

**PEMBANGUNAN DIMENSI BARU BAGI MODEL
REGRESI EKSPONEN (KREB): APLIKASI
DALAM SAINS KESIHATAN**

RABI'ATUL 'ADA WIYAH BINTI ABDUL ROHIM

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2020

**PEMBANGUNAN DIMENSI BARU BAGI MODEL
REGRESI EKSPONEN (KREB): APLIKASI
DALAM SAINS KESIHATAN**

oleh

RABI'ATUL 'ADA WIYAH BINTI ABDUL ROHIM

Tesis yang diserahkan untuk

Memenuhi keperluan bagi

Ijazah Doktor Falsafah

September 2020

PENGHARGAAN

Alhamdulillah syukur ke hadrat Allah SWT kerana dengan limpah dan rahmat dariNya saya dapat menyiapkan tesis penyelidikan ini dengan jayanya dalam tempoh masa yang ditetapkan. Pertama sekali, saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada penyelia utama dan penyelia bersama saya iaitu Prof Madya Dr. Wan Muhamad Amir Bin W Ahmad, Dr. Noor Huda Binti Ismail dan Dr. Muhamad Arif Bin Awang Nawi atas segala tunjuk ajar sepanjang pembelajaran saya menyempurnakan kajian ini. Saya amat berbangga mempunyai penyelia seperti mereka yang tidak lekang berkongsi ilmu dalam dunia penyelidikan terutamanya dalam bidang penerbitan buku dan jurnal. Semangat kesabaran serta minat yang mendalam terhadap kajian ini telah banyak membantu saya untuk menyempurnakan kajian ini. Di samping itu, saya juga ingin merakam setinggi-tinggi penghargaan kepada Pusat Pengajian Sains Pergigian dan Universiti Sains Malaysia (USM) kerana telah menganugerahkan saya sebagai pemegang biasiswa *Fellowship* USM serta memberi bantuan dana penyelidikan menerusi geran penyelidikan RUI yang bernombor (1001/PPSG/8012278). Selain itu, saya juga ingin berterima kasih kepada kedua ibu bapa saya yang tercinta iaitu Abdul Rohim Bin Muda dan Salmah Binti Ismail serta adik beradik saya kerana telah banyak membantu saya untuk meneruskan perjuangan ini dan sentiasa memberi kata-kata semangat. Akhir sekali, ucapan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan di USM iaitu Farah Muna Mohamad Ghazali, Faeiza Hamdan, Syarah Syamimi Mohamed, Siti Farhanah Md Shakri dan Muhammad Azeem Yaqoob kerana turut sama memberi pandangan dan idea bertujuan penambahbaikan tesis ini. Jasa baik kalian amat saya hargai dan terima kasih saya ucapkan.

ISI KANDUNGAN

Penghargaan	ii
Isi Kandungan	iii
Senarai Jadual	xi
Senarai Rajah	xiv
Senarai Singkatan	xvii
Senarai Simbol Dan Unit	xviii
Abstrak	xix
Abstract	xxi
BAB 1	PENDAHULUAN
1.1	Pengenalan 1
1.2	Pengenalan Kepada Model Regresi 2
1.3	Keperluan Model Regresi Tak Linear Berteraskan Fungsi Eskponen 5
1.4	Latar belakang Dan Perkembangan Penyelidikan 8
1.4.1	Pemodelan Secara Eksponen Dalam Bidang Sains Biologi 9
1.4.2	Kelebihan Dalam Kaedah Pemodelan 11
1.4.3	Keterbatasan Dalam Kaedah Pemodelan 13
1.5	Pernyataan Masalah 14
1.6	Objektif Penyelidikan Umum 16
1.6.1	Objektif Penyelidikan Khusus 16
1.7	Persoalan Kajian 16

1.8	Skop Penyelidikan Kajian	17
1.9	Kerangka Konsep Penyelidikan	18
1.10	Carta Alir Penyelidikan	19
1.11	Sumbangan Kajian	20
1.12	Justifikasi Penyelidikan	21
1.13	Organisasi Tesis	23
BAB 2	SOROTAN KESUSASTERAAN	
2.1	Pengenalan	26
2.2	Pendekatan Kaedah Statistik Dalam Bidang Sains Biologi	26
2.3	Sejarah Penemuan Taburan Eksponen	30
	2.3.1 Aplikasi Taburan Eksponen	31
	2.3.2 Keistimewaan Taburan Eksponen	34
2.4	Sejarah Butstrap	35
	2.4.1 Aplikasi Kaedah butstrap	37
	2.4.2 Kelebihan Kaedah Butstrap	41
2.5	Sejarah Kaedah Regresi Kabur	43
	2.5.1 Aplikasi Kaedah Regresi Kabur	45
	2.5.2 Kelebihan Kaedah Regresi Kabur	47
2.6	Klasifikasi Mikroorganisma Bakteria	49
	2.6.1 Agar Darah	52
	2.6.2 <i>Lactobacillus</i>	53
	2.6.3 <i>Streptococcus Sobrinus</i>	54
	2.6.4 Sel Tunjang Daripada Sumsum Tulang	55
	2.6.5 Jenis-Jenis Pembiakan Populasi	57

2.7	Kesimpulan	58
BAB 3 METODOLOGI		
3.1	Pengenalan	59
3.2	Reka Bentuk Kajian	60
3.3	Sampel dan Populasi Kajian	60
	3.3.1 Lokasi Penyelidikan	61
	3.3.2 Jangka Masa Kajian Penyelidikan	62
	3.3.3 Penentuan Saiz Sampel Kajian	62
	3.3.4 Teknik Pensampelan	65
3.4	Kelulusan Etika	65
3.5	Perjalanan Proses Kajian Penyelidikan	65
3.6	Penerangan Kajian Kes	67
	3.6.1 Kajian Kes I	67
	3.6.2 Kajian Kes II	68
	3.6.3 Kajian Kes III	69
3.7	Pengenalan Algoritma Menggunakan Bahasa Pengaturcaraan SAS	70
	3.7.1 Tatacara Perencanaan Input Data Dalam Perisian SAS	71
	3.7.2 Kelebihan Menggunakan SAS	72
3.8	Penyediaan Kaedah Pengkulturan Data Kajian Kes	73
	3.8.1 Pengkulturan Bakteria <i>Lactobacillus Salivarius</i> Dan <i>Streptococcus Sobrinus</i>	73
	3.8.2 Pengkulturan Penggandaan Sel Tunjang	75
3.9	Kerangka Konsep Pemodelan KREB	76

3.10	Bahagian I: Pengenalan Kepada Model Regresi Model	77
	3.10.1 Teori yang Mendasari Model Regresi Eksponen	78
	3.10.2 Carta Alir Pembentukan Model Regresi Eksponen	82
	3.10.3 Tatacara Perlaksanaan Algoritma Model Model Eksponen Menggunakan SAS	83
	3.10.4 Rumusan	85
3.11	Bahagian II: Pengenalan Kepada Kaedah Butstrap	86
	3.11.1 Teori yang Mendasari Kaedah Butstrap	89
	3.11.2 Carta Alir Tatacara Kaedah Butstrap	91
	3.11.3 Prosedur Kaedah Butstrap Menerusi Bahasa Pengaturcaraan SAS	92
	3.11.4 Rumusan	94
3.12	Bahagian III: Pengenalan kepada Model Kaedah Kabur	95
	3.12.1 Teori yang Mendasari Model Kabur	95
	3.12.2 Carta Alir Tatacara Kaedah Kabur	98
	3.12.3 Tatacara Kaedah Kabur Menerusi Bahasa Pengaturcaraan SAS	99
	3.12.3(a) Kaedah Pengiraan Kabur Menggunakan Prosedur OPTMODEL	99
	3.12.3(b) Kaedah Pengiraan Menggunakan Pendekatan Kabur Kuasa Dua Terkecil	101
	3.12.4 Rumusan	102
3.13	Bahagian IV: Pengenalan Kepada Kaedah Pengiraan KREB	103
	3.13.1 Penambaihan Kepada Model Sedia Ada	104
	3.13.2 Carta Alir Tatacara Model KREB	105

3.13.3	Tatacara Proses Keseluruhan Pengiraan Model KREB	106
3.13.4	Rumusan	115
3.14	Kaedah Penganggaran Parameter Model	116
3.14.1	Pengujian Penyuaian Model	118
3.14.2	Prosedur Kaedah Kebaikan Penyuaian Model	121
	Menerusi Bahasa Pengaturcaraan SAS	
3.15	Perbandingan Keputusan Kajian Secara Keseluruhan	122
3.16	Peramalan Menggunakan Model KREB	123
3.17	Kesimpulan	124
BAB 4	KEPUTUSAN	
4.1	Pengenalan	125
4.2	Kajian Kes I: Pemodelan <i>Lactobacillus Salivarius</i>	127
4.2.1	Pengecaman Titik Terpencil	127
4.2.2	Pengujian Corak Taburan Data bagi Kajian Kes I	128
4.2.3	Kajian Kes I (Fasa I): Pemodelan Kaedah Regresi	129
	Eksponen	
4.2.3.1	Penganggaran Selang Had Atas Dan Had Bawah	133
4.2.3.2	Dapatan Kajian Bagi Fasa I	134
4.2.4	Kajian Kes I (Fasa II): Pemodelan Menggunakan Kaedah	135
	KREB	
4.2.4.1	Penganggaran Selang Had Atas Dan Had Bawah	139
4.2.4.2	Dapatan Kajian Bagi Fasa II	143
4.2.5	Perbandingan Keputusan Kajian Kes I	144
4.2.6	Rumusan	146

4.3	Kajian Kes II: Pemodelan Streptococcus Sobrinus	147
4.3.1	Pengecaman Titik Terpencil	147
4.3.2	Pengujian Corak Taburan Data Bagi Kajian Kes II	148
4.3.3	Kajian Kes II (Fasa I): Pemodelan Kaedah Regresi Eksponen	149
4.3.3.1	Penganggaran Selang Had Atas Dan Had Bawah	153
4.3.3.2	Dapatan Kajian Bagi Fasa I	155
4.3.4	Kajian Kes II (Fasa II): Pemodelan Menggunakan Kaedah KREB	155
4.3.4.1	Penganggaran Selang Had Atas Dan Had Bawah	160
4.3.4.2	Dapatan Kajian Bagi Fasa II	165
4.3.5	Perbandingan Keputusan Kajian Kes II	166
4.3.6	Rumusan	167
4.4	Kajian Kes III: Pemodelan Sel Tunjang Daripada Sumsum Tulang	168
4.4.1	Pengecaman Titik Terpencil	168
4.4.2	Pengujian Corak Taburan Data Bagi Kajian Kes III	169
4.4.3	Kajian Kes III (Fasa I): Pemodelan Kaedah Regresi Eksponen	170
4.4.3.1	Penganggaran Selang Had Atas Dan Had Bawah	174
4.4.3.2	Dapatan Kajian Bagi Fasa I	175
4.4.4	Kajian Kes III (Fasa II): Pemodelan Menggunakan Kaedah KREB	176
4.4.4.1	Penganggaran Selang Had Atas Dan Had Bawah	180
4.4.4.2	Dapatan Kajian Bagi Fasa II	184

4.4.5	Perbandingan Keputusan Kajian Kes II	185
4.4.6	Rumusan	186
4.5	Kesimpulan Penemuan Secara Keseluruhan Kajian Kes	187
BAB 5 PERBINCANGAN		
5.1	Pengenalan	188
5.2	Perbincangan Hasil Kajian	188
BAB 6 RINGKASAN DAN KESIMPULAN		
6.1	Ringkasan Kajian	200
6.2	Kesimpulan	202
BAB 7 BATASAN DAN MANFAAT KAJIAN		
7.1	Batasan Kajian	206
7.2	Manfaat Daripada Hasil Penyelidikan	207
BAB 8 CADANGAN-CADANGAN		
8.1	Cadangan Daripada Hasil Penyelidikan	209
RUJUKAN		212
LAMPIRAN		
LAMPIRAN A : Algoritma Keseluruhan Kajian Kes		
LAMPIRAN B : Output Keputusan Keseluruhan Kajian Kes		
LAMPIRAN C : Surat Kelulusan Etika Penyelidikan		
LAMPIRAN D : Borang Pengumpulan Data		
SENARAI PEMBENTANGAN		

SENARAI PENERBITAN

SENARAI JADUAL

		Halaman
Jadual 2.1	Klasifikasi Jenis-Jenis Bakteria dan Kesannya Terhadap Kesihatan Oral	50
Jadual 2.2	Kesimpulan Kelemahan Kaedah Sedia ada dan Penambahbaikan Kaedah Sedia ada	58
Jadual 3.1	Penerangan Pemboleh Ubah Dalam Kajian Kes I	68
Jadual 3.2	Penerangan Pemboleh Ubah Dalam Kajian Kes II	69
Jadual 3.3	Penerangan Pemboleh Ubah Dalam Kajian Kes III	69
Jadual 4.1	Analisis Varians Bagi Model Regresi Eksponen Kajian Kes I	129
Jadual 4.2	Model Regresi Eksponen Bagi Kajian Kes I	129
Jadual 4.3	Penganggaran Parameter Bagi Model Regresi Eksponen Kajian Kes I	131
Jadual 4.4	Pengiraan Purata Anggaran Selang Lebar Model Regresi Eksponen Bagi Kajian Kes I	134
Jadual 4.5	Model KREB Awal Secara Eksponen bagi Kajian Kes I	136
Jadual 4.6	Model KREB awal bagi Kajian Kes I	137
Jadual 4.7	Purata anggaran bagi selang Model KREB awal (Kajian Kes I)	140
Jadual 4.8	Nilai a_c dan a_w bagi Kajian Kes I	141
Jadual 4.9	Ringkasan had Selang Model KREB Akhir bagi Kajian Kes I	142
Jadual 4.10	Purata anggaran selang Model KREB bagi Kajian Kes I	142
Jadual 4.11	Perbandingan Keputusan Kajian Kes I	144

Jadual 4.12	Analisis Varians bagi Regresi Eksponen bagi Kajian Kes II	149
Jadual 4.13	Model Regresi Eksponen Bagi Kajian Kes II	150
Jadual 4.14	Penganggaran Parameter bagi Model Regresi Eksponen Kajian Kes II	151
Jadual 4.15	Pengiraan Purata Anggaran Selang Lebar Model Regresi Eksponen Bagi Kajian Kes II	154
Jadual 4.16	Model KREB Awal secara eksponen bagi Kajian Kes II	156
Jadual 4.17	Model KREB awal bagi Kajian Kes II	158
Jadual 4.18	Purata anggaran bagi selang Model KREB awal (Kajian Kes II)	161
Jadual 4.19	Keputusan Pengoptimuman bagi Kaedah Kabur Kajian Kes II	162
Jadual 4.20	Penganggaran Parameter bagi Kajian Kes II	163
Jadual 4.21	Ringkasan had Selang Model KREB Akhir bagi Kajian Kes II	163
Jadual 4.22	Purata anggaran selang Model KREB Akhir bagi Kajian Kes II	164
Jadual 4.23	Perbandingan Keputusan Kajian Kes II	166
Jadual 4.24	Analisis Varians Bagi Model Regresi Eksponen Kajian Kes III	170
Jadual 4.25	Model Regresi Eksponen Bagi Kajian Kes III	170
Jadual 4.26	Penganggaran Parameter bagi Model Regresi Eksponen Kajian Kes III	172

Jadual 4.27	Pengiraan Purata Anggaran Selang Lebar Model Regresi Eksponen Bagi Kajian Kes III	175
Jadual 4.28	Model KREB Awal secara eksponen bagi Kajian Kes III	177
Jadual 4.29	Model KREB awal bagi Kajian Kes III	179
Jadual 4.30	Purata anggaran bagi selang Model KREB awal (Kajian Kes III)	181
Jadual 4.31	Nilai ac dan aw bagi Kajian Kes III	182
Jadual 4.32	Ringkasan had Selang Model KREB Akhir bagi Kajian Kes III	183
Jadual 4.33	Purata anggaran selang Model KREB Akhir bagi Kajian Kes III	183
Jadual 4.34	Perbandingan Keputusan Kajian Kes III	185
Jadual 4.35	Rumusan Keseluruhan Kajian Kes I	197
Jadual 4.36	Rumusan Keseluruhan Kajian Kes II	198
Jadual 4.37	Rumusan Keseluruhan Kajian Kes III	199
Jadual 6.1	Kesimpulan Keseluruhan	204

SENARAI RAJAH

		Halaman
Rajah 1.1	Tatacara Penyelidikan Secara Menyeluruh	18
Rajah 1.2	Carta Alir Penyelidikan bagi Pemodelan KREB	19
Rajah 2.1	Pengumpulan Bakteria	52
Rajah 3.1	Nilai Kritikal F bagi semua Data Kajian Kes	64
Rajah 3.2	Carta Alir Proses Analisis Data Kajian	66
Rajah 3.3	Kaedah Pencairan Mikro <i>Broth</i>	75
Rajah 3.4	Agar Darah Pembiakan Bakteria	76
Rajah 3.5	Kerangka Konsep Pemodelan KREB	76
Rajah 3.6	Carta alir Pengiraan Model Regresi Eksponen	82
Rajah 3.7	Proses Pembentukan Algoritma Butstrap	89
Rajah 3.8	Carta Alir Tatacara Kaedah Butstrap	91
Rajah 3.9	Carta Alir Tatacara Kaedah Kabur	98
Rajah 3.10	Carta Alir Tatacara Model KREB	105
Rajah 4.1	Carta Alir Perjalanan Analisis Secara Keseluruhan	126
Rajah 4.2	Penyemakan Kewujudan Titik Terpencil bagi Kajian Kes I	128
Rajah 4.3	Corak Taburan Data Kajian Kes I	128
Rajah 4.4	Kadar pertumbuhan <i>Lactobacillus Salivarius</i> (Fasa I)	130
Rajah 4.5	Kadar pertumbuhan <i>Lactobacillus Salivarius</i> secara linear (Fasa I)	131
Rajah 4.6	Keputusan bagi ujian diagnostik terhadap kesesuaian model regresi linear (Kajian Kes I)	132

Rajah 4.7	Kadar Pertumbuhan <i>Lactobacillus Salivarius</i> (Fasa II)	136
Rajah 4.8	Kadar pertumbuhan <i>Lactobacillus Salivarius</i> secara linear (Fasa II)	137
Rajah 4.9	Keputusan bagi ujian diagnostik terhadap kesesuaian model regresi linear (Kajian Kes II)	138
Rajah 4.10	Penyemakan Kewujudan titik Terpencil bagi Kajian Kes II	148
Rajah 4.11	Corak Taburan Data Kajian Kes II	148
Rajah 4.12	Kadar pertumbuhan <i>Streptococcus Sobrinus</i> (Fasa I)	150
Rajah 4.13	Kadar pertumbuhan <i>Streptococcus Sobrinus</i> secara linear (Fasa I)	151
Rajah 4.14	Keputusan bagi ujian diagnostik terhadap kesesuaian model regresi linear (Kajian Kes I)	152
Rajah 4.15	Plot bagi kadar pertumbuhan <i>Streptococcus Sobrinus</i> (Fasa II)	157
Rajah 4.16	Kadar pertumbuhan <i>Streptococcus Sobrinus</i> secara Linear (Fasa II)	158
Rajah 4.17	Keputusan bagi ujian diagnostik terhadap kesesuaian model regresi linear (Kajian Kes II)	159
Rajah 4.18	Penyemakan Titik Terpencil bagi Kajian Kes III	169
Rajah 4.19	Corak Taburan Data Kajian Kes III	169
Rajah 4.20	Kadar pertumbuhan Sel Tunjang (Fasa I)	171
Rajah 4.21	Kadar Penggandaan Sel Tunjang secara Linear (Fasa I)	172
Rajah 4.22	Keputusan bagi ujian diagnostik terhadap kesesuaian model regresi linear (Kajian Kes III)	173

Rajah 4.23	Plot bagi kadar penggandaan Sel Tunjang (Fasa II)	177
Rajah 4.24	Plot Kadar Penggandaan Sel Tunjang Secara Linear (Fasa II)	178
Rajah 4.25	Keputusan bagi ujian diagnostik terhadap kesesuaian model regresi linear (Kajian Kes III)	179

SENARAI SINGKATAN

SAS	Statistical Analysis System
LS	Kuasa Dua Terkecil
USM	Universiti Sains Malaysia
IPS	Institut Pengajian Siswazah
PPSG	Pusat Pengajian Sains Pergigian
AC	Nilai Titik Tengah
AW	Nilai Radius
ML	Maximum Likelihood
KREB	Kaedah Regresi Eksponen Berintegrasi
OLS	Ordinary Least Squares
DNA	Deoxyribonucleic Acid
MSC	Mesenchymal Stem Cells
SQL	Structured Query Language
NLP	Nonlinear Programming
AIC	Akaike's Information Criterion
BIC	Bayesian Information Criterion
CSS	Corrected Sum Squares

SENARAI SIMBOL DAN UNIT

f^2	Kesan Faktor Saiz
n	Saiz Sampel
α	Aras Keertian
R^2	Kuasa Dua-R
$1 - \beta$	Kuasa
X	Pemboleh ubah Tak Bersandar
Y	Pemboleh ubah Bersandar
μl	<i>Microliter</i>
CFU	<i>Colony Forming Unit</i>
ml	Mililiter

**PEMBANGUNAN DIMENSI BARU BAGI MODEL REGRESI EKSPONEN
(KREB): APLIKASI DALAM SAINS KESIHATAN**

ABSTRAK

Kaedah regresi eksponen merupakan suatu kaedah regresi tak linear yang seringkali digunakan dalam bidang biometrik. Umumnya, model regresi eksponen banyak diaplikasikan dalam bidang penyelidikan terutamanya dalam membuat penganggaran terhadap kadar pertumbuhan bakteria atau virus. Seperti kaedah regresi linear, pemodelan regresi eksponen juga turut melibatkan tatacara perhubungan di antara dua situasi yang dapat diterangkan sebagai pemboleh ubah bersandar dan pemboleh ubah tidak bersandar. Pada asasnya hubungan yang tidak linear ini (iaitu hubungan eksponen) dapat dijelmakan atau di transformasikan kepada bentuk linear (persamaan garis lurus). Menerusi proses transformasi ini, tahap kecekapan sesuatu fungsi model dapat dipertingkatkan atau dapat ditambahbaik. Kajian pada tesis ini memberi fokus utama kepada tatacara pembangunan algoritma fungsi eksponen berintegrasi iaitu Model KREB dengan menitikberatkan teknik-teknik pemodelan yang berteraskan kepada kaedah statistik komputasi dan kaedah statistik lanjutan dengan berbantuan perisian SAS. Model KREB adalah merujuk kepada singkatan Kaedah Regresi Eksponen Berintegrasi. Pada dasarnya, teras penyelidikan ini adalah merujuk kepada kombinasi beberapa kaedah statistik lanjutan yang diintegrasikan ke satu bahasa pengaturcaraan SAS melibatkan kaedah regresi eksponen, kaedah butstrap serta kaedah kabur. Analisis terhadap ketiga-tiga Kajian Kes telah dijalankan secara mendalam dan hasil keputusannya dibandingkan secara menyeluruh. Hasil keputusan pemodelan KREB dibandingkan secara relatif dengan kaedah sedia ada. Keputusan yang diperolehi hasil daripada perbandingan akan memberi maklumat mengenai

kejayaan kaedah pemodelan KREB. Model KREB mempunyai purata selang lebar yang lebih kecil berbanding dengan model sedia ada. Model KREB yang dibina adalah lebih baik berbanding dengan model yang sedia ada serta dapat membuat peramalan dengan lebih cekap dan tepat. Cadangan penyelidikan pada masa hadapan boleh diperluaskan dengan menggunakan kaedah regresi eksponen dengan membuat pembentukan model KREB berasaskan Regresi Separa, Regresi Spatial dan Regresi Poison agar boleh dijadikan sebagai panduan dalam penyelidikan pada masa hadapan. Sebagai kesimpulannya, kaedah pemodelan KREB yang dibangunkan telah berjaya mengoptimumkan hasil keputusan kajian menerusi kaedah pengiraan statistik komputasi.

DEVELOPING A NEW DIMENSION OF EXPONENTIAL REGRESSION

MODEL (KREB): APPLICATION IN HEALTH SCIENCES

ABSTRACT

The exponential regression method is a non-linear regression method that is commonly used in the field of biometrics. Generally, the exponential regression model is often applied in research especially in estimating the growth rate of bacteria and viruses. Similar to the linear regression method, the exponential regression model also involves the relationship between two situations that can be explained in terms of independent and dependent variables. Fundamentally, this non-linear relationship (exponential relationship) can be embodied or transformed into a linear form (linear equation). Through this transformation step, the efficiency of a model function can be improved and enhanced. The main focus of this study is to establish a standard procedure for integrated exponential function algorithm, the KREB Model, with emphasis on the modelling techniques based on the scientific computational statistical method and the advanced statistical method by utilising the SAS software. The KREB Model is short for Integrated Exponential Regression Method. Essentially, this study combines several advanced statistical methods that are integrated into a single SAS programming language involving the exponential method, the bootstrap method as well as fuzzy regression. An in-depth analysis of all three cases was carried out and the results were compared thoroughly. The outcome from the KREB Model was relatively compared with the existing methods. The findings from the comparison will provide information regarding the effectiveness of the KREB Model. The KREB Model has a smaller average interval than the existing model. The KREB Model developed is better than the existing model and can make predictions more efficiently and accurately. Future research proposals can be expanded by using exponential

regression methods by creating a KREB Model based on partial regression, spatial regression and poisson regression so that it can be used as a guide in future research. In conclusion, the KREB Model that was developed has successfully optimised the results of the study through the computational statistical calculation method.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Bab satu menerangkan secara keseluruhan tentang kajian yang ingin dilaksanakan kepada beberapa bahagian subtopik kecil. Pada permulaan bab dalam kajian ini menerangkan tentang pengenalan dan keperluan kaedah model regresi dan perkembangannya dalam dunia penyelidikan. Bab ini juga menerangkan tentang pemodelan secara eksponen dalam bidang sains biologi, kelebihan dan keterbatasan dalam kaedah pemodelan. Selain daripada itu, pernyataan masalah, objektif dan persoalan kajian juga turut dibincangkan. Latar belakang kajian merangkumi segala aspek yang terlibat secara langsung atau tidak langsung di dalam kajian yang ingin dilaksanakan bagi mengupas lebih lanjut tentang komponen-komponen dalam kajian ini. Pernyataan masalah pula menerangkan tentang faktor-faktor yang mendorong kajian ini dilaksanakan hasil daripada masalah-masalah yang timbul daripada penyelidikan yang dijalankan oleh penyelidik-penyelidik terdahulu. Selain daripada itu, objektif dan persoalan kajian juga turut dibincangkan agar kajian ini dapat mencapai objektif dan menjawab persoalan-persoalan kajian yang telah ditetapkan. Bab ini turut menghuraikan justifikasi penyelidikan, sumbangan kajian dan skop kajian bagi memenuhi keperluan kajian penyelidikan yang ingin dijalankan. Bab ini juga menerangkan secara keseluruhan komponen dan kaedah-kaedah yang digunakan dalam kajian ini menerusi carta alir penyelidikan dan organisasi tesis.

1.2 Pengenalan Kepada Model Regresi

Kaedah statistik sangat penting dalam penyelidikan masa kini kerana pelbagai kaedah telah diwujudkan berdasarkan bukti yang kukuh dan sahih bagi memudahkan proses sesuatu kajian. Analisis regresi telah menjadi salah satu model piawai dalam menganalisis sesuatu data yang merangkumi perolehan persamaan statistik daripada analisis yang menghubungkan hubungan di antara pemboleh ubah bersandar dan pemboleh ubah tidak bersandar (Ahmad *et al.*, 2018). Selain itu, analisis regresi juga merupakan salah satu analisis secara pengiraan berkomputer yang sangat berguna dalam bidang statistik dan matematik. Kebanyakan penyelidik dalam bidang lain seperti bidang ekonomi, kejuruteraan, sains biologi, sains kimia dan sains sosial banyak mengaplikasikan analisis multivariat dan penggunaannya secara meluas dalam dunia penyelidikan (Cheng and Jian, 2018). Regresi digunakan sebagai konsep dalam bidang statistik pada tahun 1877 oleh Francis Galton. Istilah regresi bermaksud ramalan atau tafsiran yang pertama kali diperkenalkan oleh Sir Francis Galton. Beliau menjalankan kajian tentang kecenderungan tinggi badan anak dan beliau menyimpulkan bahawa kecenderungan tinggi badan anak yang lahir terhadap ibu bapanya adalah menurun ke arah pada tinggi badan rata-rata penduduk berdasarkan hasil daripada kajian yang telah diperolehi. Kaedah regresi pada mulanya bertujuan untuk membuat perkiraan nilai sesuatu pemboleh ubah (tinggi badan anak) terhadap satu pembolehubah yang lain (tinggi badan ibu bapa) (John Neter *et al.*, 1996; Galton, 1894; Ahmad *et al.*, 2018).

Selain itu, Francis Galton juga telah menjalankan kajian ujikaji tentang penentuan kadar pertumbuhan kacang pea terhadap saiz benihnya. Hasil keputusan daripada uji kaji tersebut mendapati bahawa kadar pertumbuhan benih kacang yang bersaiz kecil

adalah lebih tinggi berbanding kadar pertumbuhan benih kacang yang bersaiz besar. Hasil keputusan ini diperoleh berdasarkan bacaan nilai diameter 100 benih yang dihasilkan oleh pokok kacang tersebut berdasarkan nilai purata yang diambil. Francis Galton telah melaporkan bahawa kebanyakan purata diameter bagi anak kacang adalah merosot dalam lingkungan purata yang biasa. Penyelidikan yang telah dilaksanakan mendapati bahawa terdapat hubungan linear antara diameter pokok kacang dan purata anak kacang dalam lingkungan purata yang biasa (Daniel, 2010).

Penyelidikan dan uji kaji yang telah dijalankan oleh Francis Galton telah menemukan perkataan regresi berdasarkan hasil dapatan kajian yang telah menunjukkan pemboleh ubah berkaitan antara satu sama lain. Hal ini telah membawa kepada pembinaan konsep awal regresi linear. Konsep model regresi linear dan model regresi tak linear diterangkan dengan lebih terperinci seperti dibawah

a) Regresi Linear

Persamaan regresi linear dengan pemboleh ubah tak bersandar x adalah dapat dinyatakan seperti persamaan (1.1)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad i = 1, \dots, n \quad (1.1)$$

dengan

Y_i merupakan nilai pemboleh ubah bersandar

β_1, \dots, β_k merupakan pekali regresi

x_i merupakan nilai pemboleh ubah tak bersandar

ε_i merupakan ralat

Secara umumnya, model regresi linear dalam bentuk matrik bagi persamaan (1.1) adalah dapat ditulis seperti persamaan (1.2)

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

Justeru dengan kaedah kuasa dua terkecil biasa iaitu $\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$

b) Regresi Tak Linear

Regresi tak linear merujuk kepada hubungan pemboleh ubah bersandar dan pemboleh ubah tak bersandar dalam keadaan tidak linear. Bentuk persamaan regresi tak linear adalah seperti (1.3)

$$y_i = f(X_{IK}, y + \varepsilon) \quad (1.3)$$

dengan y_i adalah fungsi parameter tak linear. Salah satu bentuk daripada regresi tak linear adalah seperti persamaan di bawah

$$Y_i = \beta_0 X_i^{\beta_1} \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1.4)$$

iaitu

Y_i merupakan pemboleh ubah bersandar

X_i merupakan pemboleh ubah tak bersandar

β_0 merupakan parameter pemalar

β_1 merupakan parameter pekali regresi yang tidak diketahui

ε_i merupakan pekali dengan $\min \varepsilon_i \approx N(0, \sigma^2)$

n merupakan data kajian

Persamaan (1.4) boleh ditransformasi dalam bentuk persamaan regresi linear iaitu

$\ln Y_i = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln X_i + \varepsilon_i$ dan \ln merupakan logaritma natural. Oleh itu, persamaan

regresi linear adalah seperti $Y_i^* = \beta_0^* + \beta_1 X_i^* + \varepsilon_i^*$.

1.3 Keperluan Model Regresi Tak Linear Berteraskan Kepada Fungsi Eksponen

Model tak linear menarik minat ramai penyelidik dalam pemodelan statistik kerana pengiraan model tak linear menghampiri dengan data sebenar yang digunakan. Hal ini kerana jika bentuk fungsi berbeza daripada data sebenar, anggaran parameter akan menjadi tidak konsisten, pincang dan menghasilkan keputusan yang tidak tepat. Walau bagaimanapun, masalah lain juga mungkin timbul dengan pemasalahan keadaan yang tidak linear dalam kajian (Mahaboob *et al.*, 2018). Pada masa kini, terdapat banyak model yang dibangunkan daripada analisis regresi seperti regresi berganda, regresi kuadratik, model logit, model probit, model regresi eksponen, model pertumbuhan, dan rangkaian neural. Pemodelan dalam dunia penyelidikan kini memerlukan andaian-andaian tertentu bagi tujuan yang digunakan sebagai permulaan terhadap pembinaan model matematik atau statistik. Taburan eksponen adalah mudah dan memberikan penghampiran yang baik dalam penyelidikan tertentu. Salah satu sifat taburan eksponen adalah ianya tidak merosot (*not deteriote*) terhadap sesuatu masa (Ahmad *et al.*, 2018).

Selain itu, model-model tak linear telah digunakan secara meluas dalam menganalisis sesuatu data kajian terutamanya pembinaan model yang melibatkan data sains biologi serta bidang yang berkaitan. Kebanyakan penyelidikan sudah diberi pendedahan kepada kajian yang melibatkan teori dan andaian penganggaran parameter linear. Justeru, penggunaan model-model linear diaplikasikan secara meluas dalam pembangunan metodologi untuk memenuhi andaian regresi linear seperti normaliti, lineariti dan kehomogenan varians (Bijan, 2018). Seterusnya, sesetengah kaedah model tak linear dilaksanakan melalui transformasi logaritma iaitu idea asas regresi

tak linear adalah sama seperti regresi linear yang mana pemboleh ubah bersandar y bertindak balas dengan pemboleh ubah tak bersandar iaitu $x(x_1, \dots, x_k)^T$. Salah satu ciri regresi tak linear adalah persamaan peramalan bergantung kepada regresi tak linear pada satu atau lebih parameter yang tidak diketahui. Ramai penyelidik mengaplikasikan kaedah regresi linear untuk membangunkan sesuatu model. Regresi tak linear biasanya digunakan dalam kajian apabila timbulnya sebab-sebab dalam pembangunan model yang berkaitan dengan hubungan antara pemboleh ubah bersandar dan pemboleh ubah tidak bersandar yang mengikut satu bentuk fungsi yang tertentu (Gordon, 2002).

Model regresi tak linear mempunyai persamaan $y_i = f(x_i, \theta) + \varepsilon_i, i=1, \dots, n$ iaitu y_i adalah pemboleh ubah bersandar dan f adalah vektor kovariat $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ik})^T$ serta parameter vektor $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_p)^T$ dan ε_i adalah ralat rawak. Nilai ε_i biasanya diandaikan tidak mempunyai kolerasi dengan min sifar dan varian. Salah satu model tak linear yang biasa digunakan dalam penyelidikan sains biologi untuk pemodelan bagi pereputan dan pertumbuhan eksponen adalah seperti $f(x, \theta) = \theta_1 \exp(-\theta_2 x)$ (Ruchstuhl, 2010). Model ini boleh dikategorikan sebagai fungsi f yang memuaskan persamaan perbezaan bagi pemalar c iaitu $\frac{\partial f(x, \theta)}{\partial x} = cf(x, \theta)$. Proses ini adalah sangat terperinci dengan menggunakan persamaan perbezaan kepada model fungsi eksponen yang boleh ditulis sebagai $f(x, \theta) = \theta_1 + \sum_{j=1}^k \theta_{2j} \exp(-\theta_{2j} + x_1)$ iaitu k adalah persamaan perbezaan. Selain itu, fungsi eksponen penting dalam kajian sains biologi yang sistematik dan dikenali juga sebagai monotonik bagi peningkatan nilai x yang mewakili masa. Seseengah model tak linear boleh ditukar kepada model linear

dengan mentransformasikan salah satu atau kedua-dua pemboleh ubah yang dikaji. Contohnya, model penurunan eksponen seperti $Y = \theta_1 \exp(-\theta_2 x)$ iaitu $y > 0$ boleh ditukar kedalam bentuk seperti $\ln y = \ln \theta_1 - \theta_2 x$. Jika semua parameter adalah positif dan $\ln y$ adalah lebih simetri daripada y maka keadaan ini sesuai untuk menganggarkan parameter θ_1 dan θ_2 (Ruchstuhl, 2010).

Selain itu, persamaan yang sama juga boleh diaplikasi dalam model $y = \frac{1}{1 + \theta_x}$ iaitu

$y \neq 0$ telah ditukar kepada persamaan linear sebagai persamaan $\frac{1}{y} - 1 = \theta_x$. Menurut

(Gordon, 2002), model yang linear mempunyai beberapa kelebihan yang boleh digunakan untuk mendapatkan nilai daripada pengiraan penganggaran parameter model (Gordon, 2002). Namun begitu, terdapat model regresi tak linear berteraskan kepada fungsi taburan eksponen telah diaplikasikan oleh beberapa orang penyelidik terdahulu iaitu (Gupta dan Kundu, 2001; Nadarajah dan Kotz, 2006; Barreto Souza *et al.*, 2010; Cardeino dan De Castro, 2011; Ristic dan Balakrishnan, 2012; Merovci, 2013; Afify *et al.*, 2016; Mahdi Rasekhi *et al.*, 2017). Contohnya satu kajian yang telah dilaksanakan oleh Mahdi Rasekhi dan rakan-rakan pada tahun 2017 yang bertajuk “*The Modified Exponential Distribution with Application*”.

Dalam kajian tersebut, (Mahdi Rasekhi *et al.*, 2017) telah membina satu model regresi eksponen yang telah diubah suai berdasarkan model regresi eksponen yang telah dibangunkan oleh kajian terdahulu. Beliau dan penyelidik-penyelidik yang lain menggunakan data yang asal tanpa menggabungkan kaedah-kaedah statistik lanjutan yang lain. Oleh yang demikian, berdasarkan kupasan sorotan kajian yang lepas, kajian

ini dilaksanakan bagi membina satu model regresi eksponen berintegrasi yang dikenali sebagai model KREB (gabungan kaedah regresi eksponen dengan kaedah butstrap dan kaedah kabur) menggunakan bahasa pengaturcaraan SAS bagi menambahbaik model yang sedia ada.

1.4 Latar Belakang Dan Perkembangan Penyelidikan

Regresi eksponen adalah salah satu kaedah regresi tak linear iaitu suatu model bagi mendapatkan model tak linear yang merujuk kepada pemboleh ubah bersandar dan pemboleh ubah tidak bersandar. Oleh itu, apabila hubungan fungsi antara pemboleh ubah tak bersandar (x) dan pemboleh ubah bersandar (y) bersifat tak linear, bentuk persamaan tak linear akan diransformasikan ke bentuk persamaan linear. Transformasi pada pemboleh ubah bersandar atau pemboleh ubah tak bersandar atau keduanya boleh dilakukan bagi mendapatkan lineariti daripada hubungan yang tak linear. Model regresi eksponen adalah model yang banyak diaplikasikan dalam kes regresi yang tak linear dalam dunia penyelidikan. Penggunaan regresi tak linear telah dikaji dan dikembangkan oleh penyelidik terdahulu antaranya ialah (Harhara, 2003) yang telah melakukan pengujian parameter regresi tak linear dengan *OLS* namun kajian beliau hanya memberi penekanan kepada model regresi tak linear untuk satu populasi sahaja. Namun begitu, pemasalahan yang sama pada beberapa populasi juga sangat penting untuk diambil perhatian terutamanya dalam pengujian parameter bagi membangunkan sesuatu model. Barmana (2008) telah mengambil pendekatan dalam kajian beliau mengenai persamaan parameter bagi beberapa populasi dengan menggunakan kaedah regresi tak linear. Beliau juga menjalankan pengujian persamaan parameter pada

beberapa model regresi linear dan regresi tak linear dalam membina satu model geometri berdasarkan data Produk Negara Kasar di Malaysia, Bhutan dan Nepal.

1.4.1 Pemodelan Secara Eksponen dalam Bidang Sains Biologi

Kaedah matematik telah diaplikasikan secara meluas oleh penyelidik-penyelidik masa kini untuk menyelesaikan masalah yang timbul dalam bidang biologi. Matematik telah diiktiraf sebagai alat yang berkesan dan mudah untuk menerangkan proses pemodelan dalam bidang biologi, perubatan dan bidang ekologi. Penyelidik terdahulu telah menjalankan beberapa kajian yang melibatkan pemodelan matematik dalam kajian pertumbuhan bakteria yang membawa hasil yang signifikan (Sotirios dan Fernando, 2013). Namun begitu, terdapat pelbagai pendekatan yang telah digunakan daripada kajian lepas untuk pengujian penganggaran parameter dan pemodelan regresi namun penyelidikan ini menggunakan pendekatan kaedah regresi eksponen bagi membangunkan algoritma KREB.

Kaedah regresi eksponen adalah merupakan suatu kaedah regresi tak linear yang seringkali digunakan dalam bidang biometrik. Umumnya, model regresi eksponen banyak diaplikasikan dalam bidang penyelidikan terutamanya dalam membuat penganggaran terhadap kadar pertumbuhan bakteria atau virus. Seperti kaedah regresi linear, pemodelan regresi eksponen juga turut melibatkan tatacara perhubungan di antara dua situasi yang dapat diterangkan sebagai pemboleh ubah bersandar dan pemboleh ubah tidak bersandar. Pada asasnya hubungan yang tidak linear ini (iaitu hubungan eksponen) dapat dijelmakan atau di transformasikan kepada bentuk linear

(persamaan garis lurus). Menerusi proses transformasi ini, tahap kecekapan sesuatu fungsi model dapat dipertingkatkan atau dapat ditambahbaik (Rohim *et al.*, 2019).

Di samping itu, taburan eksponen mempunyai banyak aplikasi dalam bidang biologi dan juga dalam bidang sains kesihatan. Salah satu aplikasi taburan eksponen adalah bilangan masa untuk pertumbuhan dan pereputan bakteria daripada bakteria patogen dengan kadar pertumbuhan berterusan (Ali *et al.*, 2018). Pertumbuhan dan pereputan eksponen mengikut fungsi N yang berubah dengan masa dalam perubahan ΔN dalam fungsi N semasa bilangan masa jangka pendek selang Δt yang berkadar kepada fungsi N dan Δt . Oleh itu, apabila persamaan ini disusun, persamaan akan diperoleh seperti $\frac{\Delta N}{\Delta t} = kN$ dan k adalah pemalar tetap yang boleh dilihat pada persamaan di atas

dan seterusnya, didapati bahawa $k = \frac{\left(\frac{\Delta N}{N}\right)}{\Delta t}$. Pemalar k adalah pecahan $\frac{\Delta N}{N}$ dalam N

setiap unit Δt dan dimensi k adalah $(\text{time})^{-1}$ (Ali *et al.*, 2018). Bakteria dibahagikan melalui pembelahan dedua. Jika keadaan semakin baik, setiap bahagian satu bakteria akan berganda menjadi dua, kemudian dua menjadi empat, dan seterusnya. Proses ini membuktikan bahawa kadar pertumbuhan sesuatu populasi tumbuhan atau bakteria meningkat secara eksponen dengan bilangan masa yang ditetapkan (Ali *et al.*, 2018).

Kadar pertumbuhan pembiakan bakteria biasanya diwakili melalui pertumbuhan lengkung iaitu merupakan plot tumpuan bakteria dari semasa ke semasa seperti plot *semilogarithmic* bagi mengenal pasti peningkatan pembiakan bakteria secara eksponen. Keadaan pertumbuhan bakteria bergantung kepada ciri-ciri bakteria dan keadaan pertumbuhan. Hal ini telah dibuktikan oleh kajian Dean Hathout pada tahun

2012 berkenaan pemodelan populasi pertumbuhan iaitu melibatkan kepada kajian pemodelan eksponen dan hiperbola. Berdasarkan kajian tersebut, Dean Hathout telah membina satu model regresi eksponen dan menggunakan model tersebut untuk membuat peramalan kadar pertumbuhan bagi tahun seterusnya (Dean Hathout, 2013).

1.4.2 Kelebihan dalam Kaedah Pemodelan

Pemodelan matematik telah menjadi salah satu bidang yang sering digunakan oleh penyelidik dalam memperkasakan kaedah-kaedah yang diaplikasi dalam kajian. Selain itu, kajian yang melibatkan model matematik banyak diaplikasikan dalam sains teknologi untuk pengujian dan penganalisan sesuatu model yang dibina. Dunia penyelidikan masa kini telah banyak meningkatkan peluang kepada penyelidik untuk menceburi bahagian dalam dunia penyelidikan bidang sains biologi (Rohim *et al.*, 2020). Sebagai contohnya, pemodelan matematik dalam pertumbuhan penduduk telah menyediakan satu platform yang sangat baik untuk meramalkan pertumbuhan populasi pada masa hadapan sekaligus dapat membantu para penyelidik membuat satu model peramalan daripada model-model yang dibina (Ahmad *et al.*, 2018). Hal ini jelas menunjukkan bahawa model yang dibina dapat diaplikasikan secara meluas serta dapat membantu sesetengah bidang seperti bidang sains kesihatan, sains perubatan dan sains pergigian. Oleh itu, Model KREB dibina dalam kajian ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah model-model yang telah dijalankan terdahulu dengan membina model dimensi baru yang lebih kuat dan kukuh.

Terdapat dua tujuan pembinaan sesuatu model iaitu adalah untuk mendapatkan pemahaman tentang sesuatu Kajian Kes dan dapat meramalkan jawapan kepada satu set input yang dianalisis. Penyelidikan dalam bidang sains biologi semakin pesat

berkembang dan pembinaan model yang lebih komprehensif dan kukuh yang bergantung kepada keupayaan pemilihan satu model daripada pelbagai penyelidikan yang dilaksanakan oleh penyelidik. Menurut (Yusof *et al.*, 2010), penyelidikan yang melibatkan model matematik mempunyai beberapa masalah terutamanya melibatkan penyelidikan dalam pemodelan yang tidak linear. Oleh yang demikian, semua pembinaan dan pengujian model adalah dengan kaedah dan cara yang berbeza (Yusof *et al.*, 2010). Namun, kaedah pemodelan juga terdapat beberapa kelebihan yang mana kajian yang melibatkan pemodelan dapat memberi manfaat kepada para penyelidik dalam usaha untuk mengupas kaedah yang bersesuaian dalam Kajian Kes yang ingin dikaji. Kelebihan yang seterusnya adalah kaedah pemodelan berkemampuan memodelkan struktur dan hubungan antara setiap pemboleh ubah yang dikaji dalam kajian. Kaedah pemodelan yang digunakan dalam kajian ini berupaya membina satu model berintegrasi dengan data kesihatan yang bertujuan untuk membangunkan satu model peramalan yang tepat dan lebih baik. Namun begitu, model yang dibina dapat digunakan pada pemodelan lanjutan serta pembinaan model dengan gabungan kaedah alternatif dapat menghasilkan keputusan yang baik (Ahmad *et al.*, 2017).

(Yusof *et al.*, 2010) telah menjalankan satu kajian tentang “Pemodelan Matematik dan Aplikasinya Terhadap Penyebaran Jangkitan Hantavirus”. Yusof dan penyelidik yang lain telah melaporkan bahawa pemodelan matematik adalah suatu kaedah alternatif bagi menyelesaikan sesuatu kesukaran dan kelemahan pemodelan dalam penyelidikan sama ada di lapangan ataupun di makmal. Hal ini kerana, beberapa bidang seperti bidang fizik, kejuruteraan, kimia, biologi dan psikologi memerlukan pembinaan model matematik bagi mewakili masalah tertentu. Selain itu, kajian terdahulu iaitu “ Aplikasi Model Baharu Penambahbaikan Pendekatan Kalut ke atas Peramalan Siri Masa

Kepekatan Ozon” daripada kajian Norzila dan Salmi pada tahun 2017 telah membuktikan bahawa penambahbaikan penghampiran linear setempat adalah lebih baik berbanding model-model yang lain. Menurut (Norzila dan Salmi, 2017), penemuan model baharu dalam kajian ini diharap dapat membantu memudahkan usaha pihak-pihak yang berkepentingan dalam menguruskan isu pencemaran udara dan khususnya ozon. Hal ini terbukti bahawa model yang ditambahbaik dengan gabungan beberapa kaedah lain adalah lebih baik daripada kaedah sedia ada.

1.4.3 Keterbatasan dalam Kaedah Pemodelan

Dewasa ini, teknik pemodelan menjadi sebahagian dalam penyelidikan yang mana kaedah pemodelan statistik banyak diaplikasikan dalam pelbagai bidang seperti ekonomi, perubatan, sosial sains, dan sains biologi. Oleh yang demikian, sebahagian besar kaedah pemodelan dengan unsur-unsur kaedah statistik yang lain tidak dapat dihuraikan secara terperinci dengan model matematik yang sedia ada. Namun begitu, setiap satu daripada kaedah yang digunakan masih mempunyai keterbatasan dan masalah yang harus dipertimbangkan sebelum melakukan sesuatu analisis dalam penyelidikan. Penyelidik harus menyelidik dan mempertimbangkan kaedah untuk diaplikasikan dalam sesuatu model.

Model regresi banyak aplikasi dalam pelbagai bidang namun terdapat beberapa batasan atau masalah yang boleh berlaku apabila bilangan pemerhatian tidak mencukupi iaitu sampel data dalam kajian adalah terlalu kecil. Selain itu, kaedah statistik juga terbatas dalam mengesahkan andaian taburan dan terdapat masalah kekaburan dalam hubungan di antara input dan output setiap pemboleh ubah. Kaedah

pemodelan juga mempunyai keterbatasan dalam menyelesaikan masalah penyelewengan dan ketidakpastian yang disebabkan oleh sesuatu fungsi linear. Oleh yang demikian, model yang dibina diharapkan dapat digunakan untuk pemodelan dalam bidang lain. Sebelum model diaplikasikan, model akan diuji dan diperiksa terlebih dahulu bagi melihat tahap kualiti model terhadap data yang digunakan agar model yang dihasilkan adalah tepat dan terbaik. Oleh yang demikian, kajian ini telah mengambil inisiatif untuk mengubah suai model yang sedia ada dengan gabungan beberapa kaedah untuk mendapatkan keputusan yang lebih tepat dan berkesan. Tambahan pula, kajian ini mengaplikasikan kaedah regresi eksponen dengan gabungan kaedah butstrap dan kaedah kabur bagi membangunkan satu model berintegrasi yang dinamakan sebagai model KREB.

1.5 Pernyataan Masalah

Setiap kajian yang dijalankan, semestinya didasarkan kepada beberapa isu ataupun masalah yang ingin diselesaikan. Justeru, pada bahagian ini, beberapa isu semasa ingin difokuskan bagi membolehkan isu-isu tersebut dapat diselesaikan dengan baik. Pertamanya, pemodelan terhadap data yang bertaburan secara eksponen adalah dilihat sebagai salah satu kaedah yang sering digunapakai tetapi dapatan yang diperolehi tidak dioptimumkan dari sudut statistik pentaadbitan (Norzila dan Salmi, 2017). Justeru kajian ini mengambil satu inisiatif yang lain untuk menghasilkan satu pembaharuan dari segi struktur pengiraan secara keseluruhan bagi membolehkan hasil dapatan yang dikaji berada pada tahap optimum. Pernyataan masalah kedua adalah merujuk kepada keterbatasan kaedah regresi eksponen dalam mendapatkan nilai parameter yang lebih tepat dan konsisten (Turkmen *et al.*, 2017). Justeru teknik butstrap diaplikasi bagi memastikan nilai parameter yang diperolehi menjadi lebih

stabil dan cekap dalam menganggarkan nilai cerapan baharu. Pernyataan masalah yang ketiga adalah merujuk keterbatasan perisian yang sedia ada dalam pasaran yang tidak membekalkan kaedah analisis yang lebih terperinci kepada penyelidik (Ahmad *et al.*, 2018). Disebabkan hal demikian, kajian yang dijalankan ini lebih bercorak kepada bahasa pengaturcaraan SAS yang menekankan kepada kaedah pengiraan secara biostatistik berkomputer (*Biostatistics Computing*).

Selain itu juga, kajian ini memberi perhatian kepada permasalahan yang dihadapi dari sudut pemodelan biostatistik secara aplikasi sebagai contohnya, pemodelan bakteria yang kurang dikaji tetapi kewujudannya amat penting dalam menentukan tahap kesihatan oral pesakit (Rohim *et al.*, 2020). Tahap pertumbuhan bakteria dalam mulut pesakit (*Lactobacillus Salivarius* dan *Streptococcus Sobrinus*) telah dipilih dan dijadikan salah satu Kajian Kes dalam tesis ini. Hal ini kerana kadar pertumbuhan bakteria amatlah penting bagi membantu pihak tertentu dalam membuat proses keputusan terutamanya dalam menentukan sesuatu kaedah rawatan pesakit (Rohim *et al.*, 2020). Berdasarkan kepada isu yang telah diutarakan pada permasalahan di atas, maka pembaharuan dalam kaedah pemodelan regresi eksponen telah dilihat sebagai satu metodologi yang sangat berpotensi untuk dikaji secara lebih mendalam agar keputusan dan juga kaedah yang diperolehi dapat mengoptimumkan hasil dapatan kajian.

1.6 Objektif Penyelidikan Umum

Kajian ini memberi fokus utama kepada tatacara pembangunan algoritma fungsi eksponen berintegrasi iaitu Model KREB dengan menitikberatkan teknik-teknik pemodelan yang berteraskan kepada statistik komputasi dengan menggunakan perisian SAS.

1.6.1 Objektif Penyelidikan Khusus

Manakala objektif khusus kajian ini merangkumi objektif-objektif yang berikut:

- i. Menentukan corak taburan data adalah secara eksponen serta membuat pewartilannya secara persamaan garis.
- ii. Membangunkan kaedah regresi eksponen berintegrasi yang dikenali sebagai Model KREB dengan mengambil kira unsur kecekapan dan tahap kompetensi model.
- iii. Membuat perbandingan kecekapan dan pentaabiran terhadap kaedah regresi eksponen berintegrasi (Model KREB) dengan kaedah sedia ada.

1.7 Persoalan Kajian

Persoalan kajian juga turut dinyatakan untuk mencapai objektif yang bertepatan dengan tajuk kajian ini. Untuk memenuhi matlamat kajian ini, persoalan kajian telah dikenalpasti iaitu:

- (a) Adakah corak taburan data secara eksponen dapat dikenalpasti dan pewartilannya secara persamaan garis dapat dilaksanakan?

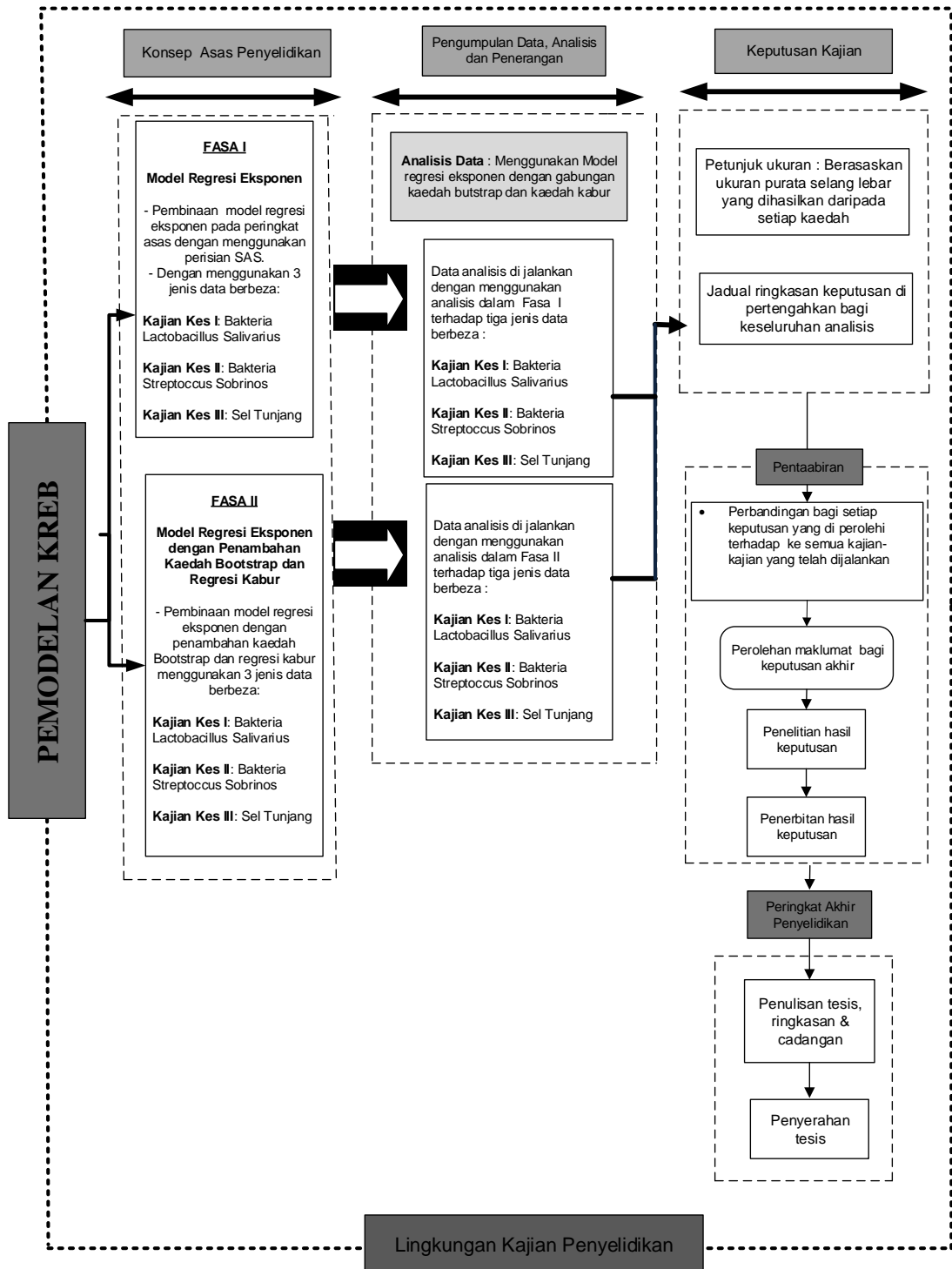
- (b) Adakah kaedah KREB yang dibangunkan menunjukkan tahap kecekapan yang lebih baik?
- (c) Adakah keputusan daripada Model KREB adalah lebih baik berbanding dengan kaedah sedia ada?

1.8 Skop Penyelidikan Kajian

Skop penyelidikan dalam kajian ini merangkumi:

- (a) Skop utama kajian ini adalah pembentukan algoritma kepada pemodelan fungsi KREB yang menitikberatkan kepada unsur kecekapan dan ketepatan pengiraan.
- (b) Selain itu, kajian ini hanya menggunakan perisian SAS sebagai perisian utama dalam pembentukan bahasa pengaturcaraan dan juga medium analisis data. Bahasa pengaturcaraan SAS yang lengkap dibekalkan pada bahagian lampiran untuk menganalisis data secara pemodelan KREB.
- (c) Perbandingan keputusan hanya terhadap kepada analisis data melalui pemodelan KREB menggunakan kaedah butstrap dan kaedah kabur.
- (d) Skop kajian ini, juga turut melibatkan perbandingan serta pengukuran kecekapan kaedah di antara kaedah yang sedia ada dan juga kaedah secara pemodelan KREB.

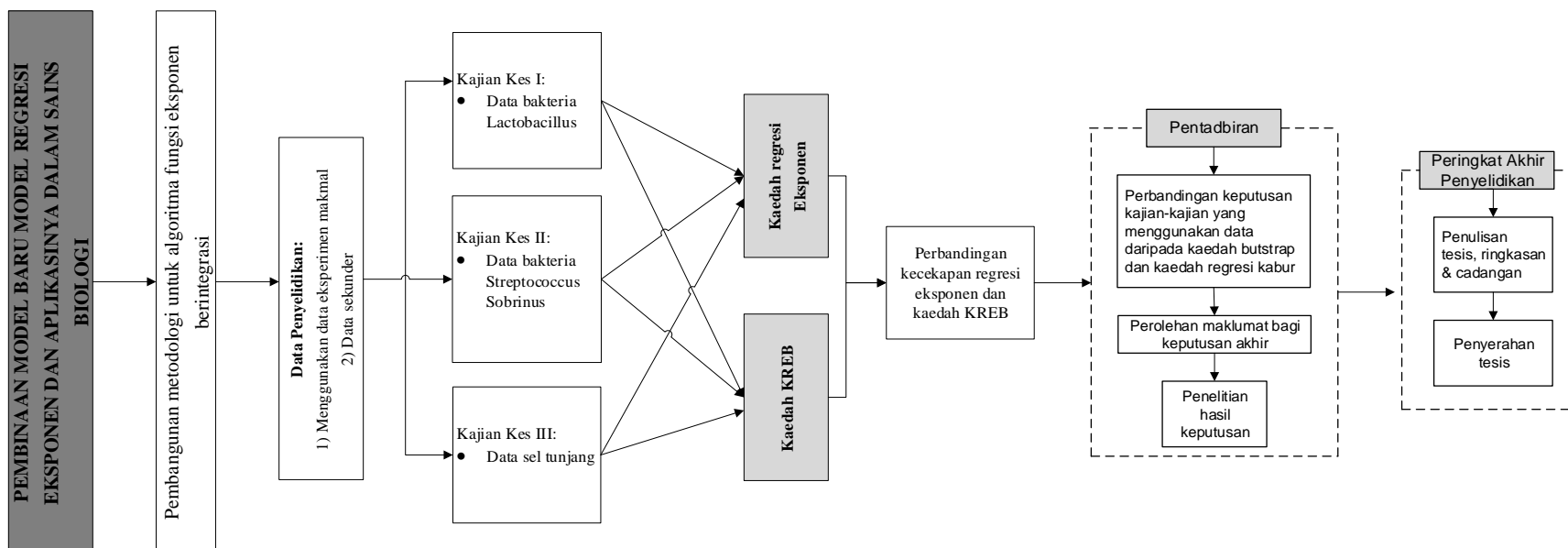
1.9 Kerangka Konsep Penyelidikan



Rajah 1.1: Tatacara Penyelidikan Secara Menyeluruh

1.10 Carta Alir Penyelidikan

Rajah 1.2 dibawah menerangkan tentang carta alir penyelidikan yang menghuraikan mengenai pembangunan metodologi Model KREB.



Rajah 1.2: Carta Alir Penyelidikan Bagi Pemodelan KREB

1.11 Sumbangan Kajian

Kajian penyelidikan ini memberi sumbangan yang sangat penting dari segi penambahbaikan kaedah yang sedia ada, sekaligus penyelidikan ini juga turut menggabungkan beberapa kaedah seperti kaedah pensampelan semula (kaedah butstrap), kaedah regresi eksponen dan kaedah kabur supaya metodologi model yang dibina yang jauh lebih cekap dan berkesan. Pembangunan model regresi eksponen ini diberi nama sebagai Kaedah Regresi Eksponen Berintegrasi (KREB). Pembangunan model KREB memberi beberapa impak yang sangat penting dalam bidang penyelidikan serta secara aplikasi terutamanya dalam bidang sains kaji hayat.

Pembangunan algoritma KREB dibina hasil daripada gabungan kaedah pensampelan semula (butstrap), kaedah penjelmaan (transformasi) model dan kaedah kabur dengan menitikberatkan faktor seperti kecekapan model, ketepatan pengiraan hasil serta menambahbaik penampilan bagi penganggaran parameter model yang dibina sebelum ini. Kajian ini memberi sumbangan penting dalam bidang perubatan mahupun bidang pergigian berdasarkan aplikasi model KREB. Hal ini kerana, kadar pertumbuhan bakteria misalnya dalam kaviti mulut manusia dapat dianggarkan dengan lebih berkesan serta kaedah rawatan juga dapat dipilih sejajar dengan keadaan pesakit tersebut.

Oleh hal yang demikian, penggunaan model KREB dilihat sebagai satu keperluan yang penting untuk membantu pihak yang berkepentingan dalam proses pembuatan keputusan serta merangka tindakan keputusan yang bakal diambil. Selain itu, kajian ini juga memberi penekanan kepada penyelidik tentang pentingnya mengoptimumkan hasil keputusan yang diperolehi serta memberi peluang kepada penyelidik lain untuk

merangka kajian lanjutan pada masa hadapan. Oleh itu, diharapkan bahawa hasil penyelidikan ini bukan sahaja berguna kepada penyelidik dalam bidang ini namun kepada semua lapisan masyarakat.

1.12 Justifikasi Penyelidikan

Penyelidikan ini dijalankan untuk menerangkan tentang keperluan pemodelan regresi eksponen dengan lebih terperinci. Berikut adalah beberapa justifikasi yang telah disenaraikan berdasarkan keperluan penyelidikan yang dilaksanakan.

- a) Keterbatasan kepada kaedah sedia ada dalam memberikan keputusan yang lebih optimum telah mendorong untuk melaksanakan kajian penyelidikan ini secara lebih lanjut dengan menambahbaik metodologi pengiraan secara dasar bagi membolehkan satu metodologi yang dibina kukuh (dikenali sebagai nama pemodelan KREB. Metodologi ini menggabungkan beberapa kaedah dalam satu bahasa pengaturcaraan bagi membentuk satu kaedah regresi tunggal yang melibatkan kaedah butstrap dan juga kaedah kabur. Hal ini dilihat sebagai satu kaedah yang dapat meningkatkan tahap kecekapan dalam kaedah penganggaran parameter.
- b) Keperluan keputusan yang lebih cekap bagi proses pembuatan keputusan turut mendorong kepada tercetusnya idea penambahan model yang dikaji. Hal ini sekaligus dapat menyumbangkan kepada pembangunan metodologi yang seterusnya mempertingkatkan tahap keupayaan hasil analisis data dalam sesuatu projek penyelidikan.

- c) Prosedur-prosedur mengenai keperluan projek penyelidikan ditulis dengan menggunakan bahasa pengaturcaraan SAS. Hal ini diharapkan akan membuka satu lembaran baru kepada penyelidik lain untuk terus mengkaji serta menambahbaik struktur metodologi penyelidikan dari masa ke semasa sejajar dengan keperluan semasa demi memastikan kelestarian serta kesinambungan projek penyelidikan pada masa hadapan. Justeru, bahasa pengaturcaraan diperolehi dan juga keputusan yang lebih baik dapat di pertingkatkan dari masa ke semasa sejajar dengan perkembangan penyelidikan semasa. Selain itu juga, penyelidik dapat membuat perbandingan keputusan secara bijak berdasarkan kepada hasil dapatan kajian yang diperolehi.
- d) Peramalan menggunakan model KREB adalah jauh lebih baik daripada model yang sedia ada berdasarkan kecekapan penganggaran parameter untuk menghasilkan satu model peramalan yang bagus. Terdapat beberapa kajian terdahulu yang telah menggunakan model regresi eksponen untuk membangunkan satu model peramalan yang bagus seperti kajian yang telah dijalankan oleh (Li *et al.*, 2015; Turkmen *et al.*, 2017; Norzila dan Salmi, 2017). Perkembangan penyelidikan yang melibatkan model regresi eksponen telah lama diberi tumpuan walaupun begitu, masih terdapat ruang untuk menambah baik kaedah tersebut. Justeru, kajian ini mengambil satu pendekatan yang lebih agresif, spesifik dan menyeluruh yang mana kajian ini mempertimbangkan kaedah-kaedah lanjutan yang lain terutamanya dalam bidang sains biologi yang melibatkan sel bakteria atau sesuatu sel pertumbuhan.

1.13 Organisasi Tesis

Kajian ini diperlukan untuk pembangunan regresi eksponen yang berintegrasi dengan gabungan kaedah butstrap dan regresi kabur dengan menggunakan perisian SAS. Gabungan kaedah dalam kajian ini adalah untuk membina model berintegrasi bagi pemodelan eksponen yang diaplikasikan dalam tiga Kajian Kes iaitu pertumbuhan bakteria *Lactobacillus*, bakteria *Streptococcus Sobrinus* dan populasi sel tunjang. Terdapat sebanyak lapan bab dalam kajian ini yang merangkumi beberapa bahagian iaitu bahagian pertama adalah pembinaan metodologi, bahagian kedua adalah pengujian dan pembuktian metodologi berdasarkan kaedah pengiraan yang berbeza dan bahagian yang ketiga adalah pengujian dan pembuktian metodologi sedia ada. Tesis dimulakan dengan pendahuluan bab satu yang menerangkan tentang keperluan kaedah model regresi serta perkembangannya dalam penyelidikan. Dalam bab ini juga disertakan dengan sejarah dan latar belakang secara ringkas. Tambahan pula, bab ini juga menerangkan pemodelan secara eksponen dalam bidang sains biologi, kelebihan dan keterbatasan dalam kaedah pemodelan serta menghuraikan pernyataan masalah, objektif penyelidikan, persoalan penyelidikan, hipotesis penyelidikan, skop kajian, kerangka konsep penyelidikan, carta alir penyelidikan, sumbangan kajian, justifikasi penyelidikan dan organisasi tesis.

Seterusnya bab mempersembahkan sorotan kajian dengan menghuraikan pendekatan kaedah statistik dalam bidang sains biologi, sejarah penemuan taburan eksponen, taburan eksponen, keistimewaan taburan eksponen, dan perkembangan kaedah statistik yang lebih teguh. Dalam bab ini juga menyajikan tentang sejarah kaedah butstrap dan kaedah kabur yang menjelaskan tentang kelebihan-kelebihan setiap kaedah ini serta menghuraikan klasifikasi mikroorganisma bakteria dan populasi sel

tunjang yang dipilih dalam kajian ini. Sorotan kajian dalam kajian ini diakhiri dengan rumusan kajian dalam Bab 2. Dalam kajian ini, pengujian dan pembuktian metodologi berdasarkan kaedah pengiraan yang berbeza diterangkan dalam bab tiga dan algoritma menggunakan bahasa pengaturcaraan SAS dikenalkan bagi membangunkan model berintegrasi. Bab tiga juga menerangkan tentang reka bentuk kajian, sampel dan populasi kajian yang meliputi lokasi kajian, jangka masa kajian penyelidikan, penentuan saiz sampel kajian dan teknik pensampelan. Selain itu, dalam bab ini juga menerangkan pengenalan algoritma menggunakan bahasa pengaturcaraan SAS. Penyediaan kaedah pengkulturan data Kajian Kes turut diperjelaskan dalam bahagian metodologi dan satu kerangka konsep pemodelan KREB dibentangkan. Bab tiga dalam kajian ini membentangkan empat bahagian utama iaitu bahagian I mengenai pengenalan kepada model regresi eksponen, bahagian dua menerangkan tentang pengenalan kepada kaedah butstrap, bahagian tiga membentangkan pengenalan kepada kaedah kabur dan bahagian terakhir adalah mengenai pengenalan kepada kaedah pengiraan KREB yang diakhiri dengan rumusan kajian bagi setiap kajian. Bahagian metodologi dalam kajian ini turut menerangkan tentang kaedah penganggaran parameter model, perbandingan keputusan kajian secara keseluruhan, peramalan menggunakan model KREB dan kesimpulan kajian.

Bab empat mempersembahkan keputusan kajian yang telah dijalankan bagi setiap Kajian Kes dalam kajian ini. Bab empat dalam kajian ini terbahagi kepada dua Fasa bagi setiap Kajian Kes. Fasa pertama adalah menerangkan tentang pemodelan kaedah regresi eksponen manakala Fasa II adalah mengenai pemodelan menggunakan kaedah KREB bagi setiap Kajian Kes. Perbandingan keputusan serta kesimpulan bagi ketiga-tiga Kajian Kes dihuraikan setelah pemodelan kaedah regresi dibangunkan dengan