

PEMODELAN PERMUKAAN OMBAK SPLIN-B KABUR

VALERIE CHIN YUNG WEI

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM MATEMATIK DENGAN GRAFIK BERKOMPUTER
FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

2016



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

ARKIB



UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: PENDELAN PERMUKAAN DMDAK SPLIN-B KABUR

IJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS (MATEMATIK DENGAN GRAFIK BERKOMPUTER)

SAYA: VALEISE (HIN) YUNG WEI SESI PENGAJIAN: 2013-2016
(HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan tesis *(LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT (Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD (Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana Penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

NORAZLYNNE MOHD JOHAN @ JACKLYNE

PERPUSTAKAAN Disahkan PUSTAKAWAN
UNIVERSITI MALAYSIA UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

[Signature]
(TANDATANGAN PENULIS)

[Signature]
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat tetap: P.O BOX 447 89053
KUDAT, SABAH

DR. ROZAIMI ZAKARIA
NAMA PENYELIA

Tarikh: 24/06/2016

Tarikh: 24/06/16

Catatan :-

- * Potong yang tidak berkenaan.
- * Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.
- * Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM)

PERPUSTAKAAN UMS



* 1000372224 *



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.



VALERIE CHIN YUNG WEI

(BS13110654)

18 MEI 2016

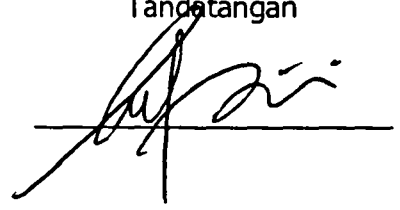
**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

DIPERAKUKAN OLEH

PENYELIA

(Dr. ROZAIMI ZAKARIA)

Tandatangan

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rozaimi', is written over a solid horizontal line.

PENGHARGAAN

Ribuan terima kasih saya ucapkan kepada individu yang telah banyak membantu saya sepanjang masa iaitu Dr Rozaimi Zakaria kerana beliau telah banyak memberikan nasihat dan bimbingan dalam menyiapkan projek ini. Beliau juga turut banyak berkongsi ilmu, maklumat dan memberikan tunjuk ajar kepada saya bagi menjayakan projek ini.

Selain itu, penghargaan kepada ibu bapa dan keluarga saya kerana mereka selalu memberikan sokongan jiwa dan motivasi sepanjang tempoh ini. Atas dorongan dan sokongan yang diberikan daripada mereka membolehkan saya terus berusaha untuk menyiapkan projek ini dalam tempoh masa yang telah ditetapkan.

Tidak lupa juga kepada rakan-rakan seperjuangan yang sama-sama berhempas pulas dalam menyempurnakan projek masing-masing. Mereka telah banyak berkongsi maklumat-maklumat yang berguna dalam menyiapkan projek ini. Perkongsian daripada rakan-rakan sangat bermakna dan telah meringankan beban saya. Bantuan sekalian dari segi informasi terkini mengenai projek akhir tahun amat saya hargai. Jasa baik kalian yang sanggup meluangkan masa untuk berkongsi maklumat tidak akan saya lupakan.

ABSTRAK

Di dalam kajian ini, pembinaan model permukaan splin-B kabur dibincangkan. Pemodelan tersebut diperkenalkan berasaskan kepada pemodelan geometri dan teori set kabur. Namun, masalah ketakpastian data yang wujud dalam titik data telah menyukarkan pembinaan model geometri. Oleh itu, pembinaan model permukaan splin-B kabur dibangunkan untuk menganalisa dan memodelkan set data ketakpastian. Ketakpastian data ditakrifkan dengan menggunakan konsep nombor kabur berdasarkan teori set kabur untuk mendapatkan titik data kabur. Proses pengkaburan yang melibatkan operasi potongan-alfa juga dibincangkan bagi mengurangkan selang kabur antara titik data kabur kiri-kanan dan titik data rangup. Model pengkaburan permukaan splin-B kabur juga dibina dengan memodelkan set titik data kabur yang diperolehi dengan fungsi permukaan splin-B. Kemudian, proses penyahkaburan terhadap titik data kabur selepas operasi potongan-alfa turut dibincangkan bagi memperoleh penyelesaian titik data kabur rangup yang bernilai tunggal. Model penyahkaburan permukaan splin-B dibina dengan memodelkan titik data yang telah dinyahkaburkan dengan fungsi permukaan splin-B. Akhirnya, model permukaan splin-B kabur rangup dihasilkan sebagai penyelesaian akhir. Bagi menguji dan memastikan kebolegunaan model yang dicadangkan, pemodelan permukaan splin-B kabur akan diaplikasikan terhadap permukaan ombak. Set data permukaan ombak dikaburkan pada unsur z iaitu data ketinggian bagi permukaan ombak. Ralat kecil diperolehi dengan membandingkan model penyahkaburan permukaan ombak dan model permukaan ombak rangup. Nilai ralat kecil tersebut menunjukkan kebolegunaan model adalah berkesan.

FUZZY B-SPLINE SURFACE MODELING OF WAVE SURFACE

ABSTRACT

This study discussed the construction of fuzzy B-spline surface model. The construction of this model is developed based on geometry modeling and the fuzzy number concept. However, the construction of a geometric model with the existence of uncertainty data points are difficult or unable to model them. Therefore, the construction of fuzzy B-spline surface model is developed to analyze and model the uncertainty data sets. The uncertainty data is defined using the fuzzy number concept to become fuzzy data point. The fuzzification process which involves alpha-cut operation is discussed so that it can obtain a fuzzy interval between left-right fuzzy data points and crisp data points. The fuzzy B-spline surface model is built by modeling the fuzzy data points with B-spline surface function. After the fuzzification process, defuzzification process is also discussed in order to obtain a fuzzy solution in a single value. The defuzzified B-spline surface model is built by modeling the data points that have been fuzzified with B-spline surface function. Finally, fuzzy B-spline surface crisp model is produced as the final result. To investigate the usability and effectiveness of the proposed model, the fuzzy B-spline surface model is applied to modeling of the uncertain data of wave. A small error is obtained to indicate that it can be used for terrain modeling.

KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL	xiii
SENARAI SINGKATAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Latar Belakang	2
1.3 Pernyataan Masalah Kajian	3
1.4 Matlamat Kajian	3
1.5 Objektif Kajian	4
1.6 Skop Kajian	4
1.7 Justifikasi	5
BAB 2 KAJIAN LITERATUR	
2.1 Pengenalan	6
2.2 Teori Set Kabur	6
2.3 Pemodelan Permukaan Kabur	7
2.3.1 Permukaan Kabur	7
2.4 Pemodelan Permukaan Splin-B Kabur	9
2.4.1 Splin-B Kabur	9
2.4.2 Permukaan Splin-B Kabur	10
2.5 Pemodelan Permukaan Ombak	11
2.6 Kesimpulan	11
BAB 3 KAEDAH KAJIAN	
3.1 Pengenalan	12
3.2 Teori Set Kabur	12



3.3	Nombor Kabur	13
3.3.1	Segitiga Nombor Kabur	13
3.3.2	Trapezoid Nombor Kabur	14
3.4	Hubungan Kabur	15
3.5	Model Splin-B Rangup	16
3.5.1	Lengkung Splin-B Rangup	16
3.5.2	Model Permukaan Splin-B	17
3.6	Carta Aliran	19
3.7	Kesimpulan	20
BAB 4 REKA BENTUK DAN IMPLEMENTASI		
4.1	Pengenalan	21
4.2	Pembentukan Model Permukaan Splin-B Kabur	21
4.2.1	Pengenalan	21
4.2.2	Titik Data/Kawalan Kabur	22
4.2.3	Pengkaburan Titik Data/Kawalan Kabur	25
4.2.4	Titik Data/Kawalan Penyahkaburan	28
4.2.5	Pembinaan model Lengkung Splin-B Kabur	32
4.2.6	Pembinaan Model Permukaan Splin-B Kabur	33
4.2.7	Sifat-sifat Asas Permukaan Splin-B Kabur dan Contoh	34
4.2.8	Pembinaan Model Pengkaburan Permukaan Splin-B	42
4.2.9	Pembinaan Model Penyahkaburan Permukaan Splin-B	44
4.3	Algoritma Pemodelan Model Permukaan Splin-B Kabur yang Memodelkan Titik Data/Kawalan Kabur	46
4.4	Kesimpulan	49
BAB 5 HASIL DAN PERBINCANGAN		
5.1	Pengenalan	50
5.2	Pemodelan Permukaan Ombak	50
5.3	Pemodelan Permukaan Splin-B Kabur terhadap Permukaan Ombak	51
5.3.1	Bentuk Titik Data Kabur	52
5.3.2	Model Permukaan Ombak Kabur	52
5.3.3	Model Pengkaburan Permukaan Ombak Kabur	53
5.3.4	Model Penyahkaburan Permukaan Ombak Kabur	56
5.3.5	Algoritma	57

5.3.6	Kebolehpercayaan Model Permukaan Ombak Kabur	57
5.4	Perbincangan	58
5.5	Kesimpulan	58
BAB 6	KESIMPULAN	
6.1	Kesimpulan	59
6.2	Pencapaian Objektif	59
6.3	Kajian Masa Hadapan	60
	RUJUKAN	61

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
4.1	Hasil nilai titik kabur kiri dan titik kabur kanan selepas operasi potongan-alfa dengan nilai yang berbeza.	28

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat	
2.1	Permukaan TIN kabur.	8
2.2	Permukaan <i>Kriging</i> kabur.	8
2.3	Permukaan <i>thin plate splin</i> kabur.	9
3.1	Segitiga nombor kabur, $\tilde{A} = (a, d, c)$.	14
3.2	Trapezoid nombor kabur, $\tilde{A} = (a, d, c, d)$.	15
3.3	Lengkung splin-B rangup dengan 6 titik kawalan.	17
3.4	Contoh bentuk permukaan splin-B dengan 16 titik kawalan.	18
3.5	Carta aliran bagi proses pemodelan aplikasi.	19
4.1	Proses pentakrifan titik data kabur dalam bentuk simetri.	23
4.2	Proses pentakrifan titik data kabur dalam bentuk tidak simetri.	24
4.3	Proses pengkaburan titik data kabur dalam bentuk tidak simetri.	26
4.4	Pengkaburan titik data kabur dalam bentuk simetri.	27
4.5	Pengkaburan titik data kabur dalam bentuk simetri dengan nilai α yang berbeza.	27
4.6	Proses penyahkaburan titik data.	30
4.7	Carta aliran bagi proses pentakrifan data ketakpastian.	31
4.8	Lengkung splin-B kabur dengan 5 titik data kabur.	33
4.9	Model permukaan splin-B kabur.	34
4.10	Model permukaan splin-B kabur dengan pengkaburan pada paksi x.	36
4.11	Model permukaan splin-B kabur dengan pengkaburan pada paksi y.	37
4.12	Model permukaan splin-B kabur dengan pengkaburan pada paksi z.	37
4.13	Model permukaan splin-B kabur dengan pengkaburan komponen (x,y,z) berpenjuru kiri-kanan.	38

4.14	Model permukaan splin-B kabur dengan pengkaburan komponen (x,y,z) berpenjuru kanan-kiri.	39
4.15	Model permukaan splin-B kabur melalui penyesuaian sebahagian data kabur pada paksi x.	40
4.16	Model permukaan splin-B kabur melalui penyesuaian sebahagian data kabur pada paksi y.	40
4.17	Model permukaan splin-B kabur melalui penyesuaian sebahagian data kabur pada paksi z.	41
4.18	Model permukaan splin-B kabur melalui penyesuaian sebahagian data kabur pada berpenjuru kiri-kanan.	41
4.19	Model permukaan splin-B kabur melalui penyesuaian sebahagian data kabur pada berpenjuru kanan-kiri.	42
4.20	Model pengkaburan permukaan splin-B dengan $\alpha = 0.2$.	43
4.21	Model pengkaburan permukaan splin-B dengan $\alpha = 0.5$.	43
4.22	Model pengkaburan permukaan splin-B dengan $\alpha = 0.8$.	44
4.23	Model permukaan splin-B kabur selepas proses penyahkaburan.	45
4.24	Carta aliran algoritma pemodelan model permukaan splin-B yang memodelkan titik data kabur.	47
4.25	Carta aliran pemodelan model permukaan splin-B yang memodelkan titik data kabur.	48
5.1	Permukaan ombak rangup.	51
5.2	Permukaan ombak rangup dengan titik kawalan.	51
5.3	Set titik data kabur permukaan ombak.	52
5.4	Model permukaan ombak kabur.	53
5.5	Model pengkaburan permukaan ombak dengan nilai $\alpha = 0.2$.	54
5.6	Model pengkaburan permukaan ombak dengan nilai $\alpha = 0.5$.	55
5.7	Model pengkaburan permukaan ombak dengan nilai $\alpha = 0.8$.	55
5.8	Model penyahkaburan permukaan ombak kabur.	56

SENARAI SIMBOL

α	alfa
\subset	subset
\subseteq	subset sama dengan
\in	unsur kepada
\notin	bukan unsur kepada
$\tilde{\in}$	unsur kabur kepada
	iaitu
$\sum_{i=0}^n$	penjumlahan dari $i = 0$ ke n
\forall	bagi setiap
\mathbb{R}	nombor nyata
$\mu(x)$	fungsi keahlian

SENARAI SINGKATAN

SMG	Sistem Maklumat Geografi
TIN	<i>Triangulated Irregular Network</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Pada masa kini, matematik telah menjadi ilmu asas atau perantaraan bagi pelbagai tujuan ilmu dan kehidupan. Model matematik diperlukan untuk tujuan menganalisis data, merekabentuk dan membuat keputusan (Wahab, 2008). Dengan menggunakan pemodelan geometri berbantuan komputer, data boleh dianalisis dengan lebih mudah dan senang ditafsirkan kerana bentuk lengkung dan permukaan akan divisualisasikan daripada data-data yang dikumpul. Biasanya, manusia akan memahami lebih cepat dengan merujuk kepada gambaran lengkung dan permukaan.

Namun, pemodelan geometri tidak dapat menyelesaikan masalah ketakpastian yang wujud dalam set data sekiranya suatu data yang dikumpul mempunyai sifat ketakpastian. Model-model rangup yang sedia ada tidak berupaya mengatasinya dengan berkesan kerana data yang mempunyai sifat ketakpastian akan diabaikan menyebabkan keputusan pemodelan bukan lagi yang terbaik. Permasalahan sifat-sifat ketakpastian ini biasanya tidak boleh ditangani melalui kaedah statistik (Wahab, 2008). Oleh itu, masalah tersebut merupakan satu cabaran yang perlu kita tangani. Masalah ini berlaku atas beberapa sebab, iaitu kesilapan manusia, kemampuan mesin yang terbatas dan pengaruh alam sekitar.

Oleh yang demikian, pendekatan teori set kabur telah diperkenalkan untuk bergabung dengan pemodelan geometri supaya masalah ketakpastian dalam data-data yang dikumpul dapat dikurangkan. Teori set kabur adalah perwakilan matematik untuk menyelesaikan masalah data ketakpastian. Kemunculan pemodelan geometri dan kelebihan splin-B akan dibincangkan dalam bab ini. Biasanya, pemodelan geometri dimodelkan dengan set data melalui perwakilan lengkung dan permukaan yang menggunakan konsep nombor kabur. Set titik data yang digunakan untuk mentakrifkan ketakpastian data akan menjadi titik data kabur (Zakaria *et al.*, 2014). Konsep nombor kabur digunakan untuk mentakrifkan ketakpastian data manakala



operasi potongan-alfa pula digunakan untuk mengurangkan selang kabur yang dibina melalui titik data kabur (Dubois & Prade, 1980).

1.2 Latar Belakang

Kajian ini menumpukan kepada penggunaan fungsi splin-B bagi memodelkan data permukaan kabur. Lengkung splin-B merupakan suatu bentuk penghampiran kepada set titik kawalan rangup yang dirujuk sebagai poligon de Boor. Lengkung splin-B rangup dapat mengatasi kekurangan lengkung Bezeir iaitu sudut lengkung Bezier yang bergantung kepada bilangan titik kawalan dan tidak mempunyai sifat kawalan secara setempat (Solomon, 2006). Apabila satu titik kawalan Bezeir berubah maka seluruh lengkung atau permukaan Bezier berubah. Oleh sebab Bezier mempunyai batasan yang tidak sesuai untuk membentuk model geometri yang kompleks maka fungsi Bezier diperluaskan dengan penambahan vektor knot bagi membentuk satu fungsi asas splin-B (Wahab *et al.*, 2010). Lengkung splin-B rangup mempunyai kelebihan tersendiri berbanding dengan lengkung Bezier. Antara kelebihan adalah lengkung splin-B rangup merupakan cebisan polinomial iaitu penggubahan segmen lengkung polinomial yang boleh mereka bentuk geometri yang licin dan bersifat kawalan secara setempat. Polinomial Bernstein ditukar kepada fungsi asas splin-B yang memiliki ciri-ciri penting dalam reka bentuk iaitu sifat kawalan lengkung atau permukaan rangup secara setempat. Ciri-ciri tersebut tidak dapat dicari dalam fungsi asas Bernstein.

Masalah data ketidakpastian turut akan dikaji dengan menggunakan teori set kabur. Teori set kabur juga dijadikan asas penting dalam kajian ini. Teori set kabur diperkenalkan oleh Lofti A. Zadeh pada tahun 1965. Kemudian, teori set kabur diperluaskan sebagai model umum bagi masalah ketidakpastian yang digunakan dalam pelbagai bidang sains dan kejuruteraan. Konsep nombor kabur adalah lanjutan daripada teori set kabur. Teori ini digunakan untuk menyelesaikan masalah data yang bersifat ketidakpastian. Dengan pendekatan teori set kabur yang diperkenalkan oleh Zadeh, maka teori ini menjadi fokus dan rujukan utama dalam kajian ini bagi menangani masalah ketidakpastian. Teori set kabur membawa kepada logik kabur. Dalam logik klasik, pernyataan hanya ditulis sama ada benar atau palsu iaitu nilai kebenaran 1 atau 0. Dalam logik kabur, nilai keahliannya boleh berada di antara 0 dengan 1 iaitu selang $[0,1]$. Ciri ini membolehkan penyingkiran kesimpulan yang

tidak tepat dari satu koleksi premis yang tidak tepat. Pusat kepada sistem kabur adalah berdasarkan pengetahuan yang dipanggil sebagai peraturan jika-maka.

Teori set kabur dan model permukaan splin-B digunakan dalam pemodelan permukaan ombak dengan menggunakan komputer. Oleh itu, permukaan splin-B dan teori set kabur akan dikaji secara mendalam dalam kajian ini. Titik data permukaan akan digunakan dalam pembentukan permukaan. Permukaan kabur splin-B dijana dengan menggunakan titik data kabur. Nombor kabur dalam pentakrifan set data ketidakpastian digunakan bagi memodelkan permukaan kabur dengan menggunakan fungsi splin-B. Model splin-B kabur ditakrifkan berdasarkan fungsi splin-B. Proses penyahkaburan dijalankan bagi memperolehi nilai tunggal dari penyelesaian kabur. Model permukaan splin-B kabur adalah penting bagi memodelkan kedua-dua data rangup dan data kabur. Secara ringkasnya, kepentingan nombor kabur dalam mentakrifkan set data ketidakpastian seterusnya dimodelkan menggunakan fungsi permukaan splin-B amat penting dalam memberi satu permukaan yang lengkap iaitu set data yang dimodelkan tersebut mempunyai kedua-dua set data lengkap dan set data ketidakpastian (Zakaria *et al.*, 2014).

1.3 Pernyataan Masalah Kajian

Penglibatan teori set kabur dalam menyelesaikan masalah data ketakpastian amat meluas pada masa terkini. Salah satu sebab kewujudan data ketakpastian adalah kesilapan manusia daripada proses memperolehi data kerana data-data yang diukur oleh manusia secara manual dianggap tepat dan tidak mempunyai ralat. Anggapan ini adalah tidak benar kerana kewujudan data ketakpastian adalah tidak dapat dielakkan. Kemudian, ralat-ralat yang timbul ini telah menyebabkan data menjadi tidak pasti. Faktor persekitaran juga menjadi sebab kewujudan data ketakpastian. Sebagai contohnya, air pasang surut akan mengakibatkan data-data yang dikumpul mengandungi ketakpastian. Oleh sebab itu, data-data tersebut tidak dapat digunakan secara langsung bagi menganalisa dan menghasilkan model (Zakaria *et al.*, 2014). Selain itu, bentuk bot adalah faktor fizikal menyebabkan kewujudan data ketakpastian. Bentuk bot yang berbeza menghasilkan ombak yang berlainan. Ini juga bersamaan dengan saiz boat dan kelajuan bot. Oleh itu, beberapa masalah akan dikaji dalam kajian ini:

- i. Mengkaji masalah pembinaan model geometri untuk lengkung dan permukaan berdasarkan titik data ketakpastian.
- ii. Mengkaji model yang dihasilkan dengan lengkung dan permukaan menggunakan splin-B kabur.
- iii. Pembinaan model pengkaburan dan penyahkaburan bagi lengkung dan permukaan.
- iv. Pelaksanaan model kabur dan penyahkaburan terhadap set data ketakpastian.

1.4 Matlamat Kajian

Matlamat utama kajian ini adalah untuk merekabentuk permukaan ombak dengan menggunakan model permukaan splin-B kabur.

1.5 Objektif Kajian

Antara objektif utama yang perlu dicapai dalam kajian ini ialah:

- i. Mentakrifkan ketakpastian data yang wujud dengan menggunakan konsep nombor kabur berdasarkan teori set kabur.
- ii. Membangunkan model pengkaburan dan penyahkaburan permukaan splin-B.
- iii. Mengaplikasikan model permukaan splin-B kabur terhadap ketakpastian permukaan ombak.

1.6 Skop Kajian

Kajian ini mengaplikasikan model permukaan ombak dengan menggunakan permukaan splin-B. Kaedah geometri yang akan dikaji adalah hanya fungsi splin-B. Fungsi splin-B akan dimanipulasikan dalam pembangunan permukaan kabur. Model permukaan kabur dibangunkan dengan menggunakan fungsi permukaan splin-B berdasarkan teori set kabur. Data 3-dimensi permukaan ombak akan dimodelkan dengan menggunakan model permukaan splin-B kabur. Data yang dikumpul untuk pemodelan adalah 40 titik data. Hanya sebahagian kecil permukaan ombak Sungai Sangga Kecil, Taiping, Perak yang akan dimodelkan dengan menggunakan 40 titik data. Kajian ini dilaksanakan dengan menggunakan perisian *Mathematica*.

1.7 Justifikasi

Kajian ini memainkan peranan yang penting untuk mengenalpasti data ketakpastian. Ketakpastian data tersebut selalunya disingkirkan daripada set data yang digunakan untuk dianalisa. Situasi ini akan menyukarkan pengkaji untuk mendapatkan kesimpulan atau penyelesaian daripada set data yang bersifat ketakpastian. Penggunaan teori set kabur boleh menyelesaikan masalah ketakpastian data dalam pembinaan permukaan yang mengandungi data ketakpastian. Selain itu, nombor kabur dalam pentakrifan ketakpastian data juga adalah penting bagi memodelkan permukaan kabur dengan menggunakan fungsi splin-B supaya satu permukaan yang lengkap dapat dihasilkan iaitu permukaan yang mewakili set data yang mempunyai kedua-dua set data lengkap dan data ketakpastian.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Bab ini akan membincang beberapa dapatan kajian yang lepas dan sorotan kepustakaan kajian dalam bidang teori set kabur dan pemodelan geometri. Antaranya ialah teori set kabur, nombor kabur, splin-B kabur, pemodelan permukaan splin-B kabur. Seksyen pertama membincangkan teori set kabur yang memainkan peranan penting dalam kajian ini. Seksyen kedua mengkaji tentang sebab-sebab pemodelan permukaan kabur dan penjelasan asas permukaan kabur serta beberapa kajian lepas tentang pemodelan permukaan splin-B kabur. Pemodelan permukaan ombak pula akan dikaji dalam Bab 5.

2.2 Teori Set Kabur

Pada tahun 1965, teori set kabur telah diperkenalkan oleh Professor Lofti A. Zadeh. Dengan wujudnya teori set kabur, ia banyak digunakan bagi menangani masalah ketakpastian yang bersifat tidak tentu dalam sistem kawalan dan kejuruteraan dengan memperluaskan set rangup kepada set kabur. Sifat tidak tentu tersebut menjadi halangan untuk membuat keputusan dengan tepat. Teori nombor kabur yang banyak digunakan ialah konsep nombor kabur yang dibincang oleh Dubois dan Prade (Dubois & Prade, 1980). Konsep nombor kabur mengelaskan fungsi keahlian kepada nombor dalam bentuk fungsi L dan R iaitu kiri dan kanan. Oleh itu, konsep nombor kabur digunakan untuk mentakrifkan data yang bersifat tidak tentu (Zadeh, 1965). Konsep nombor kabur daripada teori set kabur telah digunakan untuk menyelesaikan masalah data tidak tentu (Zadeh, 1965). Ketakpastian data ini boleh dimodelkan dengan menggunakan beberapa pendekatan yang dibangunkan dalam teori set kabur. Secara matematik, set kabur adalah dikenali sebagai fungsi keahlian dari set semesta dalam selang $[0,1]$. Sejak beberapa tahun kebelakangan ini, aplikasi teori set kabur telah mendapat perhatian dan beberapa artikel penyelidikan dilakukan untuk menunjukkan aplikasi ini sesuai untuk menyelesaikan masalah ketakpastian.



2.3 Pemodelan Permukaan Kabur

Permukaan memainkan peranan penting dalam bidang geografi bagi menganalisa data. Namun, terdapat beberapa faktor yang tidak dapat dielakkan, iaitu data yang telah dikumpul mengandungi ralat dan bersifat ketakpastian. Dalam bahagian ini, kajian lepas yang berkaitan dengan permukaan kabur akan dibincangkan.

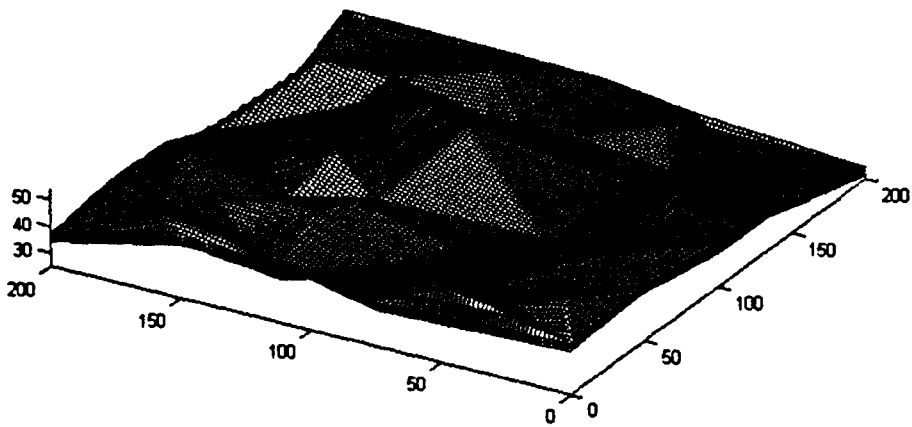
2.3.1 Permukaan Kabur

Data permukaan yang telah dikumpul adalah tidak tepat akibat daripada data ketakpastian. Apabila proses pemodelan dijalankan dengan menggunakan data-data ketakpastian tersebut, data ketidakpastian yang dikaji dengan menggunakan data kabur akan membentuk satu permukaan kabur bagi memodelkan sesuatu permukaan seperti permukaan bumi dan permukaan dasar laut (Lodwick, 2007).

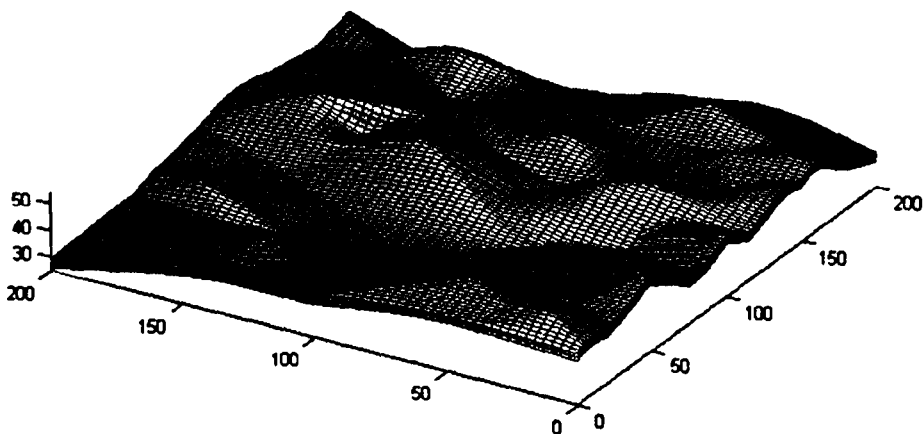
Permukaan kabur merupakan suatu permukaan dengan setiap koordinat x , y dan z telah dikaitkan dengan ketakpastian set. Sebagai contoh, koordinat z . Nombor kabur adalah perwakilan bagi nilai-nilai z yang mungkin. Nombor kabur merupakan kes khas dari set kabur yang mewakili nilai yang tidak jelas atau tidak tepat. Semasa membuat keputusan, nilai modal (*kernel*), nilai minimum dan maksimum (sokongan) dalam nombor kabur adalah penting. Aplikasi prinsip perluasan Zadeh mencadangkan nombor kabur boleh digunakan untuk pengiraan. Aplikasi ini juga diperkenalkan sebagai aritmetik kabur atau matematik kabur. Operasi yang boleh dilakukan dengan nombor kabur juga boleh dilakukan pada nombor rangup. Pengiraan nombor kabur akan menghasilkan nombor kabur yang mengandungi ketidakpastian yang mempunyai nilai input. Oleh itu, cara yang sama boleh menganalisis permukaan kabur seperti permukaan klasik (Wahab *et al.*, 2010).

Pemodelan geometri kabur dibangunkan bagi membina permukaan yang konsisten dengan ketidakpastian dalam data dan permukaan model tersebut. Permukaan yang dihasilkan daripada nilai potongan-alfa yang lebih tinggi pada data kabur juga terdapat dalam permukaan yang dihasilkan daripada nilai potongan-alfa yang lebih rendah. Permukaan 2-dimensi dan 3-dimensi dari data kabur telah dibangunkan untuk splin kubik dan model rupa bumi digital yang dihasilkan dari tiga pepenjur. Ini menghasilkan kelancaran dan kesinambungan kaedah penjanaan permukaan dikekalkan pada setiap peringkat permukaan (Lodwick & Santos, 2003).

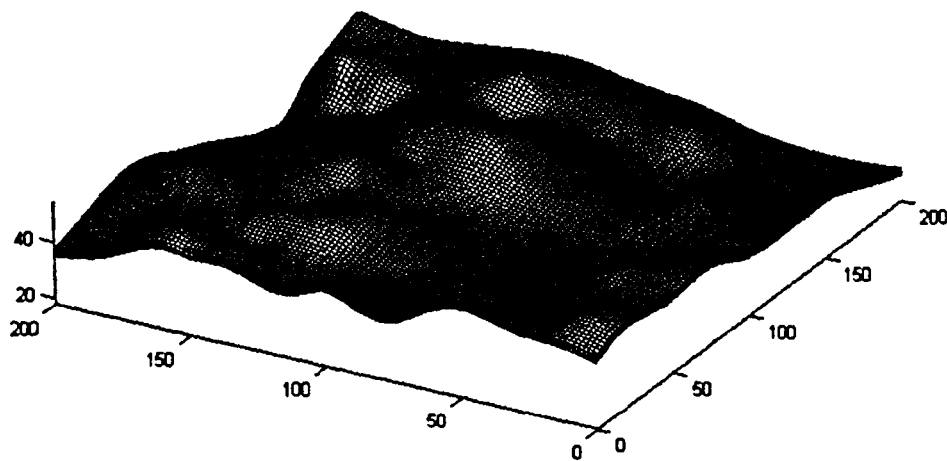
Dalam pemodelan permukaan topografi, masalah Sistem Maklumat Geografi (SMG) yang terkenal adalah daripada set data yang terhingga. Menurut Santos *et al.* (2002), bagi menggabungkan ketidakpastian dalam model rupa bumi, satu kaedah telah dicadangkan. Faktor wujudnya ketidakpastian di dalam pengetahuan yang tidak lengkap terhadap kajian permukaan seperti wujudnya data ketidakpastian di dalam data yang dikumpul dan juga penggambaran fenomena dalam pilihan model. Teori set kabur digunakan untuk menangani masalah data ketidakpastian. Interpolasi linear kabur berdasarkan *Triangulated Irregular Network* (TIN) digunakan bagi mengagihkan titik data tidak sekata. *Kriging* kabur dan *thin plate spline* kabur merupakan cara interpolasi terkenal bagi titik data yang diedarkan secara tidak sekata dan boleh diitlakkan kepada interpolasi kabur.



Rajah 2.1 Permukaan TIN kabur. (Sumber: Santos *et al.*,2002)



Rajah 2.2 Permukaan *Kriging* kabur. (Sumber: Santos *et al.*,2002)



Rajah 2.3 Permukaan *thin plate splin* kabur. (Sumber: Santos *et al.*,2002)

Merujuk kepada Rajah 2.1, 2.2, dan 2.3, permukaan *thin plate splin* kabur adalah lebih licin daripada permukaan *Kriging* kabur dan permukaan TIN kabur. Justeru itu, kaedah interpolasi yang berlainan menjana permukaan yang berlainan daripada set data yang sama dan menjadi salah satu sumber ketidakpastian.

2.4 Pemodelan Permukaan Splin-B Kabur

Kewujudan data ketakpastian memberi kesukaran dalam pembinaan reka bentuk geometri. Isu-isu ketakpastian tersebut mengakibatkan model dan objek asal berbeza (Gallo *et al.*, 2000). Splin-B kabur dan permukaan splin-B kabur akan dibincangkan.

2.4.1 Splin-B Kabur

Sebelum model splin-B diperkenalkan, model bezier dikembangkan dan digunakan oleh ramai penyelidik bagi menyelesaikan masalah data yang tidak tentu. Namun, model bezier terdapat tiga kelemahan utama. Pertama, darjah lengkung bezier bergantung kepada jumlah bilangan titik kawalan. Ini bermakna, jumlah bilangan titik kawalan yang banyak digunakan memerlukan darjah polinomial yang tinggi. Kedua, model bezier tidak mempunyai sifat kawalan setempat. Ketiga, sekiranya kedudukan satu titik kawalan diubah maka seluruh lengkung dan permukaan juga berubah. Dengan penambahan vektor knot ranggup ke dalam model bezier menjadikan model yang baru, iaitu model splin-B. Model splin-B diperkenalkan pada awal tahun 1940 tetapi dikembangkan oleh beberapa penyelidik terutamanya R.Riesenfeld pada tahun 1970 (Solomon, 2006) bagi mengatasi kekurangan model bezier.

Menurut *Anile et al.* (2000), pengitlakan splin-B kepada splin-B kabur telah dicadangkan sebagai kaedah bagi pemodelan ketakpastian data. Kegunaan splin-B dalam fungsi penghampiran data kabur dan data rangup menjadi kelebihan kepada splin-B kabur. Berdasarkan data nyata yang diberi, penggunaan proses potongan-alfa akan menghasilkan sekurang-kurangnya tiga lengkung. Lengkung yang dihasilkan dengan data rangup adalah lengkung pertama, hasil lengkung dengan menggunakan data kabur kiri dan kanan adalah lengkung kedua dan ketiga.

Nilai knot dan fungsi baru ini dapat mengawal perubahan lengkung dan permukaan dalam poligon yang disebabkan oleh suatu perubahan titik kawalan kabur. Bilangan nilai knot berhubung rapat dengan titik kawalan kabur kerana peringkat dan darjah suatu lengkung atau permukaan akan ditentukan (*Wahab et al.*, 2004).

Menurut *Wahab et al.* (2010), titik kawalan kabur dan titik kawalan penyahkaburan digunakan untuk membina model splin-B kabur sebagai perwakilan lengkung dengan data ketakpastian. Kaedah penghampiran splin-B kubik digunakan untuk menggambarkan lengkung splin-B. Kaedah pengkaburan dan penyahkaburan adalah teknik bagi menyelesaikan masalah titik data ketakpastian. Untuk memperolehi model lengkung splin-B bersifat kepastian, titik kawalan kabur perlu dinyahkaburkan dahulu. Selepas proses penyahkaburan, lengkung splin-B penyahkaburan yang berbentuk tunggal dihasilkan dan lengkung penyahkaburan berbeza dengan lengkung rangup. Akhirnya, model lengkung splin-B kabur ini dapat menjana model permukaan splin-B kabur yang licin (*Wahab et al.*, 2010).

2.4.2 Permukaan Splin-B Kabur

Splin-B kabur dicadangkan sebagai pendekatan untuk pengekodan ketakpastian dan pengurangan data dalam pemodelan permukaan kerana pendekatan geometri klasik tidak menyokong pengekodan ketakpastian atau visualisasi. Splin-B kabur dapat mewakili kedua-dua data permukaan rangup dan data ketakpastian data.

Menurut *Gallo et al.* (2000), pemodelan permukaan Gunung Etna telah menggunakan model splin-B kabur yang baru dibangunkan. Pendekatan pemodelan ini mengambil kira ketakpastian yang mungkin memberi kesan kepada permukaan dan penyuaian antara penghampiran splin-B dengan teori set kabur. Hasil splin-B kabur memberi satu rangkaian kerja dalam mengkaji model permukaan pada tahap yang berbeza dalam kebolehpercayaan dan dapat memperhalusi model tersebut mengikut darjah sesuatu aplikasi tertentu. Splin-B kabur dapat mengurangkan

RUJUKAN

- Anile, A. M., Falcidieno, B., Gallo, G., Spagnuolo, M. & Spinello, S. 2000. Modeling uncertain data with fuzzy B-splines. *Fuzzy sets and systems*, **113**(2000): 397-410.
- Anile, A. M. & Spinella, S. 2004. Modeling Uncertain Sparse data with Fuzzy B-splines. Kluwer Academic Publishers, **10**(5): 335-355.
- Dubois, D. & Prade, H. 1980. System of linear fuzzy constraints. *Fuzzy Sets and Systems* **3**.
- Gallo, G., Spagnuolo, M. & Spinello, S. 2000. Fuzzy B-Splines: A Surface Model Encapsulating Uncertainty. *Graphical Models*, **62**: 40-55.
- Lee, K. H. 2005. *First Course on Fuzzy Theory and Applications*. Springer Science+Business Media, German.
- Lichy, C. & Berkhahn, V. 2000. B-Spline Surface Modeling with Adaptive de Boor Grids in Hydroinformatics. *IFIP-The International Federation for Information Processing*, **39**: 78-87.
- Lodwick, W. A. 2007. *Fuzzy Surfaces in GIS and Geographical Analysis: Theory, Analytical Methods, Algorithms, and Applications*. Taylor & Francis Group, USA.
- Lodwick, W. A. & Santos, J. 2003. Constructing consistent fuzzy surfaces from fuzzy data. *Fuzzy Sets and System*, **135**(2003): 259-277.
- Marsh, D. 2005. *Applied Geometry for Computer Graphics*. Second Edition. Springer, USA, ms. 136-138.
- Rogers, D. F. 2001. *An Introduction to NURBS with Historical Perspective*. Morgan Kaufmann Publishers, USA.

- Santos, J., Lodwick, W. A & Neumaier, A. 2002. A New Approach to Incorporate Uncertainty in Terrain Modeling. *Lecture Notes in Computer Science*, **2478**: 291-299.
- Solomon, D. 2006. *Curves and Surfaces for Computer Graphics*. Springer Science+Business Media, Inc., New York.
- Wahab, A. B., Ali, J. M., Majid, A. A & Abu Osman M. T. 2004. Fuzzy set in geometric modelling. *Computer Graphics, Imaging and Visualization*, 2004. (CGIV 2014), 26-29 July 2004, Penang, Malaysia.
- Wahab, A. B. 2008. *Permodelan Geometri Menggunakan Teori Set Kabur*. Universiti Sains Malaysia.
- Wahab, A. B., Ali, J. M., Majid, A. A., & Abu Osman, M. T. 2010. Penyelesaian Masalah Data Ketakpastian Menggunakan Splin-B Kabur. *Sains Malaysiana*, **39**(4): 661-670.
- Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy sets. *Information and Computation*, **8**: 338–353.
- Zakaria, R. & Wahab, A. B. & Ali, J.M. 2011. Fuzzy Interpolation Bezier Curve in Modeling Fuzzy Grid Data. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, **1**(9): 1006-1011.
- Zakaria, R. & Wahab, A. B. 2012. Fuzzy B-spline Modeling of Uncertainty Data. *Applied Mathematical Sciences*, **6**(140): 6971-6991.
- Zakaria, R. & Wahab, A. B. 2013. Fuzzy Set Theory in Modeling Uncertainty Data via Interpolation Rational Bezier Surface Function. *Applied Mathematical Sciences*, **7**(45): 2229-2238.
- Zakaria, R., Wahab, A. B. & Gobithaasan, R.U. 2014. Fuzzy B-Spline Surface Modeling. *Journal of Applied Mathematics*, **2014**: 1-8.