

RENCANA PERUMAHAN DI LAUT CHINA
SELATAN AKIBAT RIHT TROPIKA GREG

CHIN JIAN HUA

FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
UNIVERSITY MALAYA SEREMBANG

2007

cf/ 7513

1100076390

Perpustakaan Sultanah Nur Zahirah (UMT)
Universiti Malaysia Terengganu



LP 4 FST 3 2009



1100076390

Pemodelan pusuan ribut di Laut China Selatan akibat ribut tropika greg / Chin Jian Hwa.

PERPUSTAKAAN SULTANAH NUR ZAHIRAH
UNIVERSITI MALAYSIA TERENGGANU (UMT)
21030 KUALA TERENGGANU

1100076390

Lihat sebelah

HAK MILIK
PERPUSTAKAAN SULTANAH NUR ZAHIRAH UMT

PEMODELAN PUSUAN RIBUT DI LAUT CHINA SELATAN
AKIBAT RIBUT TROPIKA GREG

Oleh
CHIN JIAN HWA

Projek Ilmiah Tahun Akhir ini diserahkan untuk memenuhi
sebahagian keperluan bagi
Ijazah Sarjana Muda Sains (Matematik Komputasi)

JABATAN MATEMATIK
FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITY MALAYSIA TERENGGANU
2009



**JABATAN MATEMATIK
 FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITI MALAYSIA TERENGGANU**

PENGAKUAN DAN PENGESAHAN LAPORAN MAT 4499 B

Adalah ini diakui dan disahkan bahawa laporan penyelidikan bertajuk **Pemodelan Pusuan Ribut Di Laut China Selatan Akibat Ribut Tropika Greg** oleh **Chin Jian Hwa**, No. Matriks: **UK 13609** telah diperiksa dan semua pembetulan yang disarankan telah dilakukan. Laporan ini dikemukakan kepada Jabatan Matematik sebagai memenuhi sebahagian daripada keperluan bagi memperolehi Ijazah Sarjana Muda Sains (Matematik Komputasi), Fakulti Sains dan Teknologi, UMT.

Disahkan oleh:

Penyelia

Nama: **LOY KAK CHOON**

Cop Rasmi: **LOY KAK CHOON**
Lecturer
 Department of Mathematics
 Faculty of Science and Technology
 Universiti Malaysia Terengganu
 21030 Kuala Terengganu

Tarikh: **5 MEI 2009**

Ketua Jabatan Matematik

Nama:

Cop Rasmi:

Tarikh: **5/5/09**

DR. HJ. MUSTAFA BIN MAMAT
 Ketua
 Jabatan Matematik
 Fakulti Sains dan Teknologi
 Universiti Malaysia Terengganu
 21030 Kuala Terengganu

PENGAKUAN

Saya mengakui laporan penyelidikan yang bertajuk **Pemodelan Pusuan Ribut Di Laut China Selatan Akibat Ribut Tropika Greg** adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

Tandatangan : *Jian*
Nama : *Chin Jian Hwa*
No. Matrik : *UK 13609*
Tarikh : *5/05/09*

PENGHARGAAN

Pertama sekali, saya ingin merakamkan penghargaan ikhlas kepada Encik Loy Kak Choon selaku penyelia saya bagi projek ini dengan segala bimbingan dan tunjuk ajar yang telah diberikan. Jutaan terima kasih saya ucapkan kepada Encik Loy sekali lagi kerana beliau sanggup meluahkan masa untuk membincangkan masalah-masalah yang saya hadapi dan memberi cadangan yang membina. Di bawah seliaan beliau seterusnya memberi saya banyak informasi yang berguna dan sangat membina sepanjang proses saya menyiapkan projek ini.

Saya juga ingin mengambil kesempatan di sini untuk mengucapkan terima kasih kepada kedua-dua ibubapa saya yang selalu memberi dorongan dan sokongan moral kepada saya selama ini. Dan tidak dilupakan jutaan terima kasih ini ditujukan kepada penyelaras Jabatan Matematik dan penyelia-penyelia yang telah memberi sedikit sebanyak bantuan dalam menyiapkan projek ini secara langsung atau tidak langsung serta galakan dan dorongan yang diberikan kepada saya menyiapkan projek ini.

Akhir sekali, jasa rakan-rakan seperjuangan yang telah banyak membantu saya dalam menyempurnakan projek ini juga tidak akan dilupakan.

Sekian, terima kasih.

PEMODELAN PUSUAN RIBUT DI LAUT CHINA SELATAN AKIBAT RIBUT TROIKA GREG

ABSTRAK

Semasa berlakunya suatu siklon tropika, pusuan ribut biasanya akan menyebabkan kehilangan beribu-ribu nyawa manusia dan kerosakan harta bagi sesebuah negara. Secara amnya, pusuan ribut ialah kenaikan paras air laut secara mendadak di laut yang diaruh oleh keadaan cuaca melampau yang dicituskan oleh siklon tropika. Pusuan ribut boleh menyebabkan banjir yang serius terutamanya di kawasan pantai yang rendah. Negara Malaysia merupakan antara salah satu rantau khatulistiwa yang dikatakan selamat daripada siklon tropika. Walau bagaimanapun, siklon tropika Greg yang telah melanda kawasan pesisiran Sabah di Malaysia pada 26 Disember 1996 telah menyebabkan banjir yang serius di beberapa kawasan rendah. Untuk menyediakan satu sistem amaran yang sesuai, suatu simulasi berangka telah dijalankan untuk menyelidik pusuan ribut yang diaruh oleh siklon tropika Greg. Suatu model dalaman yang ditadbir oleh persamaan air cetek dua dimensi berintegrasi kedalamannya digunakan bagi tujuan ini. Oleh kerana kesukaran bagi mendapatkan penyelesaian tepat bagi persamaan-persamaan ini, ianya diselesaikan dengan menggunakan kaedah beza terhingga tak tersirat berdasarkan syarat kestabilan yang telah dicadangkan oleh Courant-Friedrich-Lewy. Input cuaca yang digunakan dalam model ini dikira dengan menggunakan model ribut paksi bersimetri dengan data-data diperolehi daripada pengkalan data internet. Simulasi pusuan ribut menunjukkan halaju arus maksimum adalah sebanyak 4.7 ms^{-1} yang berlaku berhampiran kawasan perairan manakala puncak pusuan maksimum yang disimulasi adalah kira-kira 1.2 m. Keputusan model simulasi adalah dalam keadaan memuaskan dengan data yang diperhatikan. Kajian ini diketahui telah memberikan beberapa pengetahuan awal bagi ramalan pusuan ribut dan dalam pembangunan suatu sistem amaran pada masa akan datang.

MODELING STORM SURGE IN THE SOUTH CHINA SEA INDUCED BY TROPICAL STORM GREG

ABSTRACT

During the occurrence of a tropical cyclone, storm surge usually inflicts loss of human lives and destruction to the properties for a country. Generally, storm surge is a sudden rise of water level at the sea induced by the extreme atmospheric conditions triggered by a tropical cyclone. Storm surge can cause severe flooding especially in low lying coastal areas. Malaysia is one of the equatorial regions which thought to be safe from the threat of tropical cyclones. However, tropical cyclone Greg which had stricken the coastal area of Sabah in Malaysia at 26 December 1996 has brought serious floods in several low-lying areas. To provide a proper warning system, numerical simulations were conducted to study the storm surge which induced by tropical cyclone Greg. An in-house model, which is governed by two dimensional depth-integrated shallow water equations, was used for this purpose. Due to the difficulty to obtain analytical solution from these equations, they were solved by means of explicit finite difference method following the stability conditions proposed by Courant-Friedrich-Lewy. The atmospheric input used to run the model is calculated by axisymmetrical storm model with the data obtained from online database. The storm surge simulations produced a maximum current velocity of about 4.7 ms^{-1} which occurred near the coastal areas while the maximum peak surge simulated is about 1.2 m. The simulated model results are in good agreement with the observed data. This study has provided several insights for storm surge forecast and in developing a warning system in the future.

KANDUNGAN

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PENGAKUAN DAN PENGESAHAN LAPORAN MAT 4499 B	ii
PENGAKUAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI SIMBOL	xii
SENARAI SINGKATAN	xiii
BAB 1	PENDAHULUAN 1
	1.1 Pengenalan 1
	1.2 Pusuan Ribut 3
	1.3 Penyataan Masalah 4
	1.4 Batasan Kajian 4
	1.5 Objektif 4
BAB 2	SOROTAN LITERATUR 6
	2.1 Pengenalan 6
	2.2 Pemodelan Pusuan Ribut 6
	2.3 Sorotan Perisian 8
BAB 3	METODOLOGI 10
	3.1 Model Ribut Bersimetri 10
	3.2 Model Pusuan Ribut 12
	3.3 Imlimentasi Berangka 13
	3.3.1 Skim Beza Terhingga 14
	3.3.2 Syarat-syarat Sempadan Radiasi 16
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN 17
	4.1 Huraian Model 17
	4.2 Keputusan Simulasi Model Ribut Bersimetri 22
	4.3 Keputusan Model 26
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN 33
	5.1 Kesimpulan Dan Cadangan 33

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
4.1	Data yang diperoleh daripada Unisys (2009)	20

SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
3.1	Satu sistem grid yang berperingkat dalam model komputer	14
4.1	Domain kawasan pesisiran pantai pada Negeri Sabah yang berada pada Malaysia Barat.	18
4.2	Rajah 4.2: Gambar rajah keadaan atmosfera (tekanan atmosfera (hPa) dan halaju angin (ms^{-1})) apabila (a) 06 UTC 24 Dis 1996, (b) 12 UTC 24 Dis 1996, (c) 18 UTC 24 Dis 1996, (d) 00 UTC 25 Dis 1996, (e) 06 UTC 25 Dis 1996, (f) 12 UTC 25 Dis 1996, (g) 18 UTC 25 Dis 1996, (h) 00 UTC 26 Dis 1996, (i) 06 UTC 26 Dis 1996, (j) 12 UTC 26 Dis 1996, (k) 18 UTC 26 Dis 1996, (l) 00 UTC 27 Dis 1996, (m) 06 UTC 27 Dis 1996, (n) 12 UTC 27 Dis 1996, (o) 18 UTC 27 Dis 1996, (p) 00 UTC 28 Dis 1996, dan (q) 06 UTC 28 Dis 1996, dengan paparan setiap 6-jam.	21
4.3	Lintasan terbaik bagi ribut tropika Greg daripada 06 UTC 24 Dis 1996 hingga 06 UTC 28 Dis 1996 diperoleh daripada Unisys (2009).	25
4.4	Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (1a) 6 UTC 24, (1b) 9 UTC 24, (1c) 12 UTC 24, (1d) 15 UTC 24, (1e) 18 UTC 24 dan (1f) 21 UTC 24 dengan paparan setiap 3-jam.	27
4.5	Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (2a) 0 UTC 25, (2b) 3 UTC 25, (2c) 6 UTC 25, (2d) 9 UTC 25, (2e) 12 UTC 25 dan (2f) 15 UTC 25 dengan paparan setiap 3-jam.	28
4.6	Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (3a) 18 UTC 25, (3b) 21 UTC 25, (3c) 0 UTC 26, (3d) 3 UTC 26, (3e) 6 UTC 26 dan (3f) 9 UTC 26 dengan paparan setiap 3-jam.	29
4.7	Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (4a) 12 UTC 26, (4b) 15 UTC 26, (4c) 18 UTC 26, (4d) 21 UTC 26, (4e) 0 UTC 27 dan (4f) 3 UTC 27 dengan paparan setiap 3-jam.	30
4.8	Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (5a) 6 UTC 27, (5b) 9 UTC 27, (5c) 12 UTC 27, (5d) 15 UTC 27, (5e) 18 UTC	31

27 dan (5f) 21 UTC 27 dengan paparan setiap 3-jam.

4.9

Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (6a) 0 UTC 28,
dan (6b) 3 UTC 28 dengan paparan setiap 3-jam.

32

SENARAI SIMBOL

SIMBOL	KETERANGAN	UNIT
M	jumlah fluks dalam arah $-x$	m^2s^{-2}
N	jumlah fluks dalam arah $-y$	m^2s^{-2}
ω	halaju sudut Bumi berputar	s^{-1}
ϕ	latitud	darjah
H	ketinggian air serta-merta	m
h	kedalaman	m
η	ketinggian air di atas purata minimum paras laut	m
g	pecutan disebabkan oleh daya graviti	ms^{-2}
x	jarak dalam arah $-x$	m
y	jarak dalam arah $-y$	m
t	masa	s
u_w	halaju angin komponen x	ms^{-1}
v_w	halaju angin komponen y	ms^{-1}
n	pemalar kekasaran Manning untuk geseran	$m^{1/3}s$
C_D	pekali seretan angin	tiada unit
ρ_a	ketumpatan udara	kgm^{-3}
ρ_w	ketumpatan air	kgm^{-3}
P_o	tekanan atmosfera pada pusat ribut	hPa
P_n	tekanan persekitaran	hPa
R	parameter skala ribut yang menunjukkan saiz vorteks	km
r	jarak daripada pusat ribut	km
V_r	jejari halaju angin	km
V_θ	pertukaran darjah halaju angin	darjah
d	skala jarak (dianggap 5 km)	km
α	sudut aliran masuk (dianggap 30°)	darjah
V	kecerunan halaju angin	ms^{-1}
f	parameter Coriolis	tiada unit
Δ	perbezaan (delta)	
hPa	hekto pascal	
m	meter	
s	saat	
kg	kilogram	
mb	milibar	

SENARAI SINGKATAN

ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CFL	Courant-Friedrichs-Lewy
FORTRAN	Formula Translation
GrADS	Grid Analysis Display System
MATLAB	Matrix Laboratory
SLOSH	Sea, Lake, and Overland Surges from Hurricanes
WMO	World Meteorological Organization

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Kebelakangan ini, masalah bencana alam telah menjadi isu yang terdesak bagi seluruh dunia. Ini disebabkan oleh impak malapetaka yang sering mengancam ribuan nyawa manusia dan infrastruktur bagi sesuatu negara. Masyarakat manusia telah menjadi tidak kebal untuk menanggung ancaman malapetaka ini lagi. Dengan mempertimbangkan kes yang pernah berlaku di Malaysia, pusuan ribut dikaitkan dengan siklon tropika terutamanya telah membawa kejadian parah. Khususnya, ribut tropika Greg yang telah melanda di Sabah, Malaysia pada 26 Disember 1996. Ribut tropika ini menyerang pesisiran pantai barat Sabah dengan kelajuan angin sebanyak 19.4 ms^{-1} (70 kmj^{-1}) telah menyebabkan hujan lebat dan banjir kilat di sungai-sungai. Lebih daripada 230 orang telah terkorban, 4925 buah rumah turut termusnah dalam tragedi ini. Jadi, untuk mencegah kejadian sama daripada berulang, persediaan dan langkah pemindahan mesti dibangunkan untuk melindungi orang ramai pada masa akan datang.

Kajian dalam projek ilmiah tahun akhir ini memfokuskan usaha pemodelan pusuan ribut akibat kejadian sesuatu ribut di laut. Kebanyakan pemodelan dan analisis ber matematik terhadap pusuan ribut telah dikaji oleh para penyelidik dari seluruh dunia. Model-model ini biasanya, boleh dibahagikan kepada dua kategori, iaitu model dua-

dimensi berintegrasi kedalam dan model tiga-dimensi (Roy, 1995). Tetapi, model tiga-dimensi tidak termasuk dalam kajian ini. Ini disebabkan model ini memerlukan data-data yang banyak perlu dicerap daripada kawasan yang dikaji, antaranya adalah faktor kajuca, suhu air laut, ketumpatan air laut dan pemerhatian fenomena pasang surut. Untuk mencerap data-data tersebut, ia memakan masa yang panjang dan melibatkan kos yang tinggi. Jadi, kita hanya memberi perhatian kepada model dua-dimensi berintegrasi kedalam yang mempamerkan prestasi yang memuaskan dalam pemodelan pusuan ribut.

Dalam kajian ini, kita menggunakan satu model pusuan ribut untuk mentafsir kesan kenaikan paras air laut akibat ribut taufan yang melanda di pesisiran pantai. Untuk berbuat demikian, kami mengkaji magnitud pembentukan pusuan ribut melalui pemodelan lautan secara berangka. Untuk mencapai matlamat ini, model dua-dimensi berintegrasi kedalam akan digunakan. Persamaan-persamaan yang terlibat mengandungi persamaan hukum keabadian jisim dan persamaan momentum dalam arah x dan arah $-y$ (Robinson, 1983). Persamaan-persamaan ini akan diselesaikan dengan menggunakan kaedah beza terhingga dengan mematuhi syarat kestabilan Courant Friedrichs-Lewy (CFL) (Moe et al., 2002).

Sekarang, terdapat banyak model pusuan ribut yang sedang beroperasi untuk mensimulasi pusuan ribut di serata dunia. Secara umumnya, model-model ini adalah berguna untuk meramal ketinggian paras laut yang diaruh oleh angin ribut tropika dan siklon. Dalam penyelidikan ini, beberapa model barotropik berangka akan dijalankan. Misalnya, TUNA-M2 (Koh et al, 2006) yang diguna untuk memodelkan kesan momentum tsunami yang melanda Asia pada 25 Disember 2004 terhadap pesisiran pantai. Dalam kajian ini, model ini telah diubah dan meningkatkan prestasinya serta disesuaikan objektifnya untuk memodel pusuan ribut di Malaysia Timur atau kepulauan Borneo. Untuk menjamin ramalan-ramalan ini memberi keputusan yang memuaskan, hasil keputusan daripada model ini dibandingkan dengan data yang dicerap atau dengan hasil keputusan daripada suatu model terbangun yang lain.

1.2 Pusuan Ribut

Pusuan ribut adalah suatu fenomena yang kompleks dihasilkan daripada interaksi antara satu ribut kencang ke atas air laut. Dengan perkataan yang mudah, pusuan ribut terbentuk apabila kuasa-kuasa angin yang diaruh oleh siklon tropika meniup ke arah pesisir pantai. Sifat-sifat yang menentukan kekuatan sesuatu pusuan ribut bukan sahaja bergantung kepada kelajuan angin dan beza tekanan atmosfera daripada pusat ribut itu, tetapi bergantung juga kepada jangka hayat sesuatu siklon tersebut. Pusuan ribut juga sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti kedudukan siklon pada paras latitud bumi tertentu, pengaruh geologi, topografi di tepi pantai, dan sama ada bertindak dengan fenomena air pasang atau sebaliknya.

Dalam keadaan unggul, kejatuhan tekanan sebanyak 30 kPa (300 mb) akan menaikkan paras air kira-kira 0.3 meter (Pond dan Pickard, 1978). Kekuatan pusuan ribut akan bertambah apabila didorong dengan faktor pentas benua yang cetek apabila ia menghampiri pantai atau dinamakan "landfall". Ciri-ciri tempatan sebegitu boleh menguatkan ketinggian pusuan ribut lebih daripada 50 peratus dan mungkin turut meningkatkan kelajuannya dan akhirnya membanjiri kawasan pantai yang rendah tersebut (Murty et al., 1986).

Gelombang yang dijana oleh pusuan ribut adalah tidak sama dengan gelombang yang dihasilkan oleh ombak pasang surut, kerana tempoh gelombang pusuan ribut adalah hanya beberapa minit jika dibandingkan dengan tempoh gelombang pasang surut yang mempunyai beberapa jam. Tetapi impak daripada pusuan ribut tidak boleh dipandang remeh. Kuasa-kuasa seumpama boleh memusnahkan kebanyakan bangunan di pesisiran pantai dan membawa maut kepada beribu-ribu nyawa manusia. Pusuan ribut adalah satu bencana alam yang dahsyat, kerana pusuan ribut boleh menyebabkan kira-kira 90% kematian apabila berlaku malapetaka yang dikaitkan dengan siklon tropika ini. Kesan pusuan ribut akan menjadi lebih ketara jika ia berlaku pada masa air pasang.

1.3 Penyataan Masalah

Didapati bahawa, usaha dalam pemodelan pusuan ribut tidak banyak dijalankan di Laut China Selatan, khususnya di negara Malaysia. Manakala kajian ini mengambil usaha dalam pemodelan pusuan ribut secara berangka dengan mempertimbangkan kes yang pernah berlaku di Malaysia untuk merealisasikan matlamat ini.

1.4 Batasan Kajian

Dalam kajian ini, model yang digunakan hanya menumpu kepada kaedah beza terhingga tak tersirat dengan mematuhi syarat kestabilan CFL, untuk menyelesaikan persamaan air cetek dua-dimensi berintegrasi kedalaman. Akan tetapi, pelbagai kaedah berangka lain boleh digunakan untuk matlamat tersebut. Kekurangan data-data yang sebenar juga mengekang kejituan model yang digunakan.

1.5 Objektif

Antara objektif-objektif kajian adalah seperti berikut:

- a) Menggunakan satu set persamaan air cetek dua-dimensi berintegrasi kedalaman diselesaikan dengan kaedah beza terhingga untuk memodel kenaikan paras air laut dan corak halaju pusuan ribut yang berlaku di Malaysia akibat dilanda siklon tropika Greg pada 26 Disember 1996;
- b) Membandingkan keputusan daripada model yang disimulasi dengan data-data yang diperolehi daripada kejadian sebenar berlaku supaya penentusahan model dapat dilakukan dan

- c) Membekalkan informasi yang berguna untuk anggaran pusuan ribut yang akan berlaku untuk jangka masa yang panjang supaya satu sistem amaran awal dapat dibangunkan.

BAB 2

SOROTAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Sepanjang projek ini, matlamat kajian ini adalah bertumpu kepada pemodelan pusuan ribut yang diaruh oleh kejadian siklon tropika Greg yang melanda pesisiran pantai negeri Sabah Malaysia pada tahun 1996. Bab ini akan menghuraikan sorotan kajian yang telah membekalkan ide-ide dalam menjalani projek ilmiah tahun akhir ini.

2.2 Pemodelan Pusuan Ribut

Impak siklon tropika telah menyebabkan kehilangan nyawa dan membawa kemusnahan dari segi ekonomi bagi sesebuah negara, maka kajian saintifik berbentuk pemodelan matematik telah dijalankan untuk mengurangkan risiko akibat bencana alam ini. Beberapa dekad yang lepas, Organisasi Kajiucaca Dunia (WMO) telah memajukan analisa dan ramalan ribut tropika untuk membina suatu sistem amaran awal yang efektif bagi semua penduduk (Zschau, 2003).

Sejak awal 1960 an, suatu model hidrodinamik berangka telah dibina untuk memodelkan fenomena pusuan ribut. Model ini ditubuhkan oleh Fischer (1959), Jelesnianski (1965) dan Heaps (1967). Jelesnianski telah memberikan sumbangan yang tinggi terhadap ramalan pusuan di rantau Atlantik, melalui model SLOSH di Amerika Syarikat (Jelesnianski et al., 1982). Menurut Jelesnianski, penyelesaian isu heuristik ramalan pusuan ribut dengan kaedah berangka adalah lebih berasas berbanding penggunaan kaedah statistik. Persamaan air cetek yang berbentuk linear digunakan pada masa itu, dan versi model yang digunakan hanya melibatkan dasar laut rata dan tiada unsur olakan haba. Persamaan ini diselesaikan dengan sistem grid berpetak.

Kesusasteraan rujukan untuk ide asas mengenai beza terhingga boleh dibuat melalui teks Burden dan Faires (2005). Dengan menggunakan kaedah beza terhingga grid yang berbentuk segi empat sama, pelbagai simulasi berangka tentang pemodelan hidrodinamik dan hidrologi telah dijalankan dalam dekad ini (Flather dan Heaps, 1975). Rujukan university tempatan daripada Koh (2004) telah menerangkan pemodelan pasang surut air laut dengan menyelesaikan persamaan air cetek satu-dimensi dengan kaedah beza terhingga. Kajian tentang pemodelan pusuan ribut di Laut China Selatan yang telah berjaya dijalankan dengan menggunakan model TUNA (Koh et al., 2006; Loy, 2006). Teknik-teknik pemodelan ini telah menghasilkan sistem amaran awal banjir untuk kebanyakan negara, terutamanya bagi negara yang sentiasa diancam oleh pusuan ribut.

Untuk mendapatkan model yang berasas, satu teknik dapat dibentuk berdasarkan persamaan kedalaman terpadu satu dimensi linear dengan membuat beberapa anggapan mengenai sifat aliran bendalir. Formula beza terhingga dan grid bertindih selang digunakan untuk menyelesaikan persamaan air cetek dua dimensi tak linear. Pembolehkan dalam persamaan ini akan mengalami pendiskritan pada ruang dengan menggunakan grid Arakawa C (Arakawa dan Lamb, 1977) sehingga ditetapkan pada suatu lokasi. Idea ini telah diubahsuai dan dikembangkan secara menyeluruh untuk digunakan sebagai panduan pengiraan model ini. Kaedah selainnya yang terkenal adalah

seperti kaedah unsur terhingga yang membahagikan rantau yang dikaji menjadi mata segitiga sebarang saiz di mana ia dapat memberikan perwakilan sempadan tanah dan air yang jauh lebih tepat daripada dicapai dengan menggunakan kaedah beza terhingga (Chen dan Lee, 1991). Teknik ini juga menganggarkan masalah sempadan model itu dengan satu siri segmen linear yang cebis demi cebis. Model beza terhingga yang mempunyai grid yang tidak tetap juga pernah digunakan untuk mensimulasikan pusuan ribut oleh Bauer dan Schmidt (1983). Tetapi, daripada kajian Borthwick et al. (2001), teknik ini memerlukan kuasa pengiraan komputer yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan grid segi empat sama dengan model beza terhingga.

Satu model beza terhingga tiga dimensi telah wujud dan digunakan untuk meramal gerakan arus ombak dan ribut oleh Bill dan Noye (1984). Model ini telah diuji dan berjaya diterapkan dalam pemodelan pusuan ribut yang melanda di Bass Strait oleh Arnold dan Noye (1986). Namun, model ini memerlukan kuasa komputer yang lebih tinggi kerana model juga mengambil kira faktor-faktor kedalaman laut, ketumpatan dan suhu permukaan laut serta garis pantai daripada rantau fizikal yang dikaji. Selain itu, lebih banyak data terpaksa dicerap sebagai input sebelum model ini dapat digunakan.

2.3 Sorotan Perisian

Untuk menyelesaikan persamaan air cetek dan dua persamaan momentum dengan kaedah beza terhingga, kita perlu membuat pendiskritan terhadap persamaan-persamaan ini dengan menggunakan satu sistem grid seragam. Dengan menyelesaikan pengiraan ini, kita menggunakan perisian FORTRAN 77 sebagai atur cara utama kita. Kita mengendalikan program untuk melakukan beberapa pengiraan utama, seperti menyelesaikan persamaan air cetek skema beza terhingga tak tersirat, bagi melaksanakan penyisipan data kedalaman secara bilinear, dan untuk menginterpolasikan input atmosfera kepada aturcara utama kita.

Selepas prosedur tersebut, kita perlu mempamerkan hasil simulasi kita dengan menggunakan Grid Analysis Display System (GrADS) (Doty, 1995) yang merupakan suatu perisian percuma yang diagihkan secara bebas menerusi Internet. GrADS boleh digunakan untuk mengakses dengan mudah, memanipulasi, dan melakarkan grafik berdasarkan koordinat bumi. Ia berkemampuan untuk mempamerkan data dengan menggunakan beberapa teknik graf berguna, seperti graf garis dan turus, pelicinan kontur, dan melakarkan vektor-vektor halaju.

Juga, dalam kajian ini, kami menggunakan MATLAB versi 6.5 untuk mengubah output fail yang dihasil oleh model pusuan ribut, yang pada mulanya ditulis dalam format Kod Piawai Amerika Untuk Saling Tukar Maklumat juga dinamakan “American Standard Code for Information Interchange” (ASCII) kepada format dedua (binary) supaya ianya boleh dibaca oleh GrADS (Nakamura, 2001).

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Model Ribut Bersimetri

Dalam kajian ini, satu pendekatan simulasi baru digunakan, di mana lintasan taufan atau ribut tropika disimulasikan, bermula dengan pencetusannya pada kawasan laut terbuka sehingga pelenyapannya. Kita menggunakan satu model ribut berparameter yang simetri dalam kedua-dua tekanan dan halaju angin sebagai rujukan. Model simulasi ini menganggar halaju bagi ribut berdasarkan perubahan dalam kelajuan angin dan tekanan pusat ribut.

Kita menggunakan formula yang dirumuskan oleh O'Brien dan Reid (1967):

$$P(r) = P_o + (P_n - P_o)e^{\frac{-R}{r}} \quad (3.1)$$

di mana P adalah taburan tekanan ribut, P_o adalah tekanan atmosfera pada pusat ribut, P_n adalah tekanan persekitaran, R adalah parameter skala ribut yang menunjukkan saiz vorteks dan r adalah jarak daripada pusat ribut.

Jejari dan pertukaran halaju angin menyimpang adalah diparameterkan dalam bentuk persamaan seperti berikut:

$$\begin{aligned} V_r &= -0.7 \left(1 + \frac{d^2}{r^2} \right)^{-1} V \sin \alpha \\ V_\theta &= 0.7 \left(1 + \frac{d^2}{r^2} \right)^{-1} V \cos \alpha \end{aligned} \quad (3.2)$$

di mana V_r dan V_θ adalah jejari dan pertukaran halaju angin masing-masing, d adalah satu skala jarak (4 km dianggap dalam kajian ini), α adalah sudut aliran masuk dan dianggap berada pada 30° dalam kajian ini. V adalah kecerunan halaju angin yang dikira daripada taburan tekanan (3.1) berdasarkan Gill (1984):

$$V(r) = -\frac{1}{2} fR + \sqrt{\frac{1}{4} f^2 R^2 - \frac{R}{\rho_a} \frac{\partial P}{\partial r}} \quad (3.3)$$

di mana ρ_a adalah ketumpatan udara dan f adalah parameter Coriolis.

Dalam kajian ini, R dianggap sebagai 160 km disebabkan ia memberikan penghampiran terbaik kepada jejari ribut dan P_n dianggap sebagai 1010 hPa berdasarkan data diperolehi daripada Unisys (2009). Tekanan angin melintang dan mengufuk dikira dengan persamaan seperti berikut:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \tau_x \\ \tau_y \end{bmatrix} &= -\frac{\rho_a}{\rho_w} C \sqrt{u^2 + v^2} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \\ C &= 5 \times 10^{-4} \left[1.2 \sqrt{1 + 0.02 \times |u^2 + v^2|} \right] \end{aligned} \quad (3.4)$$

di mana τ_x dan τ_y adalah tekanan angin dalam arah $-x$ dan arah $-y$ masing-masing, ρ_w adalah ketumpatan air laut, u dan v yang merujuk kepada halaju angin melintang dan mengufuk masing-masing, manakala C adalah pekali seret.

3.2 Model Pusuan Ribut

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{H} \right) = & -gH \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gn^2}{H^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} - \frac{H}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial x} \\ & + \frac{C_D \rho_a}{\rho_w} u_w \sqrt{u_w^2 + v_w^2} \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{H} \right) = & -gH \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{gn^2}{H^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} - \frac{H}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial y} \\ & + \frac{C_D \rho_a}{\rho_w} v_w \sqrt{u_w^2 + v_w^2} \end{aligned} \quad (3.7)$$

di mana

$$M = u(\eta + h) = u(H)[m^2 s^{-2}];$$

$$N = v(\eta + h) = v(H)[m^2 s^{-2}];$$

$$H = h + \eta = \text{ketinggian air serta-merta [m];}$$

$$h = \text{kedalaman [m];}$$

$$\eta = \text{ketinggian air di atas purata minimum paras laut [m];}$$

$$g = \text{pecutan disebabkan oleh daya graviti [ms⁻²];}$$

$$x = \text{jarak dalam -x arah [m];}$$

$$y = \text{jarak dalam -y arah [m];}$$

$$t = \text{masa [s];}$$

$$u_w = \text{halaju angin x komponen [ms⁻¹];}$$

$$v_w = \text{halaju angin y komponen [ms⁻¹];}$$

- n = pemalar kekasaran Manning untuk geseran [$m^{1/3}s$];
- C_D = pekali seretan angin
- ρ_a = ketumpatan udara [kgm^{-3}];
- ρ_w = ketumpatan air [kgm^{-3}];

Dalam kajian ini, model pusuan ribut yang berdasarkan persamaan air cetek dua-dimensi akan digunakan. Model ini diungkap dalam bentuk fluks dan terdiri daripada persamaan kesinambungan (persamaan 3.5) dan dua persamaan momentum pada arah $-x$ dan $-y$ (persamaan 3.6 dan 3.7). Namun begitu, model ini telah diubah untuk disesuaikan penggunaannya dalam kajian ini. Bagaimanapun, kesan Coriolis tidak dikira masuk dalam aturcara ini, disebabkan ia tidak memberikan banyak kesan kepada tempat kajian ini, dan begitu juga dengan pemalar kelikatan pusar yang mengufuk dan pembolehkan geseran. Model persamaan yang mentadbir fenomena pusuan ribut diungkapkan seperti persamaan 3.5 hingga 3.7.

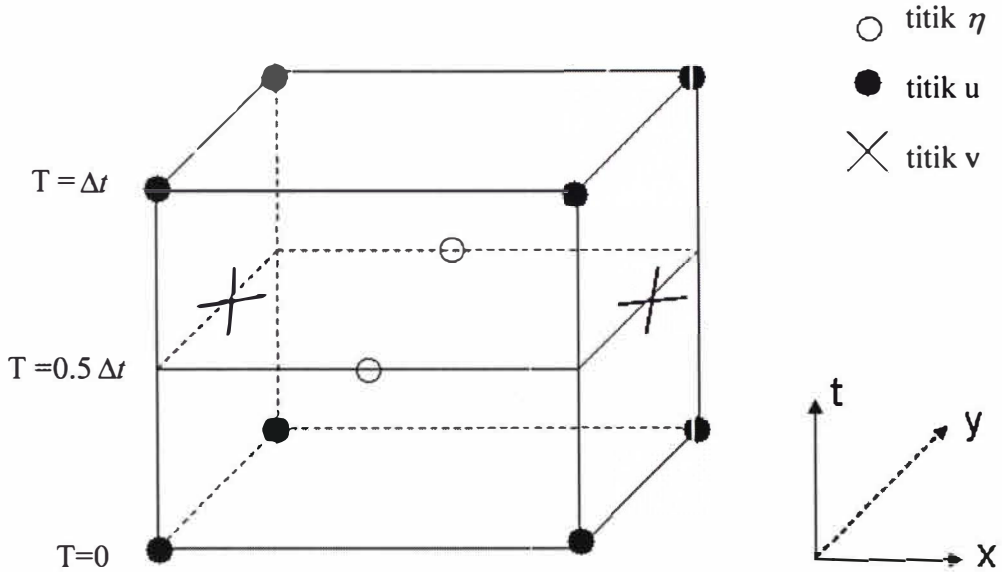
Apabila menggunakan model ini, sesetengah nilai parameter adalah ditetapkan seperti $g = 9.81ms^{-1}$, dan $n = 0.0264$. Aliran dianggap sebagai laminar, halaju air dipuratakan oleh kedalaman dan perubahan ketumpatan udara dan air tidak banyak berubah dalam pemodelan pusuan ribut. Ketumpatan air, $\rho_w = 1023 kgm^{-3}$ dan ketumpatan udara, $\rho_a = 1.23 kgm^{-3}$ dianggap sebagai pemalar tetap di dalam model ini.

3.3 Implimentasi Berangka

Model pusuan ribut, suatu model berkomputer yang telah dibina untuk menyelesaikan persamaan 3.5 hingga 3.7. Satu kaedah pembezaan terhad dengan skema kekisi berperingkat digunakan untuk menyelesaikan η (ketinggian), u (halaju dalam x), dan v (halaju dalam y), (atau M dan N adalah fluks) secara berangka.

3.3.1 Skema Beza Terhingga

Dengan menggunakan sistem grid berperingkat, titik u dan v dikira dengan berpandukan masa dan ruang (rujuk Rajah 3.1).



Rajah 3.1: Satu sistem grid yang berperingkat dalam model komputer.

Persamaan 3.5 hingga 3.7 ditulis dalam bentuk beza terhingga dengan menggunakan skema beza ke hadapan bagi masa dan skema ke hadapan bagi ruang seperti dalam persamaan 3.8 (Koh et al., 2005). Kedudukan titik η , u dan v dalam koordinat kartesian ditunjukkan oleh notasi i dan j manakala saiz selang masa ditanda dengan abjad k seperti berikut:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)_{i,j}^{k+\frac{1}{2}} &= \frac{(\eta_{i,j}^{k+1} - \eta_{i,j}^k)}{\Delta t}; & \left(\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)_{i+\frac{1}{2},j}^k &= \frac{(\eta_{i+1,j}^k - \eta_{i,j}^k)}{\Delta x}; \\ \left(\frac{\partial \eta}{\partial y}\right)_{i,j+\frac{1}{2}}^k &= \frac{(\eta_{i,j+1}^k - \eta_{i,j}^k)}{\Delta y}; & \left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)_{i+\frac{1}{2},j}^k &= \frac{\left(u_{i+\frac{1}{2},j}^{k+\frac{1}{2}} - u_{i+\frac{1}{2},j}^{k-\frac{1}{2}}\right)}{\Delta t}; \end{aligned} \quad (3.8)$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)_{i,j+\frac{1}{2}}^k = \frac{\left(v_{i,j+\frac{1}{2}}^{k+\frac{1}{2}} - v_{i,j+\frac{1}{2}}^{k-\frac{1}{2}}\right)}{\Delta t}$$

Kita menggunakan skema beza ke hadapan bagi masa dan skema ruang yang ditengah untuk memansuhkan pembolehubah air lintang seperti berikut:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{i,j}^{k+\frac{1}{2}} &= \frac{\left(u_{i+1,j}^{k+\frac{1}{2}} - u_{i-1,j}^{k+\frac{1}{2}}\right)}{2\Delta x}; & \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_{i,j}^{k+\frac{1}{2}} &= \frac{\left(u_{i,j+1}^{k+\frac{1}{2}} - u_{i,j-1}^{k+\frac{1}{2}}\right)}{2\Delta y}; \\ \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)_{i,j}^{k+\frac{1}{2}} &= \frac{\left(v_{i,j+1}^{k+\frac{1}{2}} - v_{i,j-1}^{k+\frac{1}{2}}\right)}{2\Delta y}; & \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)_{i,j}^{k+\frac{1}{2}} &= \frac{\left(v_{i+1,j}^{k+\frac{1}{2}} - v_{i-1,j}^{k+\frac{1}{2}}\right)}{2\Delta x} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Untuk kestabilan berangka, saiz selang masa, Δt adalah dihadkan oleh kriteria Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) seperti ditunjukkan di bawah (Moe et al., 2002):

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{\max}}} \quad (3.10)$$

Untuk memperolehi komponen-komponen halaju u dan v , transformasi persamaan yang mudah akan digunakan seperti berikut (Blumberg, 2002):

$$u = \frac{M}{(\eta + h)}, \quad v = \frac{N}{(\eta + h)} \quad (3.11)$$

Model pusuan ribut ini digunakan dengan syarat nilai awal $\eta = u = v = 0$ apabila $t = 0$ (keadaan statik air) dan syarat sempadan ‘tidak telap’ untuk pulau dan garis pantai.

3.3.2 Syarat-syarat Sempadan Beradiasi

Syarat sempadan beradiasi diaplikasikan dalam model pusuan ribut iaitu sempadan yang terbuka untuk membenarkan tenaga gelombang melintasi sempadan terbuka dan mengelakkan daripada pemantulan gelombang. Sempadan terbuka yang digunakan dalam model ini dikenali sebagai Skema Orlanski Terubahsuai (Tang dan Grimshaw., 1996; Tang dan Grimshaw, 1999).

Jika syarat sempadan beradiasi digunakan di sempadan timur, kita boleh menulis η_B^n dengan nilai η adalah paras air pada langkah n selang masa dan B ditafsirkan sebagai titik sempadan, iaitu:

$$\eta_B^{n+1} = \eta_{B-1}^n + s(\eta_B^n - \eta_{B-1}^n) \quad (3.12)$$

Bagi penentuan nilai s di atas (persamaan 3.12), kita menggunakan formula berikut:

$$s \begin{cases} \hat{s}, & \text{jika } 0 < \hat{s} < 1 \\ 0, & \text{jika } |\hat{s}| \geq 1 \\ 1, & \text{jika } -1 < \hat{s} \leq 0 \end{cases} \quad (3.13)$$

dan \hat{s} adalah ditentukan secara tersirat melalui persamaan:

$$\hat{s} = \frac{\eta_{B-1}^n - \eta_{B-2}^{n-1}}{\eta_{B-1}^{n-1} - \eta_{B-2}^n} \quad (3.14)$$

Kekangan-kekangan yang kedua dan ketiga dalam persamaan 3.13 adalah digunakan untuk memastikan kestabilan berangka.

BAB 4

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.1 Huraian Model

Dalam kajian ini, domain kita meliputi saiz segi empat tepat yang merangkumi kawasan dari 5°S – 15°N bagi latitud dan 108°E –136°E bagi longitud iaitu termasuk kawasan pesisiran pantai Sabah pada Malaysia Barat (Rujuk Rajah 4.1). Garis pantai dan sempadan pulau dalam kajian ini dianggar dengan menggunakan gaya langkah bertingkat-tingkat terbina daripada resolusi grid bersegi empat tepat dengan saiz $\Delta x = \Delta y = 4$ km. Ini akan menghasilkan sejumlah 831×581 titik grid dalam arah $-x$ dan $-y$. Untuk kestabilan berangka, langkah masa dikira dengan formula kestabilan CFL, $\Delta t < \Delta x / \sqrt{2gh_{\max}} = 9.01$ s, maka $\Delta t = 9$ s dipilih. Bagi syarat sempadan garis pantai dan pulau di dalam domain kajian, kita menganggap komponen halaju yang normal dengan garis pantai adalah sifar. Bagi sempadan terbuka utara, timur, selatan dan barat sebagai yang terletak di sebelah, syarat sempadan beradiasi digunakan.



Rajah 4.1: Domain kawasan pesir pantai pada Negeri Sabah yang berada pada Malaysia Barat.

4.2 KEPUTUSAN SIMULASI MODEL RIBUT BERSIMETRI

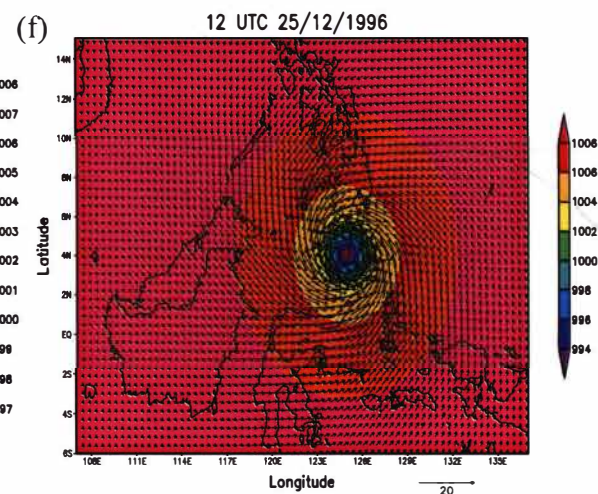
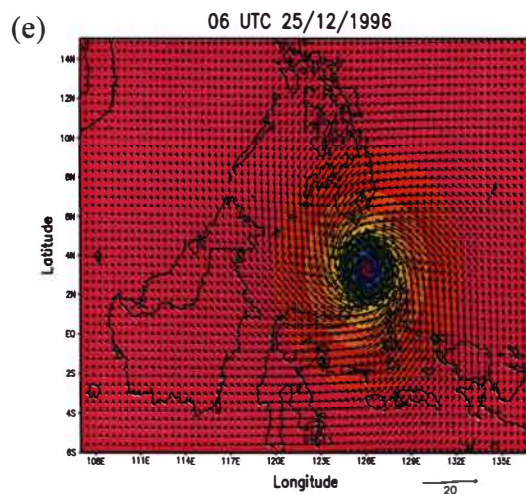
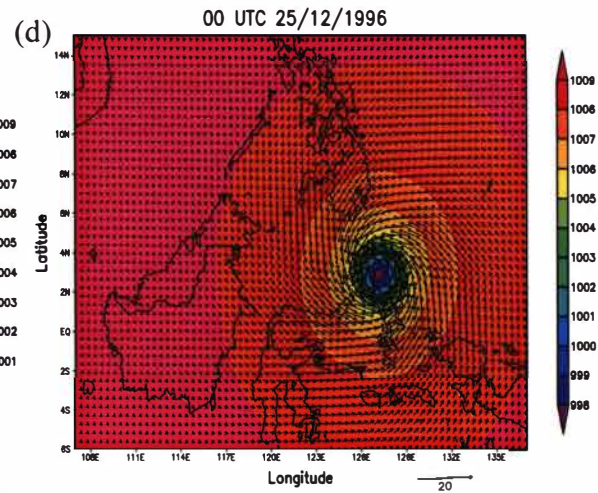
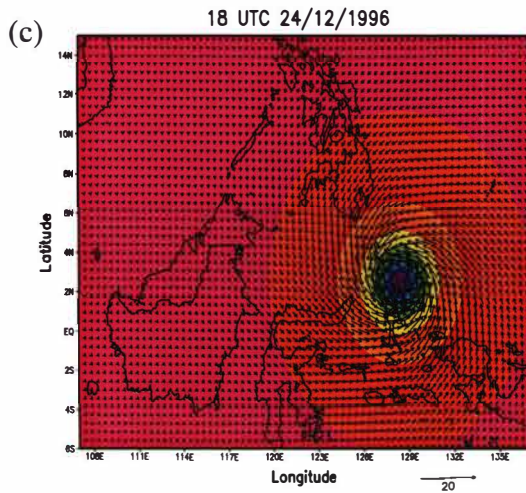
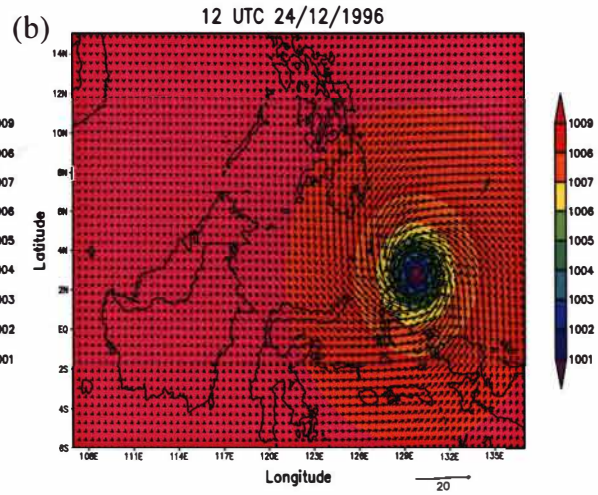
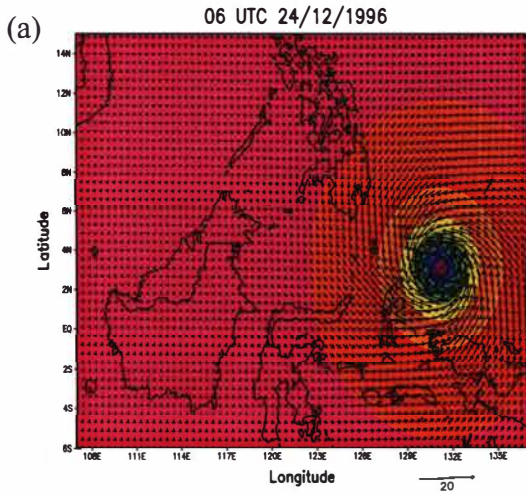
Dengan menggunakan model ribut bersimetri, iaitu berdasarkan persamaan 3.1 hingga 3.4, serta data yang diperoleh daripada Unisys (Rujuk Jadual 4.1), keadaan atmosfera semasa ribut tropika Greg yang melanda Sabah pada 24 Dis 1996 berjaya disimulasikan. Keadaan atmosfera telah diplotkan bermula daripada 06 UTC 24 Dis 1996 hingga 06 UTC 28 Dis 1996 dengan setiap 6 jam (tekanan peringkat laut dalam hPa dan halaju angin dalam ms^{-1}) (Rujuk Rajah 4.2).

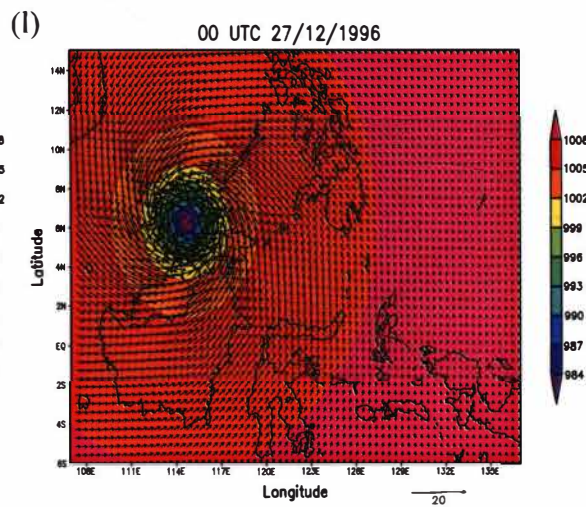
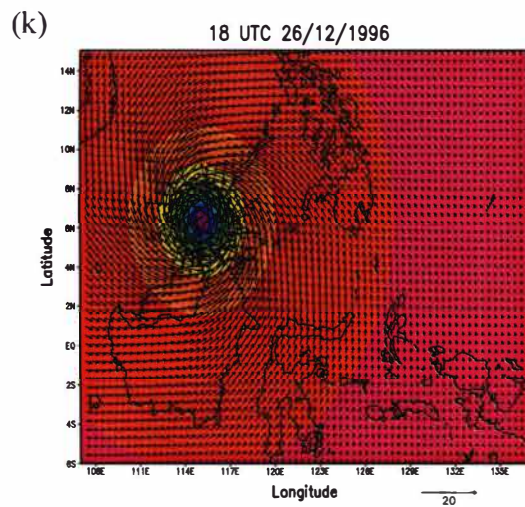
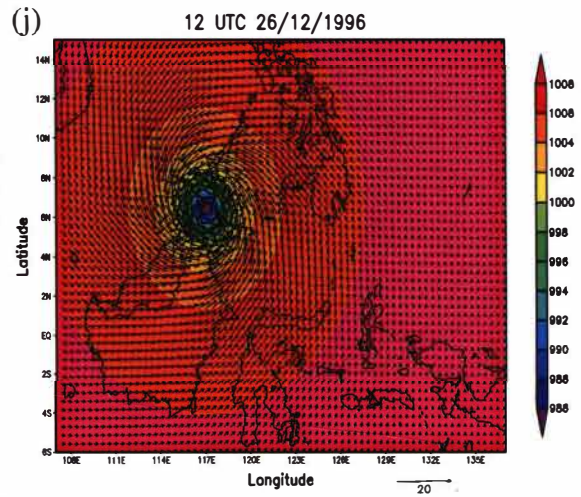
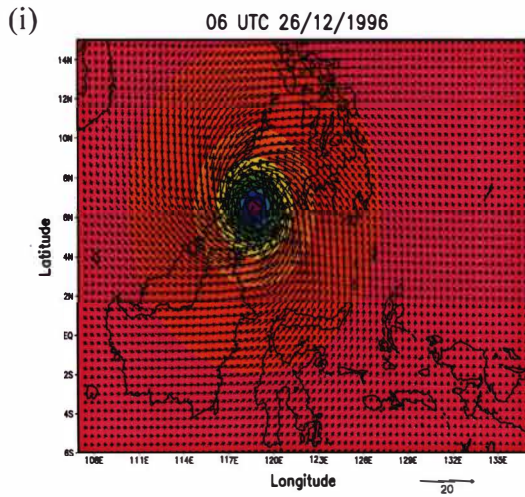
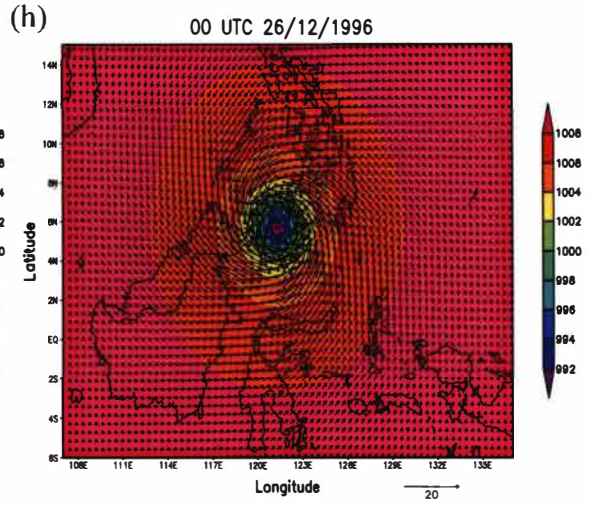
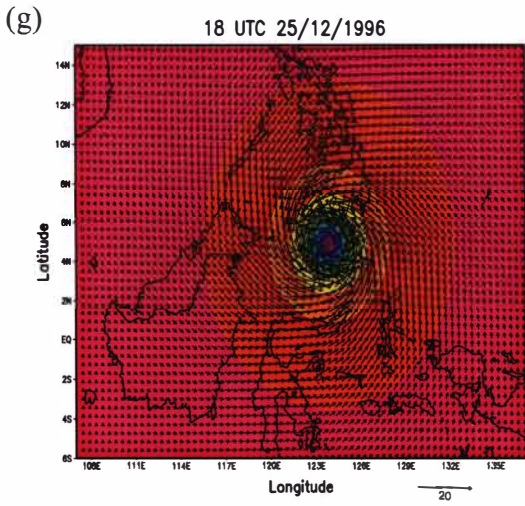
Hasil corak halaju angin yang berbentuk bulatan dapat disimulasikan seperti yang boleh diperhatikan dalam Rajah 4.2. Lintasan ribut yang disimulasi oleh model ribut bersimetri adalah mengikut jejak ribut tropika Greg yang dipaparkan oleh Unisys (Rujuk Rajah 4.3). Arah peredaran angin menunjukkan ia diseretkan dari tenggara ke barat laut. Penurunan tekanan secara mendadak boleh diperhatikan daripada Rajah 4.2 pada kedudukan 6N; 114E, semasa 18 UTC 26 Dis 1996 tekanan yang tercatat adalah 984 hPa iaitu menurun sebanyak 26 hPa berbanding dengan nilai awal tekanan persekitaran yang tercatat sebanyak 1010 hPa. Manakala nilai maksimum halaju angin yang dicapai oleh model kajian ini adalah 21.78ms^{-1} .

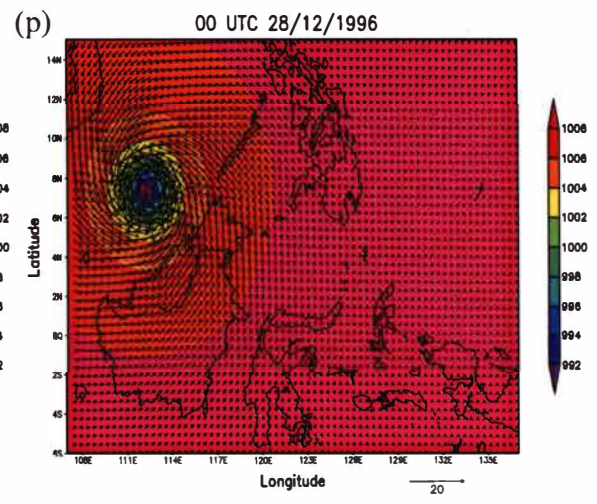
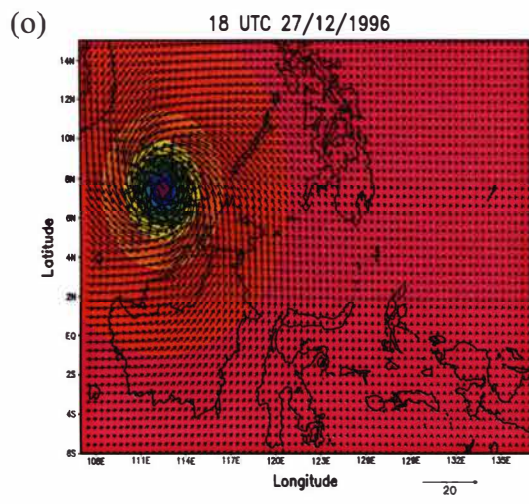
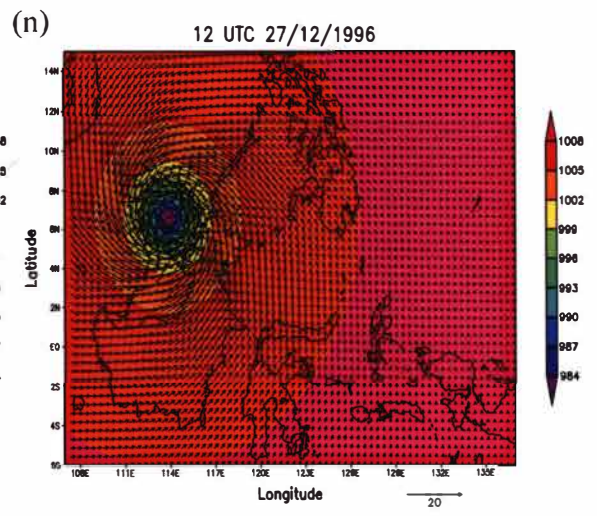
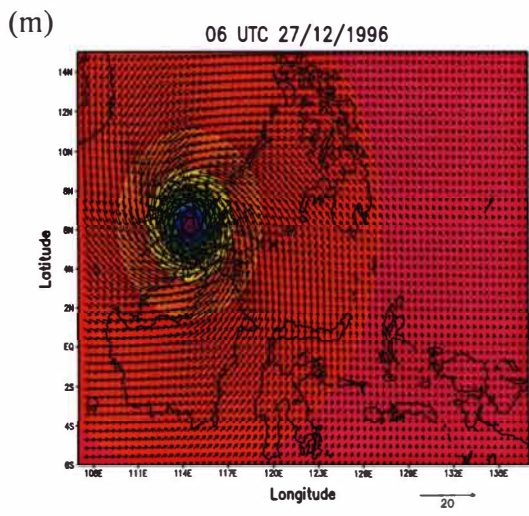
Simulasi menunjukkan penghampiran model kajian ini kepada keadaan ribut sebenar adalah pada tahap memuaskan. Corak halaju angin juga adalah setara, walaupun sesetengah pengkaji mendakwa bentuk ribut sebenarnya berupa corak elips.

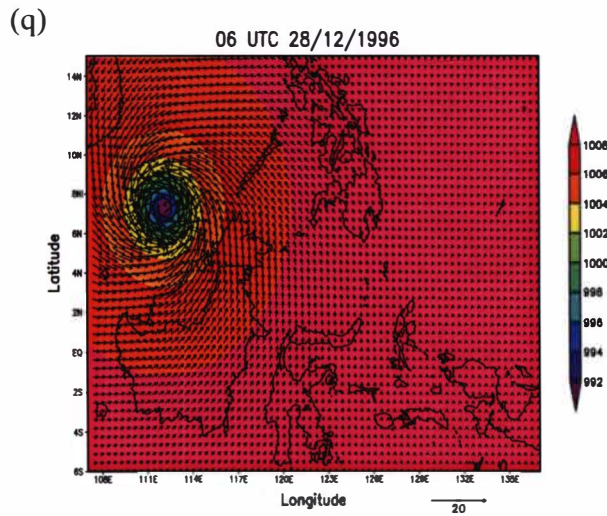
Jadual 4.1: Data yang diperoleh daripada Unisys (2009).

NO.	Latitud	Longitud	Masa	Halaju angin, (ms ⁻¹)	Tekanan,(hPa)	Status
1	3.1	131.2	06 UTC 24/12/1996	10.89	1000.0	Tekanan rendah tropika
2	2.8	129.8	12 UTC 24/12/1996	10.89	1000.0	Tekanan rendah tropika
3	2.5	129.8	18 UTC 24/12/1996	10.89	1000.0	Tekanan rendah tropika
4	2.9	128.4	00 UTC 25/12/1996	12.25	997.6	Tekanan rendah tropika
5	3.3	126.1	06 UTC 25/12/1996	13.61	995.3	Tekanan rendah tropika
6	4.1	125.0	12 UTC 25/12/1996	14.9	992.9	Tekanan rendah tropika
7	4.9	123.9	18 UTC 25/12/1996	16.33	990.5	Tekanan rendah tropika
8	5.7	121.35	00 UTC 26/12/1996	16.33	990.5	Tekanan rendah tropika
9	6.5	118.8	06 UTC 26/12/1996	16.33	990.5	Tekanan rendah tropika
10	6.45	117	12 UTC 27/12/1996	19.05	985.8	Ribut tropika
11	6.4	115.2	18 UTC 26/12/1996	21.78	981.0	Ribut tropika
12	6.3	114.7	00 UTC 27/12/1996	21.78	981.0	Ribut tropika
13	6.3	114.5	06 UTC 27/12/1996	21.78	981.0	Ribut tropika
14	6.60	113.9	12 UTC 27/12/1996	21.78	981.0	Ribut tropika
15	7.4	112.5	18 UTC 27/12/1996	16.33	990.5	Tekanan rendah tropika
16	7.35	112.3	00 UTC 28/12/1996	16.33	990.5	Tekanan rendah tropika
17	7.3	112.1	06 UTC 28/12/1996	16.33	990.5	Tekanan rendah tropika









Rajah 4.2: Gambar rajah keadaan atmosfera (tekanan atmosfera (hPa) dan halaju angin (ms^{-1})) apabila (a) 06 UTC 24 Dis 1996, (b) 12 UTC 24 Dis 1996, (c) 18 UTC 24 Dis 1996, (d) 00 UTC 25 Dis 1996, (e) 06 UTC 25 Dis 1996, (f) 12 UTC 25 Dis 1996, (g) 18 UTC 25 Dis 1996, (h) 00 UTC 26 Dis 1996, (i) 06 UTC 26 Dis 1996, (j) 12 UTC 26 Dis 1996, (k) 18 UTC 26 Dis 1996, (l) 00 UTC 27 Dis 1996, (m) 06 UTC 27 Dis 1996, (n) 12 UTC 27 Dis 1996, (o) 18 UTC 27 Dis 1996, (p) 00 UTC 28 Dis 1996, dan (q) 06 UTC 28 Dis 1996, dengan paparan setiap 6-jam.



Rajah 4.3: Lintasan terbaik bagi ribut tropika Greg daripada 06 UTC 24 Dis 1996 hingga 06 UTC 28 Dis 1996 diperoleh daripada Unisys (2009).

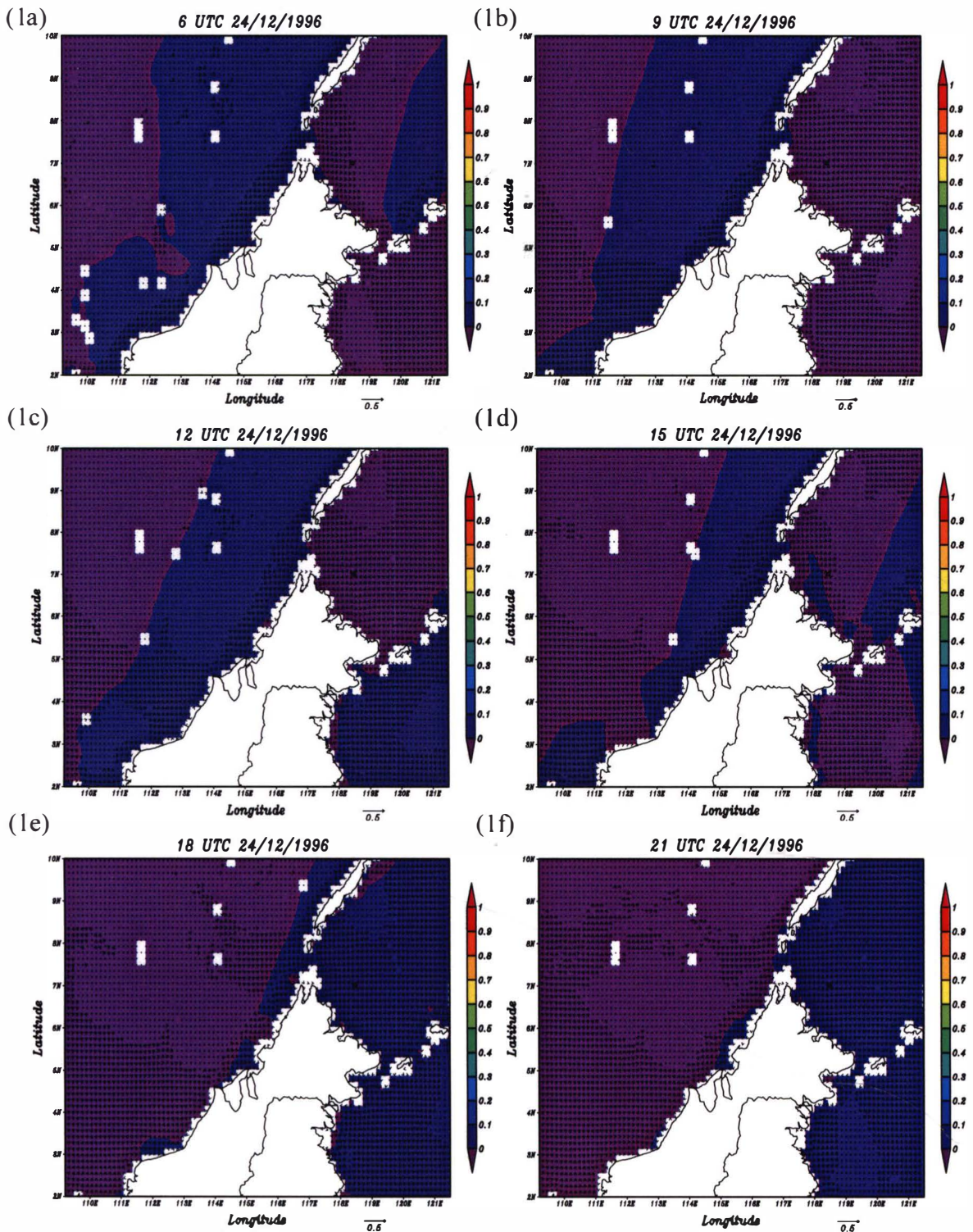
4.3 Keputusan Model

Pada permulaan simulasi, dapat diperhatikan bahawa paras dan halaju air laut belum mencapai keadaan dinamik (rujuk Rajah 4.4). Tiada perubahan yang banyak dapat diperhatikan pada kenaikan air laut dari 6 UTC 24 Dis 1996 sehingga 6 UTC 26 Dis 1996. Perubahan profil paras laut dan halaju arus berlaku apabila ribut mula melanda pesisiran pantai negeri Sabah, Malaysia. Air laut bermula berputar dalam arah lawan jam. Keadaan ini berlaku disebabkan pemindahan tenaga kinetik daripada pusat ribut tropika menyebar kepada air laut di sekeliling ribut, jadi air laut berputar dengan arah yang sama.

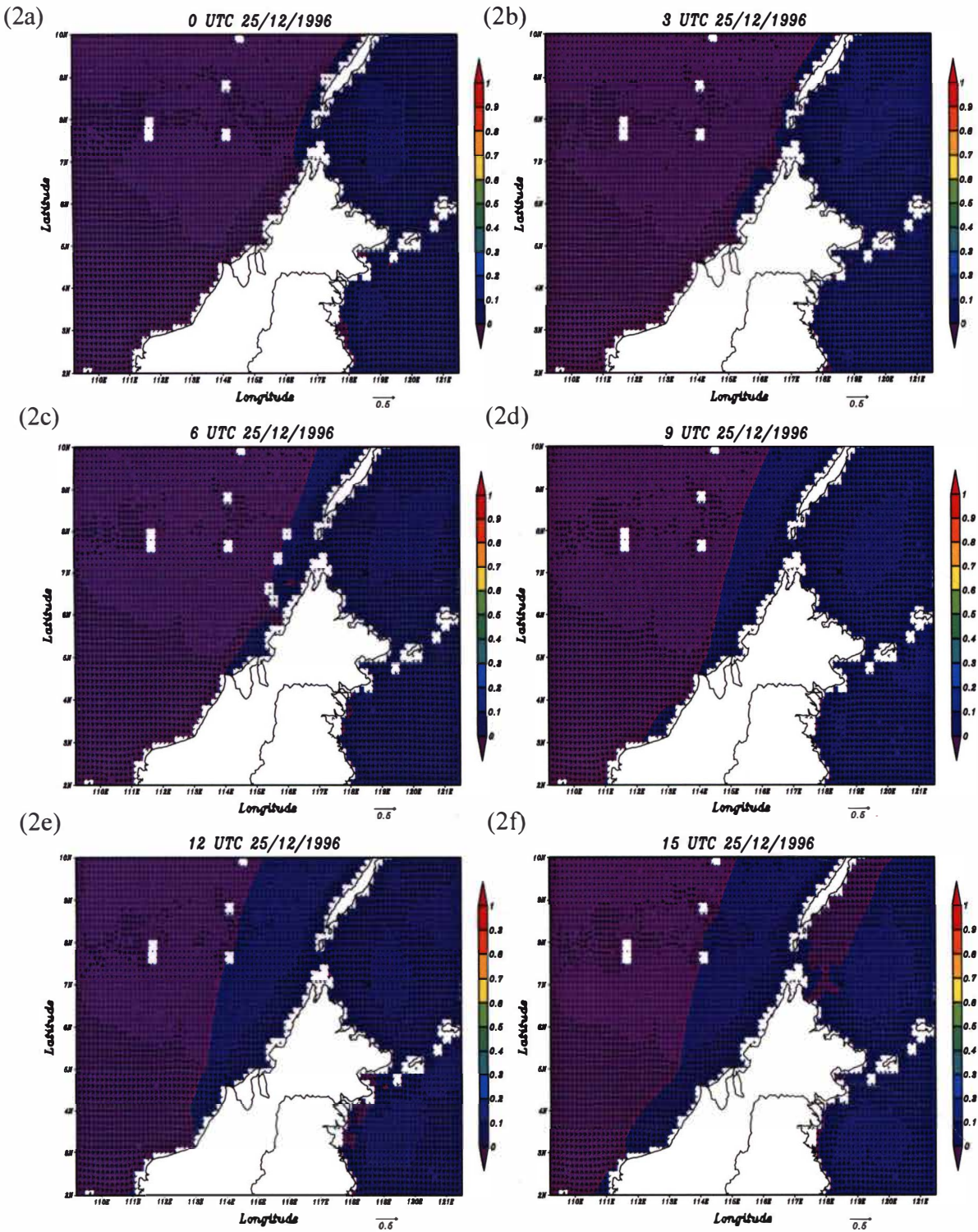
Kenaikan air laut semakin bertambah apabila ribut tropika Greg terus melanda pada bandar Kudat dan Pitas. Pada ketika ini, paras pusuan ribut mencapai ketinggian sebanyak 1.2 m. Keadaan ini berlaku mungkin disebabkan peredaran arus lautan pada kawasan pantai yang semakin cetek, seterusnya mendorong kepada kenaikan mendadak pusuan ribut itu. Selain itu, dapat diperhatikan bahawa lintasan pusuan ribut adalah mengikut arah lintasan ribut tropika pada masa yang sama.

Pada 6 UTC 27 Dis 1996, ribut tropika menghampiri garis pantai Kota Kinabalu iaitu ibu negeri Sabah, Malaysia. Pada masa ini, dapat diperhatikan halaju air laut semakin bertambah dan pusuan ribut mencapai nilai maksimum iaitu sebanyak 4.7 ms^{-1} . Air laut yang pantas serta angin yang kuat juga mengaruh kenaikan pusuan ribut. Ini juga berlaku akibat faktor kedalaman pantai yang berkurangan apabila menghampiri garis pantai.

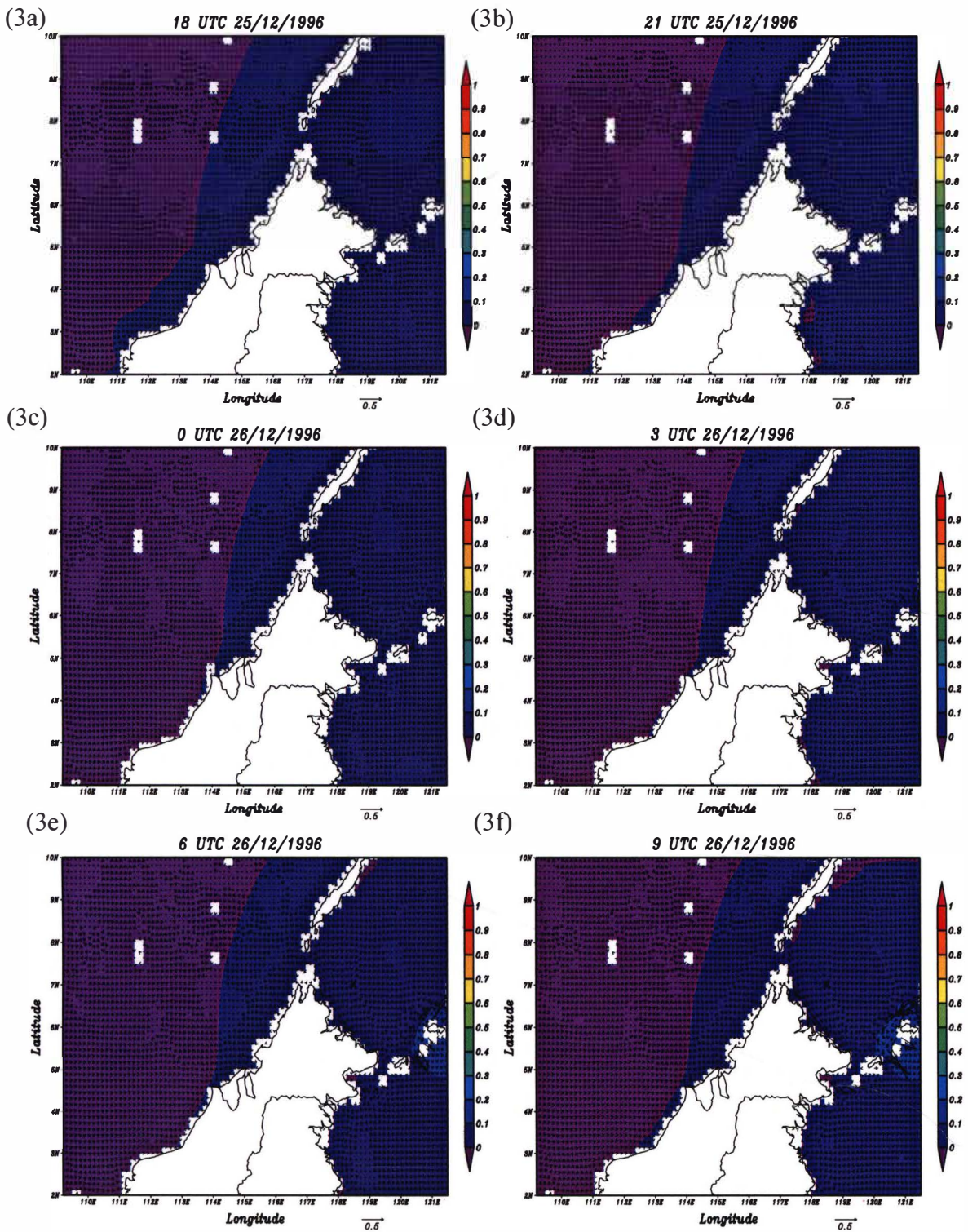
Keadaan ini berterusan sehingga 00 UTC 28 Dis 1996, sehinggalah pusat ribut tropika akhirnya hanyut keluar daripada kawasan pesisiran pantai Kota Kinabalu. Walau bagaimanapun, air laut masih mengekalkan bentuk vorteksnya dan peredaran arus masih dalam keadaan yang bertenaga.



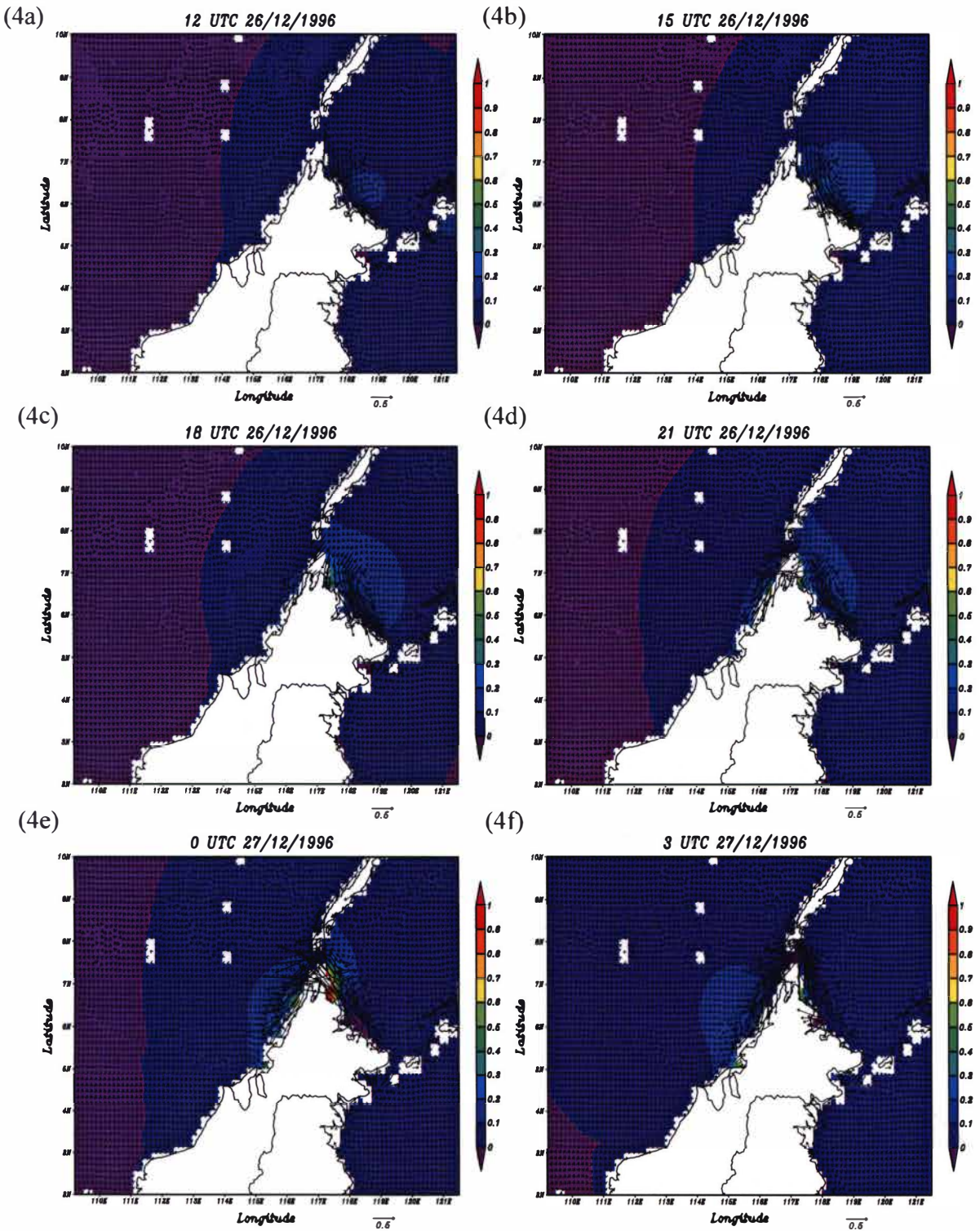
Rajah 4.4: Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (1a) 6 UTC 24, (1b) 9 UTC 24, (1c) 12 UTC 24, (1d) 15 UTC 24, (1e) 18 UTC 24 dan (1f) 21 UTC 24 dengan paparan setiap 3-jam.



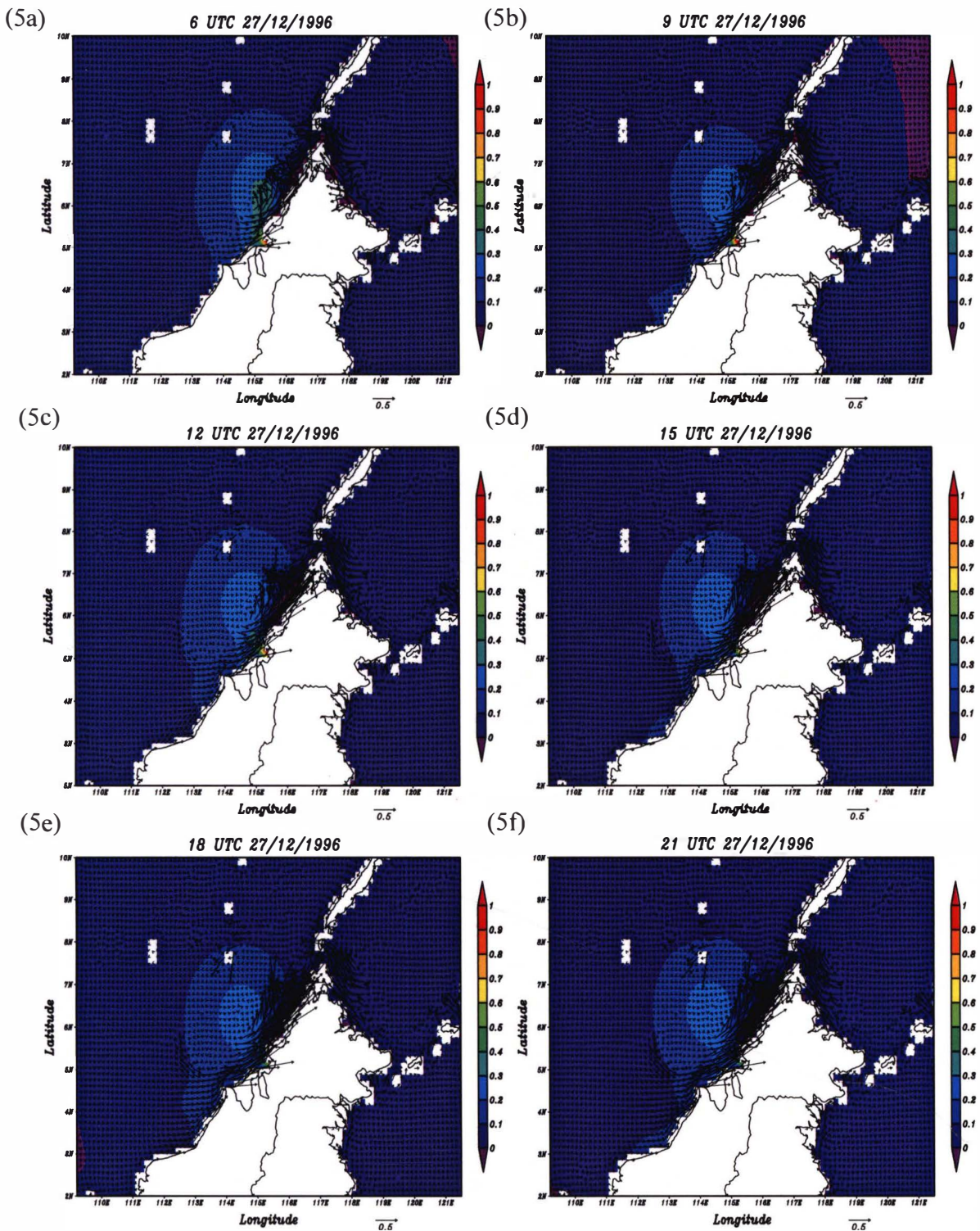
Rajah 4.5: Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (2a) 0 UTC 25, (2b) 3 UTC 25, (2c) 6 UTC 25, (2d) 9 UTC 25, (2e) 12 UTC 25 dan (2f) 15 UTC 25 dengan paparan setiap 3-jam.



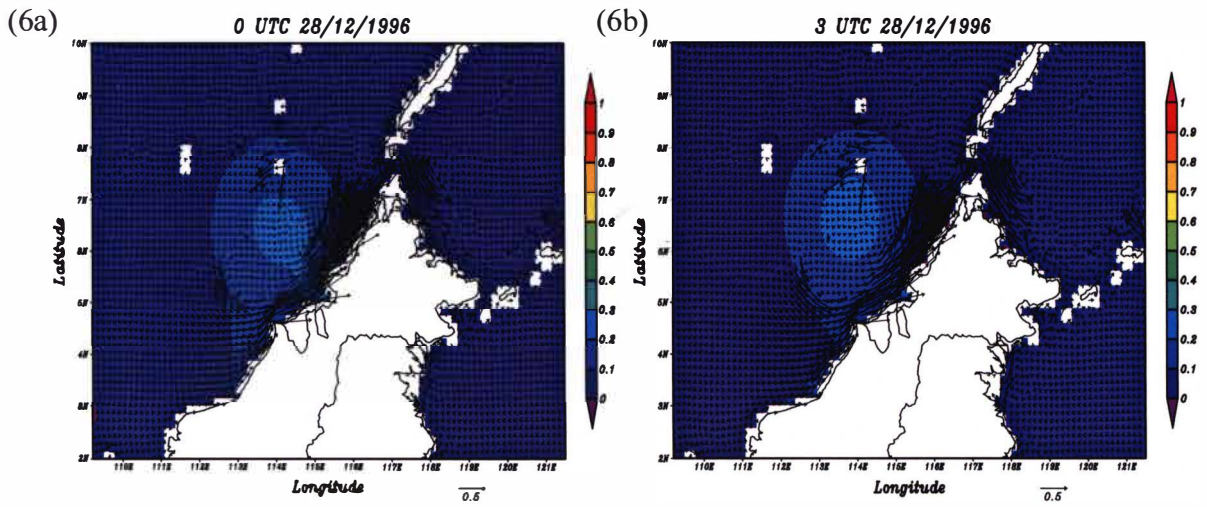
Rajah 4.6: Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (3a) 18 UTC 25, (3b) 21 UTC 25, (3c) 0 UTC 26, (3d) 3 UTC 26, (3e) 6 UTC 26 dan (3f) 9 UTC 26 dengan paparan setiap 3-jam.



Rajah 4.7: Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (4a) 12 UTC 26, (4b) 15 UTC 26, (4c) 18 UTC 26, (4d) 21 UTC 26, (4e) 0 UTC 27 dan (4f) 3 UTC 27 dengan paparan setiap 3-jam.



Rajah 4.8: Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (5a) 6 UTC 27, (5b) 9 UTC 27, (5c) 12 UTC 27, (5d) 15 UTC 27, (5e) 18 UTC 27 dan (5f) 21 UTC 27 dengan paparan setiap 3-jam.



Rajah 4.9: Gambar rajah kontur dan halaju angin apabila (6a) 0 UTC 28, dan (6b) 3 UTC 28 dengan paparan setiap 3-jam.

BAB 5

KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1 Kesimpulan dan Cadangan

Dalam kajian ini, model pusuan ribut yang diungkapkan daripada persamaan eksplisit dua-dimensi berintegrasi kedalaman telah digunakan bagi mengkaji pusuan ribut yang berlaku pada Malaysia. Daripada keputusan model, diperhatikan bahawa terdapat perbezaan daripada hasil simulasi dengan data yang sebenar. Ini adalah kerana semasa kajian dijalankan, data yang diperolehi tidak mencukupi untuk membantu dalam penentusahan keputusan simulasi ini.

Tetapi, berdasarkan hasil dapatan daripada simulasi atmosfera, nilai maksimum bagi halaju angin pada 27 Disember 1996 adalah sebanyak 21.78 ms^{-1} (rujuk Jadual 4.1). Walaupun nilai ini telah melebihi sedikit daripada nilai yang sebenar iaitu 19.4 ms^{-1} yang tercatat oleh BERNAMA tetapi ia masih menunjukkan bahawa model kita mencapai tahap kebolehpercayaan untuk mendapatkan input bagi pemodelan pusuan ribut tropika. Tambahan pula, syarat sempadan beradiasi yang memastikan gelombang ombak tidak memantul balik pada sempadan telah banyak meningkatkan prestasi model kajian ini. Dan ini juga telah mencapai matlamat objektif kajian ini iaitu perbandingan antara keputusan yang dicapai daripada simulasi model dengan data yang sebenar supaya penentusahan model dapat dilakukan.

Di samping itu, melalui kajian permodelan yang telah dijalankan, beberapa kesimpulan dapat dikenalpasti. Antaranya ialah bagi pusuan ribut yang dicetuskan oleh ribut tropika Greg, nilai maksimum ketinggian pusuan ribut yang dicapai adalah kira-kira 1.2 m sahaja iaitu lebih rendah jika berbanding dengan kes-kes pusuan ribut lain yang berlaku pada Laut China Selatan. Ini berlaku mungkin disebabkan jangka masa hidup siklon yang berlaku berhampiran garis khatulistiwa adalah pendek.

Berdasarkan kajian ini, dapat diperhatikan bahawa corak pembentukan ribut tropika dan pusuan ribut adalah akibat cetusan angin yang kuat pada permukaan paras air dan tekanan yang rendah pada pusat ribut. Dalam kajian ini, proses hidrodinamik bagi interaksi antara pusuan ribut dengan pasang surut adalah tidak dititikberatkan. Walaupun dalam kes yang sebenar, pusuan ribut banyak mempengaruhi arus pusuan ribut, pusuan ribut yang berlaku ketika air pasang akan mengakibatkan kemusnahan yang lebih dahsyat bagi kawasan pesisiran pantai.

Pemodelan pusuan ribut ini dapat diteruskan dengan menggunakan model hidrodinamik tiga dimensi yang dapat menggambarkan perubahan aliran air laut dan pusuan yang dicetuskan oleh ribut tropika serta pasang surut air laut. Model tiga dimensi ini yang berasaskan persamaan primitif dapat menyelesaikan masalah aliran laut dengan mempertimbangkan suhu air laut, ketumpatan air laut serta kesan barotropik terhadap kenaikan air laut. Dengan adanya keadaan air laut yang seiras dengan yang sebenar, model pusuan ribut yang lebih dinamik dapat dibentuk. Tambahan pula, data-data yang sebenar jika ada, dapat digunakan untuk menentusahkan model ini dengan lebih lanjut.

RUJUKAN

- Arakawa, A. dan Lamb, V.R. 1977. Computaional design of the basic dynamic processes of the UCLA general circulation mode. *Methods in Computational Physics*, 17:173-265.
- Arnold, R.J. dan Noye, B.J. 1986. A three-dimensional tidal and storm surge model of Bass Strait. Dlm. *Numerical Tidal Storm Surge Models of Bass Strait*, number 82/1023 in Report to Australian Marine Sciences and Technologies Scheme, appendix 4, hlm. 425-437. The University of Adelaide, South Australia. Australian Government Grant.
- Bauer, S.W. dan Schmidt, K.D. 1983. Irregular-grid finite difference simulation of Lake Geneva, surge. *Journal of hydraulic Engineering*, 109(10):1285-1297.
- Bernamea (1996). Malaysia News Service.
<http://www.adpc.net/infores/newsletter/1997/news-1.html>.
- Bills, P.J. dan Noye, B.J. 1984. Verification of a three-dimensional tidal model for coastal seas. Dlm. Noye, B.J. dan Fletcher, C.J., eds., *Computational Techniques and Applications: CTAC-83*, hlm. 394-410. The University of Sydney, New South Wales, Australia.
- Blumberg, A. F. 2002, A primer for ECOMSED user manual, version 1.3, report, Hydroqual, Inc., Mahwah, N. J.
- Borthwick, A. G. L., Leon, S. C., dan Jozsa, J. 2001. The shallow flow equations solved on adaptive quadtree grids. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 37:691-719.
- Burden, R.L, dan Faires, D.J. 2005. Numerical Analysis, Eight Editions. Thomson Brooks/Cole, United States of America.
- Chen, C. L. dan Lee, K. K. 1991. Great Lakes river-estuary hydrodynamic finite element model. *Journal of Hydraulic Engineering*, 117(11):1531-1550.
- Doty, B. 1995. *The Grid Analysis and Display Systems (GrADS): GrADS Manual, V1.5.12*. Available: www.cola.iges.org. 13/10/2006. 148 p.

- Fischer, G., 1959: Ein numerisches Verfahren zur Errechnung von Windstau und Gezeiten in Randmeeres Tellus 2, hlm. 60-76.
- Flather, R.A. dan Heaps, N.S. 1975. Tidal computations in Morecambe Bay. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, hlm 489-517.
- Gill, A. 1984. On the behavior of internal waves in the wakes of storms. *J. Phys. Oceanogr.*, 14: 1129-1151.
- Heaps, N.S., 1967. Storm surges. *Oceanography and Marine Biology – an Annual Review*, 5,11-47
- Heaps, N.S, 1983. Storm surges, 1967 – 1982. *Geophys. J. R. astr. Soc.* 74: 331-376
- Jelesnianski, C.P. 1965. A Numerical Computation of Storm Tides Induced by a Tropical Storm Impinging on a Continental Shelf, *Monthly Weather Review*, 93 (6), 343-358.
- Jelesnianski, C.P., 1992. Sea Lake and Overland Surges from Hurricanes, NOAA, Technical Report, NWS 48.
- Koh, H.L. (2004). *Pemodelan Alam Sekitar dan Ekosistem*. Penerbit University Sains Malaysia, Pulau Pinang, Malaysia.
- Koh, H.L, Izani, A.M., and Teh, S.Y. (2006). Applications of TUNA in Simulations of Tsunami and Storm Loy, K.C Surges in Malaysia and South China Sea. *Presented in Computer Science and Mathematics Symposium 2006*. KUSTEM, Malaysia.
- Loy, K.C. (2006). *Modeling Tide and Storm Surge In The East Coast Of Peninsular Malaysia*. Malaysia: University Sains Malaysia (degree of Master of Science Thesis).
- Moe, H., Ommundsen, A. dan Gjevik, B. 2002, A high resolution tidal model for the area around teh Lofoten Islands, Northern Norway. *Journal of Continental Shelf Research*. hlm 485-1263.
- Murty, T.S., Flather, R.A., Henry, R.F., 1986. The storm surge problem in the Bay of Bengal. *Progress in Oceanography* 16, hlm 195-233.
- Nakamura, S. (2001) *Numerical Analysis and Graphic Visualization with MATLAB: 2nd Edition*. Prentice Hall. 544p.
- O'Brien, J. J. dan Reid, R.O. 1967. The nonlinear response of a two-layer, baroclinic ocean to a stationary, axially symmetric hurricane. Part 1: Upwelling induced by momentum transfer. *J. Atmos. Sci.*

- Pond, S. dan Pickard, G.L. 1978. *Introductory dynamic oceanography*. Pergamon Press. London. Hlm 15-38.
- Robinson, I. S. (1983). *Physical oceanography of coastal and shelf seas of Elsevier Oceanography Series*, Jld. 35. Dlm. *Tidally induced residual flows* hlm. 321-356.
- Roy, G.D. (1995). Estimation of expected maximum possible water level along the meghna estuary using a tide and surge interaction model. *Journal of Environment Internationl*, Vol.21. Elsevier Pp671-677.
- Tang, M.Y., dan Grimshaw, R. 1999. *Recent Development in the Theory and Modelling of Storm Surge. Modelling Coastal Sea Processes*. Noye.B.J. (Editor). World Scientific Publishing Co. Australia. hlm 135-155.
- Tang, M.Y., Grimshaw, R, Sanderson, B. dan Holland, G. 1996. A Numerical Study of Storm Surge and Tides, with Application to the North Queensland Coast. *Journal of Physical Oceanography*. America Meterorological Society. Volume 26: hlm 2700-2711.
- Unisys(2009).Hurricane/Tropical Data for Western Pacific
http://weather.unisys.com/hurricane/e_pacific/2005/GREG/
- Zschau, J.A. (2003). *Early Warning Systems for Natural Disaster Reduction*. Springer, New York.

BIODATA PENULIS

Nama : Chin Jian Hwa
Alamat tetap : 966, Taman Bukit Sentosa,
Jalan Tun Dr Ismail,
70200, Seremban,
Negeri Sembilan.
Nombor Telefon : 012-6280037
E-mel : jianhwa_86@hotmail.com
Tarikh Lahir : 21 September 1986
Tempat Lahir : Hospital Besar Seremban, Negeri Sembilan.
Kewarnegaraan : Malaysia
Bangsa : Cina
Jantina : Lelaki
Agama : Budhha
Pendidikan :

Sekolah Rendah Kebangsaan Cina Pei Hua. (1993-1998)
Sekolah Menengah Kebangsaan St. Paul. (1999-2005)
Universiti Malaysia Terengganu. (2006-2009)

PEMODELAN PUSUAN RIBUT DI LAUT CHINA SELATAN AKIBAT RIBUT TROPIKA GREG - CHIN JIAN
HWA