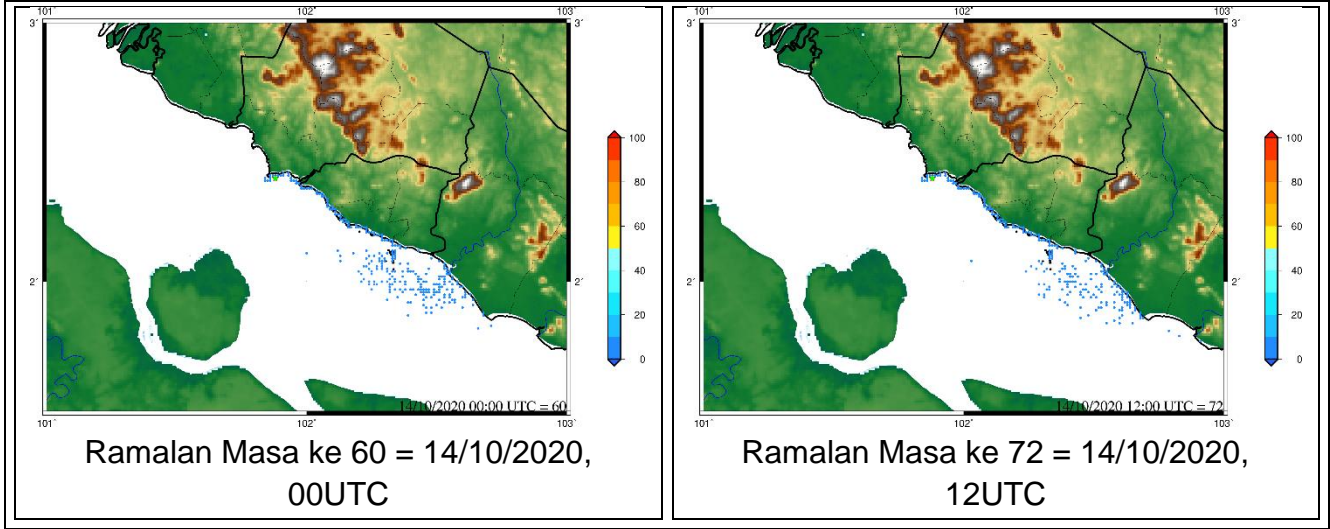
Ramalan Masa ke 48 = 13/10/2020,
12UTC



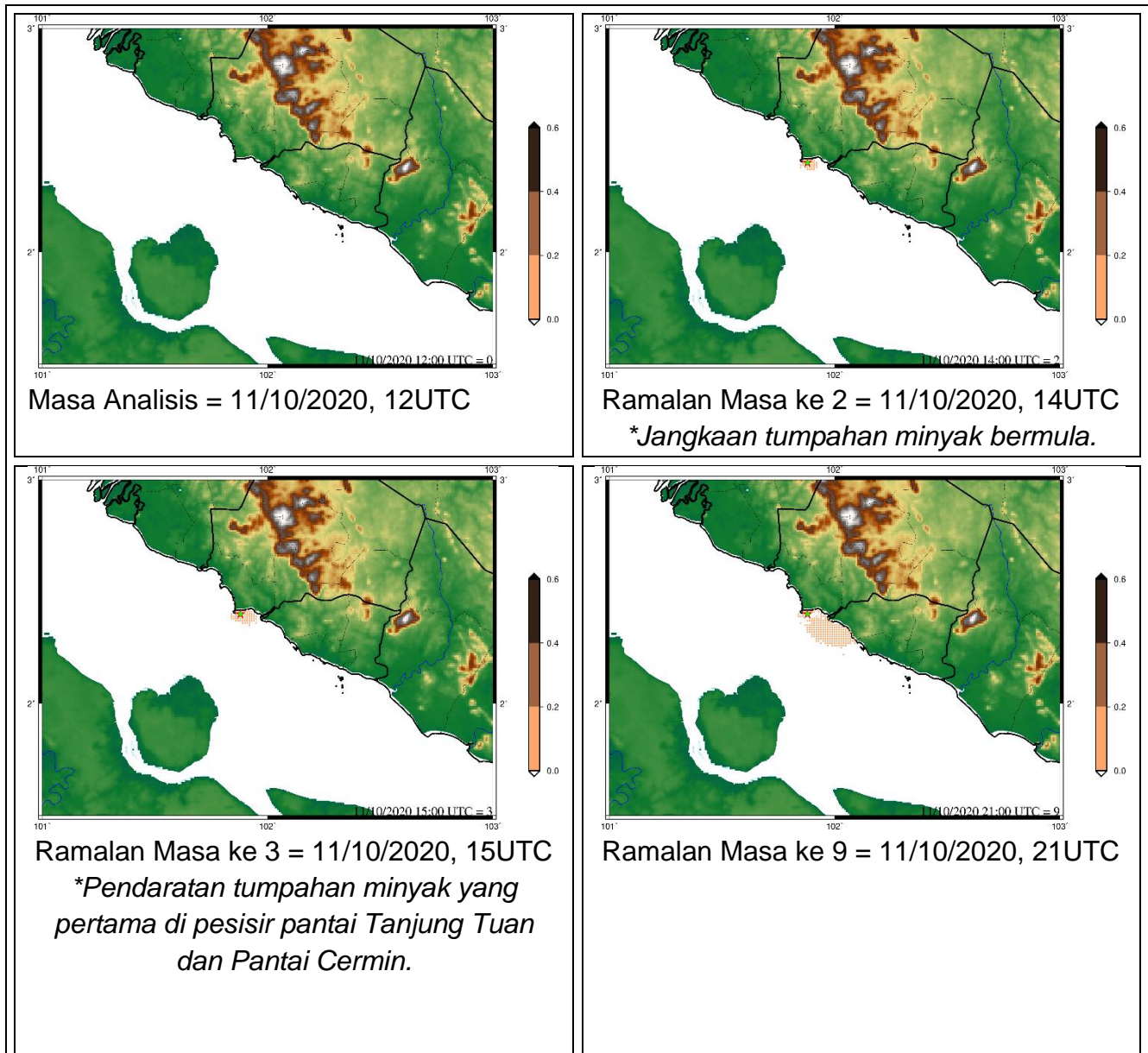
ii. Simulasi bagi proses penyejatan minyak

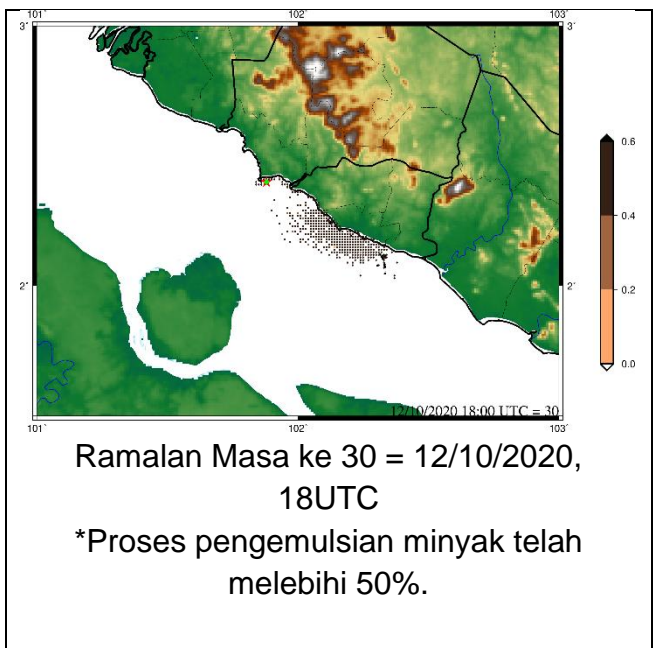
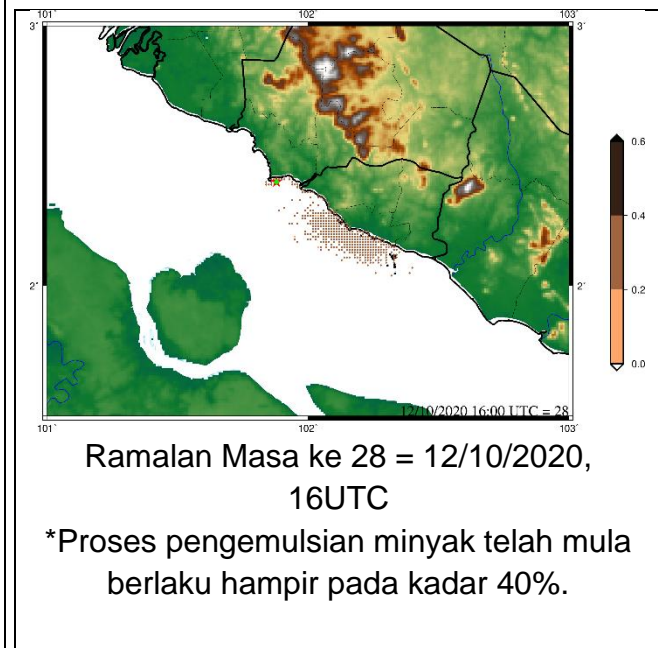
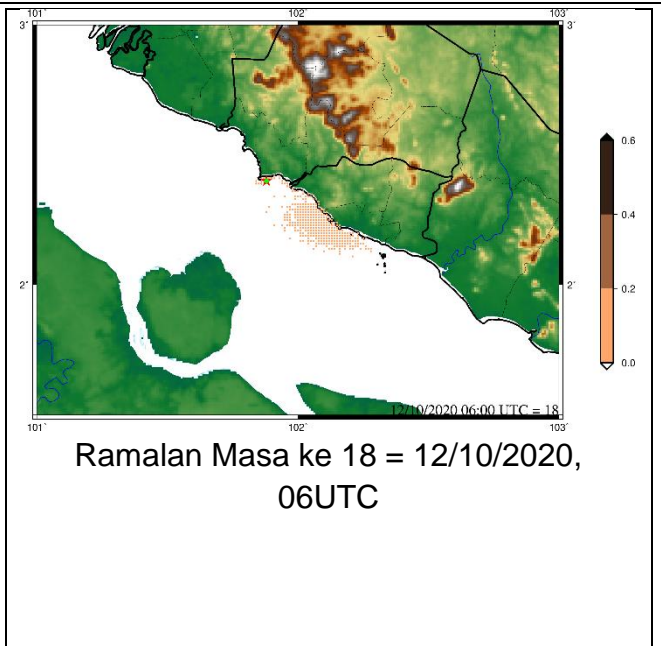
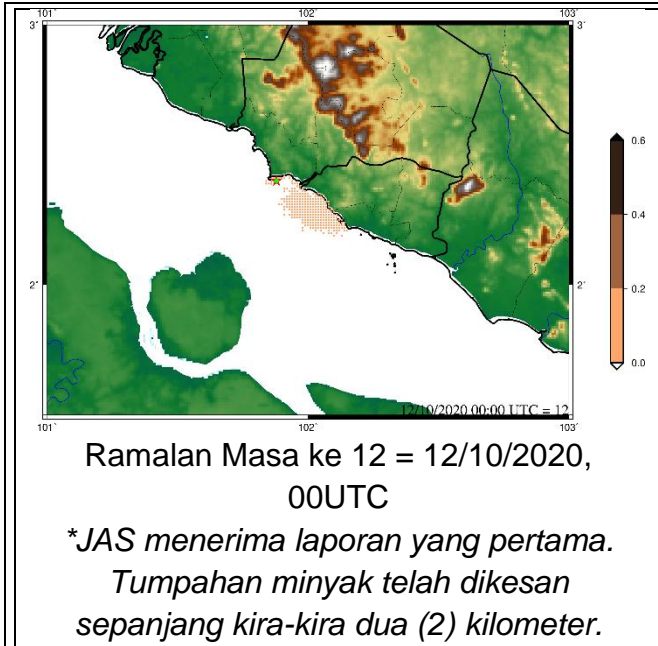


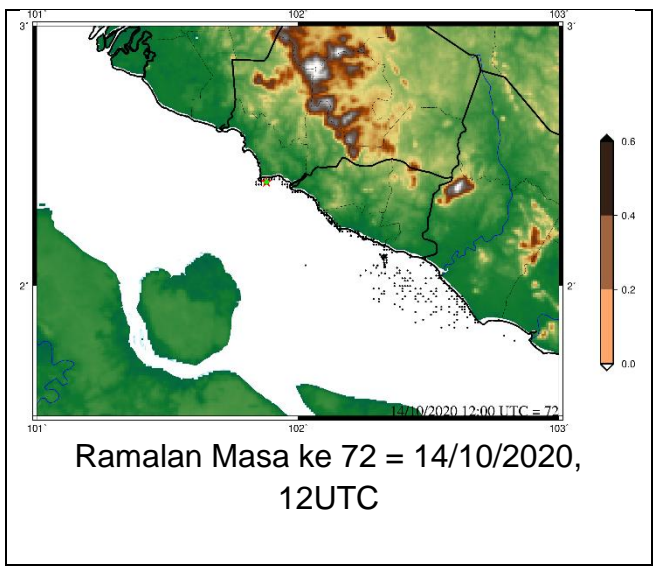
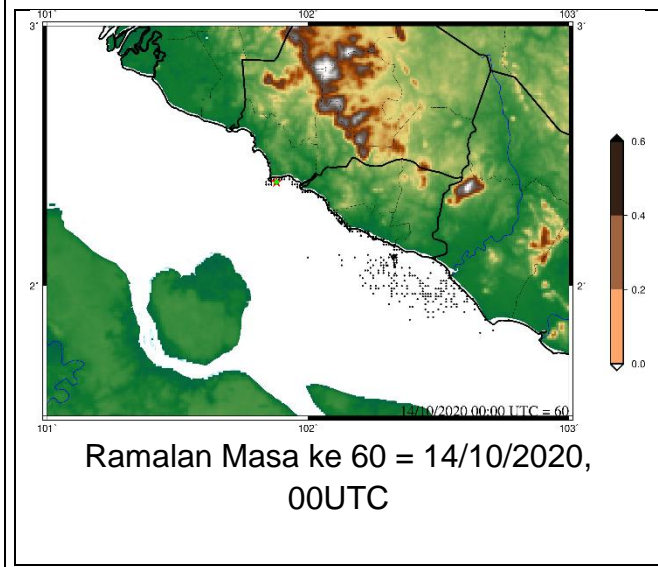
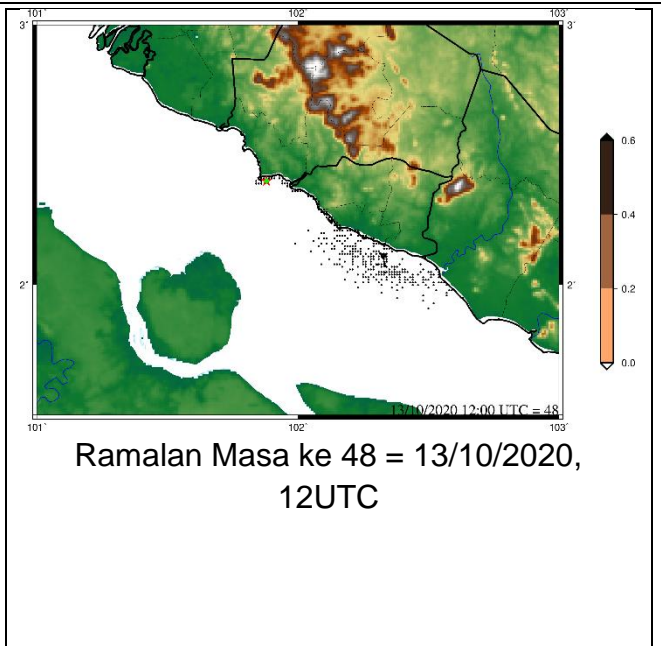
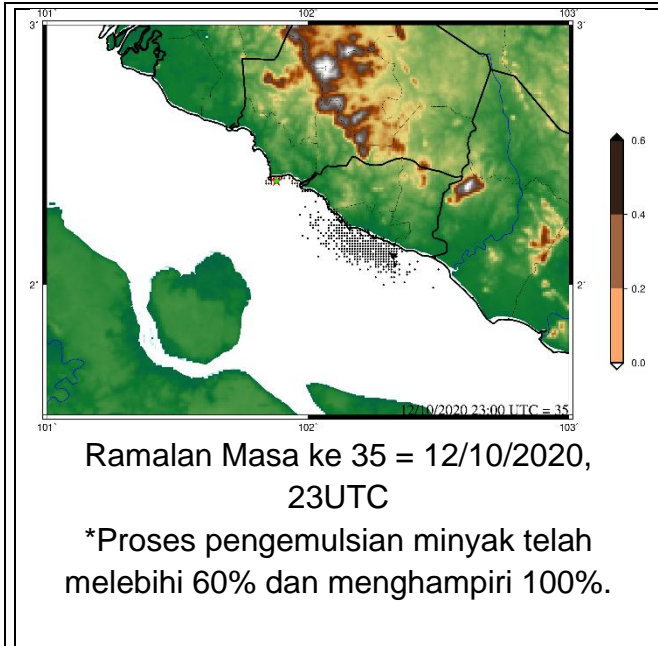




iii. Simulasi bagi proses pengemulsian minyak







3.2.4 Rumusan Simulasi Kajian Kes 2

Di bawah merupakan matriks dari simulasi tumpahan minyak di Perairan Tanjung Tuan, Melaka dan Pantai Cermin, Negeri Sembilan.

Tarikh Ramalan	Pemerhatian di Lapangan	SIMULASI MODEL		
		Kawasan Terjejas	Penyejatan	Pengemulsian
		Keadaan	Keadaan	Keadaan
Ramalan Masa ke 2 (11/10/2020,14UTC)		Jangkaan tumpahan minyak bermula.	Jangkaan tumpahan minyak bermula.	Jangkaan tumpahan minyak bermula.
Ramalan Masa ke 3 (11/10/2020,15UTC)		Pendaratan tumpahan minyak yang pertama di pesisir pantai Tanjung Tuan dan Pantai Cermin.	Pendaratan tumpahan minyak yang pertama di pesisir pantai Tanjung Tuan dan Pantai Cermin.	Pendaratan tumpahan minyak yang pertama di pesisir pantai Tanjung Tuan dan Pantai Cermin.
Ramalan Masa ke 12 (12/10/2020,00UTC)	Pihak JAS menerima laporan pertama. Sepanjang 2km minyak kelihatan di pesisir pantai.	Minyak telah mendarat di pesisir pantai dan terus bergerak ke Tenggara.	Minyak telah mendarat di pesisir pantai dan terus bergerak ke Tenggara.	Minyak telah mendarat di pesisir pantai dan terus bergerak ke Tenggara.
Ramalan Masa ke 28 (12/10/2020,16UTC)				Proses emulsian telah bermula pada kadar 40%.
Ramalan Masa ke 30 (12/10/2020,18UTC)				Proses emulsian telah mencapai kadar 50%.
Ramalan Masa ke 35 (12/10/2020,23UTC)				Proses emulsian telah menghampiri kadar 100%.

Insiden ini merupakan tumpahan minyak yang tidak dikenal pasti tentang penumpahnya. Insiden ini hanya dapat direkodkan setelah mendapat aduan dari pihak luar sebagai contoh penduduk di tepi pantai, pengusaha tempat peranginan, ahli penguatkuasaan maritim dan sebagainya. Cabaran untuk melaksanakan simulasi seperti ini adalah kekurangan maklumat berkenaan insiden tersebut sebagai contoh ketidakpastian bilakah tumpahan minyak berlaku, berapakah kuantiti minyak yang tumpah dan apakah jenis minyak yang terlibat.

Menerusi dapatan simulasi yang telah dibuat, andaian minyak mula tertumpah adalah pada waktu malam 11/10/2020. Justeru itu menerusi simulasi model, minyak telah membuat pendaratan yang pertama ke pesisir pantai Tanjung Tuan, Melaka dan Pantai Cermin, Negeri Sembilan pada jam 1100 malam, 11/10/2020. Pada pagi 12/10/2020, APMM dan penduduk sekitar telah menemui lapisan minyak di pesisir pantai sepanjang dua (2) kilometer.

Secara umumnya menerusi simulasi yang dilaksanakan, tumpahan minyak tidak mengalami proses sejatan. Keadaan ini adalah disebabkan minyak yang digunakan mempunyai ciri kelikatan yang tinggi. Namun tumpahan minyak telah berjaya membuat pendaratan sepanjang 2km di pesisir pantai bermula pada malam 11/10/2020. Manakala proses pengemulsian hanya berlaku selepas 24jam berlakunya tumpahan. Keseluruhan proses pengemulsian minyak mengambil masa 7 jam.

Jabatan Bomba dan Penyelamat serta Angkatan Pertahanan Awam Malaysia telah menjalankan aktiviti pembersihan laut menggunakan *Deploy Absorbent Boom* dengan pantas pada 12/10/2020 dan berjaya mengekang tumpahan minyak untuk terus bergerak meluas ke arah Tenggara. Penggunaan output simulasi ini boleh memberikan gambaran awal keadaan tumpahan minyak dan membantu dalam perancangan strategi yang berkesan terutamanya output yang menggambarkan pendaratan minyak yang banyak di pesisir pantai.

Limitasi bagi insiden tumpahan minyak yang tidak diketahui punca adalah seperti di bawah:

- i. Ketiadaan maklumat berkenaan jenis minyak yang tertumpah pada masa laporan diterima.
- ii. Ketidakpastian masa sebenar tumpahan minyak.
- iii. Ketidakpastian lokasi sebenar tumpahan minyak.
- iv. Andaian jumlah tumpahan minyak yang terlalu banyak.

Faktor limitasi seperti di atas boleh memberikan output simulasi trajektori yang tidak tepat terhadap apa yang berlaku di lapangan. Namun ianya masih boleh digunakan untuk meningkatkan tahap kesiapsiagaan pasukan yang melawan tumpahan minyak di lapangan.

4.0 KESIMPULAN

Sebagai kesimpulannya, hasil kajian mendapati simulasi Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD boleh memberikan gambaran awal terhadap keadaan tumpahan minyak yang hampir sebenar di perairan Malaysia. Simulasi model ini akhirnya dapat membantu dalam perancangan strategi melawan insiden tumpahan minyak yang berlaku di perairan Malaysia. Selain itu, intepretasi output dari Pegawai Meteorologi adalah penting dalam menjelaskan output simulasi model dan pengetahuan akan limitasi model juga perlu diambil perhatian.

Menerusi dua (2) insiden tumpahan minyak yang dikaji, terdapat beberapa kesimpulan yang boleh dibuat bagi memastikan simulasi Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD dapat dilaksanakan dan memastikan intepretasi yang betul terhadap output yang dijana. Antaranya adalah:

- i. Sekiranya jenis minyak tidak dapat ditentukan, pengguna model perlu memilih jenis minyak yang mempunyai ciri-ciri yang seakan sama dengan minyak yang tertumpah.
- ii. Andaian bagi jumlah minyak yang tertumpah perlu dititikberatkan.
- iii. Sekiranya masa tumpahan minyak tidak diketahui, pengguna model perlu menganggarkan masa tumpahan yang sesuai sebagai contoh memilih masa analisis yang terhampir dengan tumpahan yang dilaporkan.
- iv. Intepretasi output model perlu digandingkan bersama di antara simulasi kawasan yang terjejas, simulasi penyejatan dan simulasi pengemulsian untuk mendapatkan kebarangkalian situasi sebenar tumpahan dan trajektori minyak.
- v. Pengetahuan tentang keadaan ombak, arus dan cuaca juga perlu diketahui bagi menyokong interpretasi output model.

5.0 CADANGAN

Kajian simulasi Model Trajektori Tumpahan Minyak JMA-MMD ini adalah yang pertama dilakukan. Justeru terdapat beberapa cadangan penambahbaikan yang perlu dilakukan bagi meningkatkan hasil verifikasi model ini di masa akan datang. Antaranya adalah:

- i. Dari segi penemuan tumpahan minyak di laut, pihak pelaksana yang melawan tumpahan minyak perlu merekod setiap lokasi / koordinat penemuan lapisan minyak yang baharu serta masa penemuan.
- ii. Pihak pelaksana yang melawan tumpahan minyak juga perlu merekod keadaan cuaca semasa aktiviti melawan minyak dijalankan.
- iii. Resolusi model trajektori tumpahan minyak perlu dinaiktaraf kepada resolusi yang lebih tinggi. Justeru, data ombak, arus dan suhu permukaan laut juga perlu dijana sehingga ke resolusi tersebut.
- iv. Data katalog minyak perlu digantikan dengan data katalog minyak yang dihasilkan oleh agensi yang bertanggungjawab di Malaysia.
- v. Penggunaan *oil spill tracking buoy* dan *oil spill drifters* akan dapat membantu proses kalibrasi dan verifikasi simulasi model tumpahan minyak dengan lebih tepat.

6.0 RUJUKAN

Elliott, A.J., 1986: Shear diffusion and the spread of oil in the surface layers of the North Sea. *Dt. Hydrogr. Zeit*, 39, 113–137.

Fingas, M.F., 1997: Studies on the evaporation of crude oil and petroleum products: The relationship between evaporation, rate and time: I. *J. Hazrd. Mater.*, 56, 227–236.

Mackay, D., I.A. Buist, R. Mascarenhas, and S. Paterson: *Oil Spill Processes and Models*, Environment Canada Manuscript Report EE-8, Ottawa, Ontario, 1980.

Nadao Kohno, 2010: *Oil Spill Prediction Model*, Japan Meteorological Agency.

Reed, M., 1989: The physical fates component of the natural resource damage assessment model system. *Oil & Chemical Pollution*, 5, 99–123.

Website

https://www.data.gov.my/data/ms_MY/dataset/statistik-tumpahan-minyak-di-laut-dari-kapal-mengikut-wilayah-berat-kapal-dan-tahun/resource/f09b6189-7337-454a-927d-2c2ff1f4271a

MALAYSIAN METEOROLOGICAL DEPARTMENT

**JALAN SULTAN
46667 PETALING JAYA
SELANGOR DARUL EHSAN**

Tel : 603-79678000

Fax : 603-79550964

www.met.gov.my

ISBN 978-967-2327-16-5



9 789672 327165