

**PEMBENTUKAN PERMUKAAN KABUR SPLIN-
B JENIS-2 NORMAL BAGI MODEL
TOPOGRAFI DASAR TASIK**

REEDZAL SHAHREEN BIN ADESAH

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**TESIS INI DIKEMUKAKAN UNTUK
MEMENUHI SYARAT MEMPEROLEH IJAZAH
SARJANA SAINS**

**FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2019**



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: **PEMBENTUKAN PERMUKAAN KABUR SPLIN-B JENIS-2 NORMAL BAGI MODEL TOPOGRAFI DASAR TASIK**

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

Saya **REEDZAL SHAHREEN BIN ADESAH** Sesi **2016-2019**, mengaku membenarkan tesis Sarjana ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis ini adalah hak milik 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 dalam AKTA RAHSIA 1972)

TERHAD

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

TIDAK TERHAD

REEDZAL SHAHREEN BIN ADESAH
MS1521025T

Disahkan Oleh,

NORAZLYNE MOHD JOHAN @ JAKLYNE
PUSTAKAWAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

(Tandatangan Pustakawan)

(Dr. Rozaimi Bin Zakaria)
Penyelia

Tarikh : 01 Ogos 2019

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya mengakui bahawa Tesis Sarjana ini merupakan hasil usaha dan kerja saya sendiri, melainkan petikan dan ringkasan yang setiap satunya saya telah jelaskan sumbernya.

01 OGOS 2019


.....
REEDZAL SHAHREEN BIN ADESAH
MS1521025T

PENGESAHAN

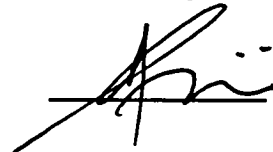
NAMA : REEDZAL SHAHREEN BIN ADESAH
NO. MATRIK : MS1521025T
TAJUK : PEMBENTUKAN PERMUKAAN KABUR SPLIN-B
JENIS-2 NORMAL BAGI MODEL TOPOGRAFI DASAR
TASIK
IJAZAH : SARJANA SAINS (MATEMATIK DENGAN GRAFIK
BERKOMPUTER)
TARIKH VIVA : 26 JUN 2019

DISAHKAN OLEH

PENYELIA

Dr. Rozaimi Zakaria

Tandatangan



PENGHARGAAN

Alhamdulillah, bersyukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah dan kurniaNya, akhirnya saya berjaya menyiapkan projek tahun akhir ini. Saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada penyelia saya, Dr. Rozaimi Zakaria atas segala bantuan, tunjuk ajar yang diberikan kepada saya serta bimbingan yang sangat bermakna untuk menyiapkan projek ini selain daripada sentiasa memberi kata-kata semangat di saat saya berputus asa serta Dr. Suzelawati Zenian yang banyak memberi bantuan kepada saya dalam penulisan tesis ini.

Ucapan setinggi-tinggi penghargaan ini juga ditujukan khas buat ibu serta kakak tercinta, Puan Sumarni Binti Murdi dan Cik Renny Daniyatie Binti Adesah atas doa dan sokongan padu dalam pelbagai aspek tidak kira rohani, jasmani, fizikal, mental mahupun dari aspek kewangan di sepanjang tempoh memastikan saya berjaya menyiapkan projek kajian ini.

Akhir sekali, ucapan terima kasih ini ditujukan buat rakan-rakan seperjuangan dalam program Matematik dengan Grafik Berkomputer dan M-GRAVs iaitu Puan Asdalifah Talibe, Myzra, Nana, Raima, Jamil, AJ dan juga Kak Siti yang telah banyak menyokong saya menyiapkan tesis ini dan banyak memberi semangat, dorongan positif dan motivasi terhadap saya dalam menyiapkan projek ini Tidak lupa juga sahabat handai saya iaitu Audey dan Farhah atas semangat yang diberikan tidak henti-henti, membantu saya dalam penulisan tesis serta sentiasa berada disisi saya ketika saya dalam berkeadaan putus asa. Terima kasih juga kepada semua yang telah membantu secara langsung dan tidak langsung dalam tempoh pemprosesan tesis ini.

REEDZAL SHAHREEN BIN ADESAH

9 MAC 2019

ABSTRAK

Proses pungutan data biasanya dilaksanakan dalam kebanyakan kajian dan pungutan data yang tepat amat penting bagi sesebuah kajian. Ini kerana, pungutan data yang tepat dapat memberikan hasil kajian yang memuaskan. Akan tetapi, masalah ketakpastian dalam sesebuah data boleh berlaku disebabkan beberapa faktor yang mengganggu proses pungutan data yang dijalankan. Data yang dipungut juga boleh diklasifikasikan sebagai data ketakpastian kompleks apabila berlakunya pertindihan faktor-faktor yang menyebabkan ketakpastian itu berlaku. Ketakpastian kompleks bermaksud ketakpastian yang berlandaskan kepada dua atau lebih ketaktentuan fizikal set data tersebut. Oleh yang demikian, keperluan satu teori dalam mentakrifkan masalah set data ketakpastian kompleks sangat dititikberatkan bagi menjadikan set data tersebut boleh ditaksirkan. Maka, teori set kabur jenis-2 (TSKJ2) dapat digunakan bagi menjadikan set data ketakpastian kompleks menjadi set titik data kabur jenis-2 (TDKJ2). Keadaan ini juga dapat dilakukan dengan penggunaan takrifan nombor kabur jenis-2 (NKJ2) dalam bentuk segitiga yang turut menjadikan selang NKJ2. Bagi kajian ini, set TDKJ2 ditakrifkan dalam bentuk normal. Untuk memodelkan set TDKJ2, fungsi yang digunakan adalah fungsi permukaan hasil darab splin-B. Fungsi ini terlebih dahulu ditakrifkan dalam bentuk fungsi permukaan splin-B kabur jenis-2. Kemudian, fungsi ini disuaikan dengan set TDKJ2 bagi menjadikan model permukaan splin-B kabur jenis-2 (PsBKJ2) dalam bentuk normal. Bagi mengadaptasikan model PsBKJ2, model topografi dasar tasik kenyrir dapat diimplementasikan. Ini disebabkan oleh set data topografi dasar tasik kenyrir mempunyai unsur-unsur ketakpastian kompleks apabila wujud tindanan ralat-ralat ketika set data ini direkodkan. Maka, bagi memperolehi unjuran topografi dasar tasik kenyrir secara lengkap, set data ketakpastian kompleks bagi topografi dasar tasik kenyrir amat diperlukan bagi menjalani proses analisis dan perihalan data dalam bentuk permukaan dapat dilakukan dengan sempurna dan lebih terperinci. Selain itu, proses-proses yang melibatkan proses pengkaburan, penurunan dan penyahkaburan dilakukan bagi memperolehi dapatan akhir model permukaan topografi dasar tasik kenyrir yang tunggal. Keberkesanan hasil pembentukan model permukaan topografi dasar tasik kenyrir ini terbukti apabila ralat yang diperolehi adalah bernilai kecil dan model yang digunakan dalam kajian ini dapat memodelkan set data yang berunsurkan ketakpastian kompleks.

ABSTRACT

THE FORMATION OF NORMAL TYPE-2 FUZZY B-SPLINE SURFACE FOR THE TOPOGRAPHY OF THE LAKEBED MODEL

Process of data collection are usually implemented in most researches and accurate data is very important for a research. This is because the accurate data collection can provide excellent results for a research. However, the problem of uncertainty in a data can occur due to several factors that interfere the process of data collection that is being carried out. The data collected may also be classified as complex uncertainty data as duplication of the factors causing the uncertainty to occur. Complex uncertainty means uncertainty based on two or more physical sets of data sets. Therefore, the need for a theory in defining complex uncertainty problem sets is very important in order to make the data set assessable. So, the Type-2 Fuzzy Set Theory (TSKJ2) is used to derived complex uncertainty sets to Type-2 Fuzzy Data Points (TDKJ2). This can also be done with the use of the Type-2 Fuzzy Number (NKJ2) definition in the form of triangle fuzzy number that also make the NKJ2 interval. For this study, TDKJ2 sets are defined in the normal form. The TDKJ2 model is done by using the function of the product of B-spline surface. Firstly, this function is defined in the form of type-2 fuzzy B-spline surface functions. Then, this function is adjusted with the TDKJ2 set to make the Type-2 Fuzzy B-spline Surface (PsBKJ2) in its normal form. To adapt the PsBKJ2 model, the lakebed topography model for Tasik Kenyir can be implemented. This is because the the lakebed topography model for Tasik Kenyir data sets have complex uncertainty elements when there is an error-overlay stack when this data set is recorded. Therefore, to obtain a complete the lakebed topography model for Tasik Kenyir projection, a complex uncertainty set for the lakebed topography model for Tasik Kenyir is needed to undergo analysis and data processing in the form of surface can be done perfectly and more detailed. In addition, processes involving the fuzzification, type-reduction and defuzzification processes are implemented to obtain the final findings of a single the lakebed topography model for Tasik Kenyir surface model. The effectiveness of the formulation of the the lakebed topography model for Tasik Kenyir surface model is proven when the errors obtained are small and the models used in this study are able to model complex uncertainties in a set of data.

SENARAI KANDUNGAN

	HALAMAN
TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SINGKATAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Latar Belakang Kajian	3
1.3 Pernyataan Masalah	6
1.4 Sorotan Literatur	7
1.5 Kepentingan Kajian	11
1.6 Objektif Kajian	11
1.7 Skop Kajian	12
1.8 Susunan Kandungan Tesis	12
1.9 Kesimpulan	13
BAB 2 TEORI SET KABUR JENIS-1 DAN JENIS-2	
2.1 Pengenalan	14
2.2 Set Kabur Jenis-1 dan Jenis-2	15
2.3 Jenis-jenis Set Kabur Jenis-2	17
2.4 Selang Set Kabur Jenis-2 Normal	20
2.4.1 Operasi Selang Set Kabur Jenis-2 Normal	21
2.4.2 Proses Pengkaburan terhadap Selang Set Kabur Jenis-2 Normal	24
2.4.3 Kaedah-Penurunan bagi Selang Set Kabur Jenis- 2 Normal	27



2.5	Nombor dan Aritmetik Kabur Jenis-2 Normal	29
	2.5.1 Nombor Kabur Jenis-2 Normal	29
	2.5.2 Aritmetik Kabur Jenis-2 Normal	32
2.6	Hubungan Kabur Jenis-2 Normal	33
2.7	Penyahkaburan bagi Set Kabur Jenis-2 Normal	34
2.8	Kesimpulan	34
BAB 3	TITIK KAWALAN DAN DATA KABUR JENIS-2 NORMAL	
3.1	Pengenalan	35
3.2	Titik Kawalan dan Data Kabur Jenis-2 Normal	37
3.3	Pengkaburan Titik Data Kabur Jenis-2	42
	3.3.1 Pengkaburan Titik Data Kabur Jenis-2 Normal	42
3.4	Operasi Potongan-Alfa terhadap Titik Kawalan dan Data Kabur Jenis-2 Normal	50
3.5	Model Penurunan Titik Kawalan dan Data Kabur Jenis-2 Normal	56
3.6	Model Penyahkaburan Titik Kawalan dan Data Kabur Jenis-2 Normal	61
3.7	Kesimpulan	65
BAB 4	PEMODELAN SPLIN-B KABUR JENIS-2 NORMAL	
4.1	Pengenalan	66
4.2	Pemodelan Lengkung dan Permukaan Splin-B Kabur Jenis-2	67
	4.2.1 Model Lengkung Splin-B Kabur Jenis-2	68
	4.2.2 Model Permukaan Splin-B Kabur Jenis-2	71
4.3	Pemodelan Lengkung dan Permukaan Splin-B Kabur Jenis-2 Normal	73
4.4	Pemodelan Pengkaburan Lengkung dan Permukaan Splin-B Kabur Jenis-2 Normal	75
4.5	Pemodelan Penurunan Lengkung dan Permukaan Splin-B Kabur Jenis-2 Normal	81
4.6	Pemodelan Penyahkaburan Lengkung dan Permukaan Splin-B Kabur Jenis-2 Normal	86

4.7	Kesimpulan	90
BAB 5	PELAKSANAAN MODEL PERMUKAAN SPLIN-B KABUR JENIS-2 NORMAL	
5.1	Pengenalan	91
5.2	Pentakrifan Data Batimetri Tasik Kenyir Kabur Jenis-2 Normal	93
5.3	Pelaksanaan Model Permukaan Dasar Tasik Kenyir Kabur Jenis-2 Normal	98
	5.3.1 Pemodelan Data Batimetri Tasik Kenyir Kabur Jenis-2 Normal	98
	5.3.2 Proses Pengkaburan Data Batimetri Tasik Kenyir Kabur Jenis-2 Normal	100
	5.3.3 Proses Penurunann Data Batimetri Tasik Kenyir Kabur Jenis-2 Normal	103
	5.3.4 Proses Penyahkaburan Data Batimetri Tasik Kenyir Kabur Jenis-2 Normal	105
5.4	Pengesahan Model Permukaan Dasar Tasik Kenyir Kabur Jenis-2 Normal	107
5.5	Perbincangan Kesimpulan	109
BAB 6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
6.1	Kesimpulan Kajian	111
6.2	Hasil dan Sumbangan Kajian	112
6.3	Cadangan Kajian Lanjutan	113
RUJUKAN		115

SENARAI JADUAL

	HALAMAN
Jadual 2.1: Operasi kesatuan dan persilangan bagi penggabungan SSKJ2N.	24
Jadual 3.1: Contoh nilai-nilai bagi setiap TKKJ2N	52
Jadual 3.2: Contoh berangka operasi potongan-alfa terhadap TKKJ2N dengan $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$ iaitu $\alpha = 0.5$.	54
Jadual 3.3: Contoh berangka operasi potongan-alfa terhadap TKKJ2N dengan $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$ iaitu $\alpha = 0.8$.	56
Jadual 3.4: Contoh berangka proses perolehan KP- α -TKKJ2N, \widetilde{FP}_α dengan nilai alfa $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$ iaitu $\alpha = 0.5$.	60
Jadual 3.5: Contoh berangka proses perolehan KP- α -TKKJ2N, \widetilde{FP}_α dengan nilai alfa $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$ iaitu $\alpha = 0.8$.	60
Jadual 3.6: Contoh berangka proses penyahkaburan untuk TKKJ2N.	62

SENARAI RAJAH

	HALAMAN
Rajah 1.1: Komponen-komponen di dalam TSKJ2	9
Rajah 2.1: Ilustrasi struktur set kabur di dalam set semesta	16
Rajah 2.2: Ilustrasi bagi fungsi keahlian jenis-2	17
Rajah 2.3: Jenis SKJ2 bagi kes ketakpastian pada tapak	19
Rajah 2.4: Jenis SKJ2 bagi kes ketakpastian pada fungsi keahlian dan mempunyai tapak yang sama	19
Rajah 2.5: SSKJ2N bagi \bar{F}_A berbentuk segitiga	21
Rajah 2.6: SSKJ2N bagi \bar{F}_B berbentuk Gaussian	22
Rajah 2.7: SSKJ2N bagi \bar{F}_C berbentuk trapezoid	22
Rajah 2.8: Ilustrasi α -SSKJ2N, $\alpha \hat{F}_\alpha$ bagi SSKJ2N, \hat{F}	26
Rajah 2.9: SSKJ2N, \hat{F} yang selanjur dengan FKB-nya, F^\downarrow , FKA-nya, F^\uparrow dan potongan-alfanya	27
Rajah 2.10: Ilustrasi untuk takrifan SNKJ2N	31
Rajah 3.1: Ilustrasi TDKJ2/TKKJ2 dalam bentuk normal	37
Rajah 3.2: Ilustrasi TDKJ2N/TKKJ2N	39
Rajah 3.3: Proses pentakrifan TDKJ2N/TKKJ2N	40
Rajah 3.4: TDKJ2N dan selang $(\bar{F}_{(x_i, y_i)_{\alpha_j}}^{\leftarrow}, \bar{F}_{(x_i, y_i)_{\alpha_j}}^{\rightarrow}, F_{(x_i, y_i)}, \bar{F}_{(x_i, y_i)_{\alpha_j}}^{\leftarrow}, \bar{F}_{(x_i, y_i)_{\alpha_j}}^{\rightarrow})$ pada set aras- $\alpha^{0.35}$ dalam selang (0,1]	42
Rajah 3.5: Penyesuaian semua TDKJ2N pada paksi-x	44
Rajah 3.6: Penyesuaian sebahagian TDKJ2N pada paksi-x	44
Rajah 3.7: Penyesuaian semua TDKJ2N pada paksi-y	45
Rajah 3.8: Penyesuaian sebahagian TDKJ2N pada paksi-y	46
Rajah 3.9: Penyesuaian semua data adalah TDKJ2N berpenjuru kiri-kanan	47
Rajah 3.10: Penyesuaian sebahagian data adalah TDKJ2N berpenjuru kiri-kanan	48
Rajah 3.11: Penyesuaian semua data adalah TDKJ2N berpenjuru kanan-kiri	49

Rajah 3.12:	Penyesuaian sebahagian data adalah TDKJ2N berpenjuru kanan-kiri	49
Rajah 3.13:	Gambaran operasi potongan-alfa dan selang TKKJ2N	52
Rajah 3.14:	Gambaran operasi potongan-alfa terhadap TKKJ2N dengan $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$	54
Rajah 3.15:	Gambaran operasi potongan-alfa terhadap TKKJ2N dengan $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$	55
Rajah 3.16:	Ilustrasi proses perolehan KP- α -TKKJ2N, \overline{FP}_α dengan nilai alfa $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$	58
Rajah 3.17:	Ilustrasi proses perolehan KP- α -TKKJ2N, \overline{FP}_α dengan nilai alfa $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$	59
Rajah 3.18:	Ilustrasi proses penyahkaburan bagi TKKJ2N dengan nilai alfa $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$	63
Rajah 3.19:	Ilustrasi proses penyahkaburan bagi TKKJ2N dengan nilai alfa $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$	64
Rajah 4.1:	Contoh ilustrasi model LsBKJ2 berbentuk kubik dengan mempunyai TKKJ2	69
Rajah 4.2:	Contoh ilustrasi model PsBKJ2 berbentuk bikubik dengan mempunyai TKKJ2	72
Rajah 4.3:	Contoh ilustrasi model LsBKJ2 dengan mempunyai TKKJ2N berserta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	74
Rajah 4.4:	Contoh ilustrasi model PsBKJ2N dengan mempunyai TKKJ2N berserta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	75
Rajah 4.5:	Contoh ilustrasi model α -LsBKJ2N untuk $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	77
Rajah 4.6:	Contoh ilustrasi model α -LsBKJ2N untuk $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	78

Rajah 4.7:	Contoh ilustrasi model α -PsBKJ2N untuk $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	80
Rajah 4.8:	Contoh ilustrasi model α -PsBKJ2N untuk $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	81
Rajah 4.9:	Contoh ilustrasi model KP- α -LsBKJ2N untuk $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	83
Rajah 4.10:	Contoh ilustrasi model KP- α -LsBKJ2N untuk $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	83
Rajah 4.11:	Contoh ilustrasi model KP- α -PsBKJ2N untuk $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	85
Rajah 4.12:	Contoh ilustrasi model KP- α -PsBKJ2N untuk $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	85
Rajah 4.13:	Contoh ilustrasi model LsBKJ2NNR untuk $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	87
Rajah 4.14:	Contoh ilustrasi model LsBKJ2NNR untuk $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	87
Rajah 4.15:	Contoh ilustrasi model PsBKJ2NNR untuk $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	89

Rajah 4.16:	Contoh ilustrasi model PsBKJ2NNR untuk $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai TKKJ2N serta ilustrasi TKKJ2N dalam bentuk SSKJ2N	89
Rajah 5.1:	Contoh ilustrasi mengenai teknik pengambilan data batimetri bagi permukaan dasar tasik	92
Rajah 5.2:	Taburan data batimetri rangup bagi PDTK dengan paksi-(x, y, z)	95
Rajah 5.3:	Data batimetri PDTK rangup minimum dan maksimum	95
Rajah 5.4:	Ilustrasi struktur DBTKKJ2N tanpa jaringan kawalan DBTKKJ2N	97
Rajah 5.5:	Ilustrasi struktur DBTKKJ2N dengan jaringan kawalan DBTKKJ2N	97
Rajah 5.6:	Model PDBTKKJ2N dengan jaringan kawalan DBTKKJ2N yang mempunyai DBTKKJ2N serta paksi-(x, y, z)	99
Rajah 5.7:	Model PDBTKKJ2N dengan jaringan kawalan DBTKKJ2N yang mempunyai DBTKKJ2N	99
Rajah 5.8:	Model PDBTKKJ2N tanpa DBTKKJ2N dan jaringan kawalan DBTKKJ2N	100
Rajah 5.9:	Lapisan keratan pelbagai sudut bagi model PDBTKKJ2N dengan jaringan kawalan DBTKKJ2N yang mempunyai DBTKKJ2N	100
Rajah 5.10:	Ilustrasi model α -PDBTKKJ2N untuk $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan jaringan kawalan DBTKKJ2N yang mempunyai DBTKKJ2N	102
Rajah 5.11:	Ilustrasi model α -PDBTKKJ2N untuk $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan jaringan kawalan DBTKKJ2N yang mempunyai DBTKKJ2N	103
Rajah 5.12:	Ilustrasi model KP- α -PDBTKKJ2N untuk $\alpha_j < \alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai DBTKKJ2N	104

Rajah 5.13:	Ilustrasi model KP- α -PDBTKKJ2N untuk $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai DBTKKJ2N	105
Rajah 5.14:	Ilustrasi model PDBTKKJ2NNR untuk $\alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai DBTKKJ2N	106
Rajah 5.15:	Ilustrasi model PDBTKKJ2NNR untuk $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$ dengan mempunyai DBTKKJ2N	107
Rajah 5.16:	Ralat bagi model PDBTKKJ2NNR untuk $\alpha_{(FKB)_j} \leq \alpha_{(FKA)_j}$	108
Rajah 5.17:	Ralat bagi model PDBTKKJ2NNR untuk $\alpha_{(FKB)_j} < \alpha_j \leq \alpha_{(FKA)_j}$	108

SENARAI SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
CAGD	- <i>Computer Aided Geometric Design</i>
DBT	- Data Batimetri Tasik
DBTKKJ2N	- Data Batimetri Tasik Kenyir Kabur Jenis-2 Normal
FKA	- Fungsi Keahlian Atas
FKB	- Fungsi Keahlian Bawah
HKJ1	- Hubungan Kabur Jenis-1
HKJ2	- Hubungan Kabur Jenis-2
HKJ2N	- Hubungan Kabur Jenis-2 Normal
KT	- Ketakpastian Tapak
LsBKJ1	- Lengkung splin-B Kabur Jenis-1
LsBKJ2	- Lengkung splin-B Kabur Jenis-2
LsBKJ2N	- Lengkung splin-B Kabur Jenis-2 Normal
LsBKJ2NNR	- Lengkung splin-B Kabur Jenis-2 Normal Nyahkabur Rangup
MKJ1	- Model Kabur Jenis-1
MKJ2	- Model Kabur Jenis-2
MKJ2N	- Model Kabur Jenis-2 Normal
NKJ1	- Nombor Kabur Jenis-1
NKJ2	- Nombor Kabur Jenis-2
NKJ2N	- Nombor Kabur Jenis-2 Normal
PDBTKKJ2N	- Permukaan Data Batimetri Tasik Kenyir Kabur Jenis-2 Normal
PDBTKKJ2NNR	- Permukaan Data Batimetri Tasik Kenyir Kabur Jenis-2 Normal Nyahkabur Rangup
PDTK	- Permukaan Dasar Tasik Kenyir
PsBKJ2	- Permukaan splin-B Kabur Jenis-2
PsBKJ2N	- Permukaan splin-B Kabur Jenis-2 Normal
PsBKJ2NNR	- Permukaan splin-B Kabur Jenis-2 Normal Nyahkabur Rangup
RGBK	- Rekabentuk Geometri Berbantuan Komputer
SKJ1	- Set Kabur Jenis-1

SKJ2	- Set Kabur Jenis-2
SKJ2N	- Set Kabur Jenis-2 Normal
SNKJ2N	- Selang Nombor Kabur Jenis-2 Normal
SSKJ2	- Selang Set Kabur Jenis-2
SSKJ2	- Selang Set Kabur Jenis-2 Normal
SsSNKJ2N	- Subset Selang Nombor Kabur Jenis-2 Normal
SsSNKJ1	- Subset Selang Nombor Kabur Jenis-1
STDKJ2N	- Selang Titik Data Kabur Jenis-2 Normal
STKKJ2N	- Selang Titik Kawalan Kabur Jenis-2 Normal
TDKJ1	- Titik Data Kabur Jenis-1
TDKJ2	- Titik Data Kabur Jenis-2
TDKJ2N	- Titik Data Kabur Jenis-2 Normal
TDKJ2NNR	- Titik Data Kabur Jenis-2 Normal Nyahkabur Rangup
TKKJ1	- Titik Kawalan Kabur Jenis-1
TKKJ2	- Titik Kawalan Kabur Jenis-2
TKKJ2N	- Titik Kawalan Kabur Jenis-2 Normal
TKKJ2NNR	- Titik Kawalan Kabur Jenis-2 Normal Nyahkabur Rangup
TSKJ1	- Teori Set Kabur Jenis-1
TSKJ2	- Teori Set Kabur Jenis-2
TSKJ2N	- Teori Set Kabur Jenis-2 Normal

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Alam semesta yang terbentang luas ini telah dicipta sempurna oleh Tuhan dan mempunyai banyak rahsia di sebaliknya yang masih belum diterokai oleh manusia yang merupakan penghuni kepada alam ini. Konsep kesempurnaan telah mempengaruhi kehidupan manusia sejagat sejak berkurun lamanya. Konsep ini mempengaruhi umat manusia dalam pelbagai aspek seperti kesempurnaan hidup. Manusia juga tidak lari daripada sifat ingin tahu untuk menjadikan kehidupan mereka lebih sempurna dan mempelajari pelbagai ilmu untuk memajukan sistem kehidupan yang sedia ada untuk menjadi lebih bertamadun. Kesempurnaan alam dan kerahsiaan di sebaliknya yang telah diterokai dan dikaji sebelum ini telah memajukan serta memodenkan kehidupan manusia seharian. Jika dilihat daripada tamadun-tamadun terdahulu, pelbagai ilmu yang telah diterokai dan dipraktikkan dalam kehidupan seharian justeru memperbaiki sistem kehidupan sedia ada.

Walau bagaimanapun, di dalam konsep kesempurnaan ini terdapat juga unsur ketakpastian dalam beberapa aspek dalam kehidupan seharian manusia contohnya manusia sentiasa tidak pasti dengan keyakinan diri, keselamatan persekitaran, kehidupan, sosial, psikologi dan juga pengiraan. Ketakpastian ini menjurus kepada tanggapan yang selalu dilakukan oleh manusia dan kesempurnaan sukar dicapai dengan beberapa ketakpastian yang terjadi. Begitu juga dalam kebanyakan ilmu pengetahuan sedia ada yang tidak lari dengan ketakpastian contohnya dalam ilmu matematik yang memperkenalkan matematik kabur untuk mengendalikan ketakpastian dalam pelbagai bidang.



Pengendalian ketakpastian turut digunakan dalam pembentukan model. Kesempurnaan sesuatu model dapat dicapai dengan mengambil kira kesemua data-data yang diperoleh. Kebiasaannya, data-data yang berunsurkan ketakpastian akan disisihkan untuk memperolehi model yang diinginkan. Walau bagaimanapun, kesempurnaan model tersebut tidak dicapai kerana telah menolak data-data ketakpastian ini.

Teknologi yang canggih pada zaman kini turut memberi sumbangan dalam pemodelan matematik. Misalnya, dengan adanya komputer, pembentukan model dapat dilaksanakan dengan cepat dan sempurna. Hal ini dapat menjimatkan kos dan masa yang sangat banyak jika dibandingkan dengan zaman-zaman terdahulu. Komputer pada zaman moden ini juga dapat mengendalikan sejumlah data yang sangat banyak kerana kemajuan komputer yang sangat memberangsangkan seiring dengan arus modenisasi ini. Oleh itu, data-data yang berunsur ketakpastian ini dapat dikendalikan dengan baik justeru hasil kajian yang sempurna dapat dicapai dengan tempoh yang sangat cepat.

Pembentukan model geometri juga dapat dilakukan dengan adanya Rekabentuk Geometri Berbantuan Komputer (RGBK) atau lebih dikenali sebagai *Computer Aided Geometric Design (CAGD)*. Fungsi-fungsi yang terdapat di dalam RGBK ini dapat membangunkan model lengkung dan juga model permukaan. Walau bagaimanapun, fungsi-fungsi geometri yang sedia ada di dalam RGBK ini tidak dapat membangunkan model data ketakpastian ke dalam bentuk lengkung atau permukaan. Hal ini kerana pembinaan model ketakpastian untuk lengkung atau permukaan yang dilaksanakan untuk menyelesaikan masalah berkenaan adalah mencabar kerana sifat-sifat ketakpastian yang bersifat ambiguiti dan kekelaman perlu diambil kira. Permasalahan sifat-sifat ketakpastian ini biasanya tidak boleh diselesaikan melalui kaedah statistik (Abd. Fatah, 2008). Contohnya, pemodelan lengkung dan permukaan hanya dapat dibangunkan dengan menggunakan data keahlian penuh sahaja, manakala data yang bukan berkeahlian penuh diabaikan.

Ketakpastian data dapat dikendalikan dengan menggunakan fungsi kabur yang telah dibangunkan sejak 1965. Permasalahan ketakpastian ini dapat diatasi dengan pentakrifan ketakpastian dengan menggunakan fungsi ini. Akan tetapi, wujudnya beberapa masalah yang terdapat dalam fungsi kabur jenis-1 ini untuk mengendalikan secara langsung ketakpastian data-data ini. Fungsi kabur jenis-1 ini mempunyai batasan untuk mentakrifkan ketakpastian yang bertindih iaitu wujudnya

kombinasi ketakpastian dalam sesebuah data. Kombinasi ketakpastian ini dikenali sebagai ketakpastian kompleks.

Ketakpastian kompleks ini berlaku akibat beberapa jenis ketakpastian berlaku dalam masa yang sama dan data yang sama. Contohnya, beberapa ralat harus diambil kira dalam pengambilan data iaitu ralat daripada alat pengambilan data yang digunakan serta ralat daripada persekitaran. Pentakrifan ketakpastian kompleks boleh dilaksanakan dengan menggunakan fungsi kabur jenis-2. Fungsi ini dapat mengendalikan ketakpastian yang lebih tinggi dan fungsi kabur jenis-2 ini merupakan satu definisi yang dikembangkan daripada fungsi kabur jenis-1.

Pembentukan model ketakpastian dan ketakpastian kompleks dapat dibangunkan melalui pentakrifan fungsi-fungsi kabur tersebut seterusnya diaplikasikan dalam pemodelan geometri dengan menggunakan fungsi-fungsi yang terdapat dalam RGBK. Jadi, ketakpastian atau ketakpastian kompleks pada data tidak disisihkan dalam pembentukan model geometri iaitu model lengkung serta model permukaan. Hal ini juga dapat dilaksanakan dalam pembinaan model lengkung dan permukaan Bézier dan splin-B yang terdapat dalam fungsi-fungsi RGBK.

Tujuan tesis ini adalah untuk mengetengahkan Model Kabur Jenis-2 Normal (MKJ2N) yang berasaskan kepada Teori Set Kabur Jenis-2 Normal (TSKJ2N) dalam menangani masalah pemodelan ketakpastian set titik data kompleks. MKJ2N dibangunkan daripada model-model lengkung dan permukaan yang didirikan dengan menggunakan fungsi splin-B dalam bentuk model penghampiran. Konsep bagi mentakrifkan data-data ketakpastian kompleks ini adalah konsep Nombor Kabur Jenis-2 Normal (NKJ2N). Seterusnya, konsep ini diaplikasikan dalam membangunkan model topografi dasar tasik Kenyir.

1.2 Latar Belakang Kajian

Pada tahun 1965, matematik kabur telah mula diperkenalkan oleh Profesor Lofti A. Zadeh. Bidang matematik kabur terbuka luas selepas kertas kerja beliau bertajuk "set kabur" yang diterbitkan di dalam jurnal akademik *Information and Control*. Teori kabur merupakan teori asas set kabur atau fungsi keahlian yang berterusan. Teori kabur boleh diklasifikasikan kepada lima bahagian iaitu:

- i. Matematik kabur, iaitu konsep matematik klasik yang diolah dengan menggantikan set klasik kepada set kabur.

- ii. Logik kabur dan kecerdasan buatan, iaitu penganggaran kepada logik klasik yang diperkenalkan dan sistem yang dikembangkan berdasarkan maklumat kabur dan pertimbangan anggaran.
- iii. Sistem kabur, merupakan pengendalian kabur dan pendekatan kabur dalam pemprosesan dan komunikasi isyarat.
- iv. Maklumat dan ketakpastian, merupakan analisis pelbagai jenis ketakpastian.
- v. Pembuat keputusan kabur, adalah berkaitan dengan masalah pengoptimuman dengan kekangan lembut (Zadeh, 1965).

Kesemua lima bahagian adalah saling berkait rapat antara satu sama lain. Bahagian-bahagian teori kabur tidak berdiri dengan sendiri, sebagai contoh, pengendalian kabur menggunakan konsep daripada matematik kabur dan logik kabur. Kini, matematik kabur telah digunakan secara meluas di dalam pelbagai bidang seperti perubatan, perniagaan, kejuruteraan, ekonomi dan lain-lain lagi termasuk dalam bidang pendidikan (Wang, 1999).

Konsep teori kabur asas yang diperkenalkan oleh Zadeh pada tahun 1965 turut dikenali sebagai Teori Set Kabur Jenis-1 (TSKJ1). Sepuluh tahun selepas itu, Zadeh memperkenalkan Teori Set Kabur Jenis-2 (TSKJ2) untuk mentakrifkan permasalahan ketakpastian kompleks disebabkan oleh batas-batas yang berlaku pada TSKJ1. TSKJ2 telah diperkenalkan dan diterangkan pada tahun 1975 melalui tiga artikel yang dihasilkan oleh beliau dan TSKJ2 digunakan secara meluas pada zaman kini. Walau bagaimanapun, TSKJ2 mula terkenal selepas Karnik dan Mendel berupaya untuk memahami TSKJ2 dan menerbitkan artikel pada tahun 2001. Hal ini kerana konsep TSKJ2 sukar digunakan dan difahami tanpa penjelasan terperinci.

TSKJ1 dan TSKJ2 mempunyai ketakpastian pada nilai keahlian yang berbeza. Perwakilan TSKJ1 mempunyai ketakpastian pada nilai keahlian pada set tersebut. Ketakpastian yang dimaksudkan adalah termasuk ralat sukatan, isyarat dan sistem yang bercelaru serta kecuai manusia. Manakala, TSKJ2 pula mempunyai ketakpastian yang kedua dalam ketakpastian nilai set berbanding TSKJ1 yang hanya mempunyai satu ketakpastian sahaja pada nilai keahlian. Jadi, perkara ini merupakan kelebihan dan kepentingan TSKJ2 untuk mentakrifkan ketakpastian berbanding TSKJ1.

Dengan bantuan komputer, pengkomputeran geometri telah menjadi satu disiplin baru dalam bidang geometri. Pengkomputeran geometri merupakan salah satu ilmu dan cabang daripada bidang sains komputer yang tertumpu kepada

pembelajaran algoritma serta kepada bidang geometri. Pengkomputeran geometri menggunakan algoritma dan struktur data bagi menyelesaikan masalah menggunakan komputer dalam bentuk geometri diskret terutamanya dalam dua dan tiga dimensi (Silvester, 2001).

Kerja-kerja kajian dalam bidang pengkomputeran geometri bermula pada tahun 60-an iaitu lengkung Bézier diterbitkan secara meluas pada tahun 1962 oleh jurutera Perancis, Pierre Bézier yang digunakan untuk mereka bentuk badan kereta di Renault. Pierre Bézier telah membangunkan alat RGBK, atau lebih dikenali sebagai *CAGD*. Alat ini membenarkan pereka untuk membentuk lengkung halus pada skrin komputer dan menggunakan ruang penyimpanan yang minimal untuk menyimpan bahan-bahan reka bentuk (Rogers, 2001). Kajian pengkomputeran geometri kini diteruskan dan diaplikasikan dalam pelbagai bidang. Sifat-sifat beberapa fungsi geometri sedia ada telah dikaji dan ditambahbaik.

Fungsi-fungsi geometri tidak berupaya menangani masalah ketakpastian dengan berkesan kerana hanya mengambil kira titik data rangup dan sebahagian data yang mengandungi tahap ketakpastian akan diabaikan. Jadi, hasil penyesuaian lengkung akan hanya mewakili data berkeahlian penuh sahaja dan menghiraukan data yang tidak berkeahlian penuh dalam set semestanya. Data tidak berkeahlian penuh ini perlulah diambil kira untuk memberikan keputusan yang terbaik dalam analisis dan pemodelannya. Dengan itu, penggabungan idea antara pemodelan geometri dengan teori set kabur membolehkan kita membina beberapa perwakilan matematik dalam bentuk model terbaru yang bercirikan kekaburan. Fungsinya boleh mewakili dan merangkumi kesemua aspek data, iaitu bahagian rangup dan kabur adalah terangkum dalam hasil penyesuaiannya (Abd. Fatah, 2008).

Kebiasaannya pemodelan geometri dimodelkan melalui 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 yang akan merungkai kesukaran dalam memodelkan lengkung dan permukaan menggunakan ketakpastian data (Rozaimi & Abd. Fatah, 2014). Konsep nombor kabur iaitu TSKJ2 diguna pakai untuk mentakrifkan ketakpastian data yang menjadi titik data kabur.

Oleh yang demikian, tesis ini berasaskan TSKJ2N dalam pemodelan data ketakpastian kompleks melalui kaedah penghampiran bagi model lengkung dan permukaan geometri yang dibentuk oleh fungsi splin-B. Fungsi ini dipilih kerana

model ini merupakan asas pembentukan model-model lain seperti model nisbah splin-B. Oleh itu, jika pembentukan MKJ2N ini berjaya dilaksanakan, maka model-model yang lain dapat dibangunkan juga.

1.3 Pernyataan Masalah Kajian

Proses pungutan data menjadi salah satu perkara biasa dalam penyelidikan. Antara data-data yang dipungut berkemungkinan adalah data ketakpastian sama ada data ini disedari oleh pemungut data atau tidak. Terdapat banyak faktor yang menjadikan data itu adalah data ketakpastian. Antaranya adalah ralat daripada pemungut sendiri, alat yang digunakan dan keadaan alam sekitar.

Kajian topografi dasar tasik Kenyir ini melaksanakan proses pungutan data yang dijalankan di Tasik Kenyir yang terletak di Hulu Terengganu, Terengganu. Tasik kenyir ini merupakan tasik buatan manusia yang terbesar di Asia Tenggara dan dibina untuk menjana kuasa elektrik dan membekalkan sumber air bersih. Bentuk topografi dasar tasik Kenyir juga mengalami perubahan bentuk akibat persekitaran dan ketentuan alam serta aktiviti manusia terhadap Tasik Kenyir. Pungutan kedalaman data bagi topografi dasar tasik Kenyir ini dikenali sebagai data batimetri. Suatu alat khas digunakan untuk pengambilan data batimetri ini iaitu alat pantulan gelombang bunyi (*Echo Sounder*) yang diletakkan pada kapal atau bot.

Ralat yang wujud semasa menggunakan alat pantulan gelombang bunyi ini boleh merekodkan data ketakpastian. Alat pantulan gelombang bunyi ini diletakkan pada kapal dan mengukur kedalaman tasik dalam keadaan kapal itu bergerak. Jadi, perubahan ukuran kedalaman topografi dasar tasik berlaku dan menyebabkan ukuran berubah dalam unit sentimeter sehingga kaki. Selain itu, hidupan tasik juga turut mempengaruhi laluan gelombang ini apabila pantulan gelombang mengenai hidupan tasik ini. Suhu, paras kandungan mineral air dan tekanan air dapat mempengaruhi kelajuan bunyi di dalam air. Secara amnya, dengan peningkatan suhu, kemasinan dan tekanan air tasik menyebabkan bunyi bergerak dengan lebih pantas. Pergerakan air tasik yang berterusan juga membuatkan pengukuran sukar dilaksanakan dan menyebabkan bacaan pengambilan data batimetri ini adalah kurang tepat walaupun pengukuran ini berjaya dilakukan.

Pengambilan data batimetri yang dilakukan dalam keadaan yang tidak sepatutnya juga mewujudkan data ketakpastian dalam koleksi data yang direkodkan.

RUJUKAN

- Abbasbandy, S. (2001). Interpolation of Fuzzy Data by Complete Splines. *Journal of Applied Mathematics and Computing*, 8(3), 587-594.
- Abd. Fatah Wahab, Jamaludin Md. Ali, Ahmad Abd. Majid, & Abu Osman Md. Tap. (2004). Fuzzy Set in Geometric Modeling. In *Proceedings. International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization, 2004. CGIV 2004*. (pp. 227-232). IEEE.
- Abd. Fatah Wahab. (2008). Pemodelan Geometri menggunakan Teori Set Kabur. *School of Mathematics, Universiti Sains Malaysia*.
- Abd. Fatah Wahab, Jamaludin Md. Ali & Ahmad Abd. Majid (2009). Fuzzy Geometric Modeling. *Proceeding, International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization, 2009. CGIV 2004*. (pp. 276-280).
- Abd. Fatah Wahab, Jamaludin Md. Ali, Ahmad Abd. Majid, & Abu Osman Md. Tap. (2010). Penyelesaian Masalah Data Ketakpastian Menggunakan Splin-B Kabur. *Sains Malaysiana*, 39(4), 661-670.
- Abd. Fatah Wahab & Rozaimi Zakaria. (2013a). On Perfectly Normal Type-2 Triangular Fuzzy Number. *Applied Mathematical Sciences*, 7(46), 2253-2263.
- Abd. Fatah Wahab & Rozaimi Zakaria. (2013b). Generalized Normal Type-2 Triangular Fuzzy Number. *Applied Mathematical Sciences*, 7(45), 2239-2252.
- Abd. Fatah Wahab & Mohd Sallehuddin Husain (2016). A New Type of Spline Modeling Using Fuzzy Linguistic Approach. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1750, No. 1, p. 020020). AIP Publishing.
- Abd. Fatah Wahab, Mohd Sallehuddin Husain & Mohammad Izat Emir Zulkify. (2016a). A New Paradigm of Fuzzy Control Point in Space Curve. *Matematika*, 32(2), 153-159.

- Abd. Fatah Wahab, Mohammad Izat Emir Zulkify, & Mohd Sallehuddin Husain. (2016b). Bézier Curve Modeling for Intuitionistic Fuzzy Data Problem. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1750, No. 1, p. 030047). AIP Publishing.
- Abd. Fatah Wahab, Yong, L. K., & Mohammad Izat Emir Zulkify. (2017). Type-2 Fuzzy Non-uniform Rational B-spline Model with Type-2 Fuzzy Data. *MALAYSIAN JOURNAL OF MATHEMATICAL SCIENCES*, 11, 35-46.
- Aguero, J. R., & Vargas, A. (2007). Calculating Functions of Interval Type-2 Fuzzy Numbers for Fault Current Analysis. *IEEE Transactions on Fuzzy systems*, 15(1), 31-40.
- Ahmad Syafadhli Abu Bakar, Ku Muhammad Naim Ku Khalif & Gegov, A. (2015) Ranking of Interval Type-2 Fuzzy Numbers Based On Centroid Point And Spread. In *2015 7th International Joint Conference on Computational Intelligence (IJCCI)* (Vol. 2, pp. 131-140). IEEE.
- Anile, A. M., Falcidieno, B., Gallo, G., Spagnuolo, M., & Spinello, S. (2000). Modeling Undertain Data with Fuzzy B-Splines. *Fuzzy sets and systems*, 113(3), 397-410.
- Azhar Ahmad, Gobithasan, R.U., & Jamaludin Md. Ali. (2007). *G2 transition curve using quartic bezier curve* (pp. 223-228). IEEE.
- Azizan Saaban, Ahmad Abd. Majid, & Abd. Rahni Mt Piah. (2009). Visualization of Rainfall Data Distribution Using Quintic Triangular Bézier Patches. *Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society*, 32(2).
- Barua, A., Mudunuri, L. S., & Kosheleva, O. (2014). Why Trapezoidal and Triangular Membership Functions Work So Well: Towards A Theoretical Explanation. *Journal of Uncertain Systems*, 8.

- Behforooz, H., Ezzati, R., & Abbasbandy, S. (2010). Interpolation of Fuzzy Data By Using E(3) Cubic Splines. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 60(4), 383-392.
- Biswas, A., & De, A. K. (2018). A Unified Method of Defuzzification for Type-2 Fuzzy Numbers with Its Application To Multiobjective Decision Making. *Granular Computing*, 3(4), 301-318.
- Blewitt, W., Zhou, S. M., & Coupland, S. (2007). A Novel Approach to Type-2 Fuzzy Addition. In *2007 IEEE International Fuzzy Systems Conference* (pp. 1-6). IEEE.
- Caglar, H., Caglar, N., & Elfaituri, K. (2006). B-Spline Interpolation Compared With Finite Difference, Finite Element and Finite Volume Methods Which Applied to Two-Point Boundary Value Problems. *Applied Mathematics and computation*, 175(1), 72-79.
- Coupland, S., & John, R. (2003). An Approach to Type-2 Fuzzy Arithmetic. In *Proc. UK Workshop on Computational Intelligence* (pp. 107-114).
- Coupland, S. (2007). Type-2 Fuzzy Sets: Geometric Defuzzification and Type Reduction. In *2007 IEEE Symposium on Foundations of Computational Intelligence* (pp. 622-629). IEEE.
- Coupland, S., John, R., & Hamrawi, H. (2014). A New Monotonic Type-Reducer for Interval Type-2 Fuzzy Sets. In *2014 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)* (pp. 2391-2395). IEEE.
- Dubois, D., & Prade, H. (1980). Systems of Linear Fuzzy Constraints. *Fuzzy sets and systems*, 3(1), 37-48.
- García, J. C. F. (2012, September). An Approximation Method for Type Reduction of an Interval Type-2 Fuzzy Set Based on α -Cuts. In *2012 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)* (pp. 49-54). IEEE.

- Gofuku, S. I., Tamura, S., & Maekawa, T. (2009). Point-Tangent/Point-Normal B-Spline Curve Interpolation by Geometric Algorithms. *Computer-Aided Design*, 41(6), 412-422.
- Greenfield, S., Chiclana, F., Coupland, S., & John, R. (2010). Type-2 Defuzzification: Two Contrasting Approaches. In *International Conference on Fuzzy Systems* (pp. 1-7). IEEE.
- Hamrawi, H., & Coupland, S. (2009). Type-2 Fuzzy Arithmetic using Alpha-Planes. European Society Fuzzy Logic and Technology.
- Hamrawi, H. (2011). Type-2 Fuzzy Alpha-Cuts. *De Montfront University*.
- Hamrawi, H., Coupland, S., & John, R. (2017). Type-2 Fuzzy Alpha-Cuts. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 25(3), 682-692.
- Hao, M., & Mendel, J. M. (2014). Modeling Words by Normal Interval Type-2 Fuzzy Sets. In *2014 IEEE Conference on Norbert Wiener in the 21st Century (21CW)* (pp. 1-8). IEEE.
- Javanmard, M., & Nehi, H. M. (2017). Interval Type-2 Triangular Fuzzy Numbers; New Ranking Method and Evaluation of Some Reasonable Properties on it. In *2017 5th Iranian Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems (CFIS)* (pp. 4-6). IEEE.
- Karnik, N. N., & Mendel, J. M. (1998). Introduction to Type-2 Fuzzy Logic Systems. In *1998 IEEE International Conference on Fuzzy Systems Proceedings. IEEE World Congress on Computational Intelligence (Cat. No. 98CH36228)* (Vol. 2, pp. 915-920). IEEE.
- Karnik, N. N., & Mendel, J. M. (2001). Centroid of a Type-2 Fuzzy Set. *Information Sciences*, 132(1-4), 195-220.

- Kaufmann, A., & Gupta, M. M. (1985). Introduction to Fuzzy Arithmetic. *Reinhold, New York.*
- Klir, G. J., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications* (Vol. 574). New Jersey: Prentice Hall PTR.
- Linda, O., & Manic, M. (2012). Monotone Centroid Flow Algorithm for Type Reduction of General Type-2 Fuzzy Sets. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 20*(5), 805-819.
- Marghany, M. (2015). Fuzzy B-Spline for Three-Dimensional Urban Slum Reconstruction from ENVISAT ASAR Data. In *2015 10th Asian Control Conference (ASCC)* (pp. 1-5). IEEE.
- Mariani, M. C., & Basu, K. (2015). Spline Interpolation Techniques Applied to the X Study of Geophysical Data. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 428*, 68-79.
- Mendel, J. M. (2001). Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic System: Introduction and New Directions.
- Mendel, J. M., & John, R. B. (2002). Type-2 Fuzzy Sets Made Simple. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 10*(2), 117-127.
- Mendel, J. M. (2007). Advances in Type-2 Fuzzy Sets And Systems. *Information Sciences, 177*(1), 84-110.
- Mendel, J. M. (2017). Uncertain rule-based fuzzy systems. In *Introduction and new directions* (p. 684). Springer International Publishing.
- Mendel, J. M. (2014). General Type-2 Fuzzy Logic Systems Made Simple: A Tutorial. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 22*(5), 1162-1182.

- Mohanaselvi, S., & Ganesan, K. (2012). Fully Fuzzy Linear Programs with Triangular Fuzzy Numbers. *International Journal of Mathematical Archive EISSN 2229 5046*, 3(5).
- Mohanaselvi, S., & Ganesan, K. (2016). A New Ranking Method for Interval Type-2 Fuzzy Numbers. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics (GJPAM)*, 12(1).
- Muhammad Abbas, Ahmad Abd. Majid, Mohd Naim Hj. Awang, & Jamaludin Md. Ali. (2013). Positivity-preserving C2 Rational Cubic Spline Interpolation. *ScienceAsia*, 39(2), 208-213.
- Nurul Ain Abdul Karim, Abd. Fatah Wahab, Gobithaasan, R. U., & Rozaimi Zakaria. (2013). Model of Fuzzy B-Spline Interpolation for Fuzzy Data. *Far East Journal of Mathematical Sciences*, 72(2), 269-280.
- O'Leary, M. L. (2010). *Revolutions of Geometry* (Vol. 87). John Wiley & Sons.
- Rogers, D. F. (2001). *An Introduction to NURBS with Historical Perspective*. Morgan Kaufmann Publishers, California, USA.
- Rozaimi Zakaria (2010). *Pemodelan Interpolasi Splin Bezier Kabur*. Universiti Malaysia Terengganu.
- Rozaimi Zakaria & Abd. Fatah Wahab. (2012). Fuzzy B-spline Modeling of Uncertainty Data. *Applied Mathematical Sciences*, 6(140), 6971-6991.
- Rozaimi Zakaria (2013). *Pemodelan Interpolasi Splin-B Kabur Jenis-2 Bagi Masalah Ketakpastian Kompleks*. Universiti Malaysia Terengganu.
- Rozaimi Zakaria & Abd. Fatah Wahab. (2013). On defining Complex Uncertainty Data Points by Type-2 Fuzzy Number: Two Specials Cases. *Int. Journal of Math Analysis*, 7(26), 1285-1300.

- Rozaimi Zakaria, Abd. Fatah Wahab, & Gobithaasan, R. U. (2013a). Normal Type-2 Fuzzy Rational B-spline Curve. *arXiv preprint arXiv:1304.7868*.
- Rozaimi Zakaria, Abd. Fatah Wahab, & Gobithaasan, R. U. (2013b). Perfectly Normal Type-2 Fuzzy Interpolation B-Spline Curve. *arXiv preprint arXiv:1305.0001*.
- Rozaimi Zakaria, Abd. Fatah Wahab, & Gobithaasan, R. U. (2013c). The Representative Curve of Type-2 Fuzzy Data Point Modeling. *Modern Applied Science*, 7(5), 60.
- Rozaimi Zakaria, Abd. Fatah Wahab, & Gobithaasan, R. U. (2013d). Type-2 Fuzzy Bezier Curve Modeling. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1522, No. 1, pp. 945-952). AIP.
- Rozaimi Zakaria & Abd. Fatah Wahab. (2014). Pemodelan Titik Data Kabur Teritlak. *Sains Malaysiana*, 43(5), 799-805.
- Rozaimi Zakaria, Abd. Fatah Wahab, & Gobithaasan, R. U. (2014a). Normal Type-2 Fuzzy Interpolating B-Spline Curve. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1605, No. 1, pp. 476-481). AIP.
- Rozaimi Zakaria, Abd. Fatah Wahab, & Gobithaasan, R. U. (2014b). Fuzzy B-Spline Surface Modeling. *Journal of Applied Mathematics*.
- Runkler, T. A., Coupland, S., & John, R. (2015). Properties of Interval Type-2 Defuzzification Operators. In *2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)* (pp. 1-7). IEEE.
- Samsul Ariffin Abdul Karim, & Azizan Saaban. (2014). Bézier Triangular Patches for Closed Surface. *Appl. Math. Sci*, 8(8), 355-366.
- Samsul Ariffin Abdul Karim, Kon Voon Pang, & Azizan Saaban. (2015). Positivity Preserving Interpolation using Rational Bicubic Spline. *Journal of Applied Mathematics*, 2015.

- Silvester, J. R. (2001). *Geometry: Ancient and Modern*. Oxford University Press on Demand.
- Sola, H. B., Fernandez, J., Hagra, H., Herrera, F., Pagola, M., & Barrenechea, E. (2014). Interval Type-2 Fuzzy Sets are Generalization of Interval-Valued Fuzzy Sets: Toward a wider view on their relationship. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 23(5), 1876-1882.
- Stewart, R. H. (2008). *Introduction to physical oceanography*. Texas A & M University.
- Thomas, D. A. (2002). *Modern geometry*. Brooks/Cole.
- Wang, L. X. (1999). *A Course in Fuzzy Systems*.
- Wu, D., & Nie, M. (2011). Comparison and Practical Implementation of Type Reduction Algorithms for Type-2 Fuzzy Sets and Systems. In *2011 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2011)* (pp. 2131-2138). IEEE.
- Xie, B. K., & Lee, S. J. (2017). An Extended Type-Reduction Method for General Type-2 Fuzzy Sets. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 25(3), 715-724.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. A. (1975). The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning—Part I-II-III. *Information Sciences*, 8(3), 199-249.
- Zeinali, M., Shahmorad, S., & Mirnia, K. (2016). Piecewise Cubic Interpolation of Fuzzy Data based on B-spline Basis Functions. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 13(1), 67-76.