

**KESAN IMPUTASI KE ATAS PENGANGGARAN PEKALI  
KEBOLEHITLAKAN.**

**oleh**

**LIM AH KENG**

**Tesis yang diserahkan untuk  
memenuhi keperluan bagi Ijazah  
Sarjana Sains**

**DISEMBER 2008**

## PENGHARGAAN

Ucapan ribuan terima kasih dirakamkan kepada Prof. Madya Dr. Abdul Rahman Othman, penyelia utama dalam kajian ini. Selain daripada kesabaran dan keprihatinan beliau membimbing saya yang mentah dalam komputer dan lemah dalam penulisan, ikhtiar beliau dalam menuntut pertimbangan semula daripada pihak IPS akibat kegagalan permohonan kursus sarjana saya, serta cadangan beliau menangani masalah kelewatan permohonan tempoh lanjutan pencalonan saya agar dikecualikan daripada tindakan denda oleh pihak PPPJJ, amat dihargai. Kenangan-kenangan tersebut begitu manis sekali dan saya kecapai dengan rasa bangga.

Saya juga mengambil kesempatan mengucapkan terima kasih kepada Timbalan Canselor USM yang meluluskan kebenaran menggunakan data JIM414; Prof. Madya Dr. Hanafi Atan dan Prof. Madya Ghazali Ismail yang sudi menjadi perujuk saya; Prof. Madya Mohd. Razha Hj. A. Rashid yang memberi nasihat dan Prof. Madya Dr. Faridah Ibrahim yang mengemukakan beberapa perkara penting ketika seminar usul kajian. Kemudahan-kemudahan daripada pihak PPPJJ dalam membantu menyempurnakan kajian ini turut saya hargai.

Rakaman terima kasih juga disampaikan kepada kawan karib Ang Boon Suen yang melanjutkan pengajian ijazah kedoktoran di Texas, USA; adik saya Seng Poh serta ahli keluarga saya atas sokongan dan galakan. Begitu juga kepada cikgu En Hashnan Hashim yang menyelamatkan data jana ketika berlaku kerosakan komputer saya.

Akhir sekali, berterima kasih kepada isteri saya, Hoon Choo, anak sulung Yi Liang dan adiknya, Chuan Kern serta Chuan Leed kerana prihatin terhadap kesulitan-kesulitan yang saya harungi sepanjang kajian ini.

# JADUAL KANDUNGAN

Tajuk	Muka surat
<b>PENGHARGAAN</b>	ii
<b>JADUAL KANDUNGAN</b>	iii
<b>SENARAI JADUAL</b>	viii
<b>SENARAI RAJAH</b>	xi
<b>SENARAI SIMBOL</b>	xii
<b>SENARAI KEPENDEKAN</b>	xiii
<b>ABSTRAK</b>	xiv
<b>ABSTRACT</b>	xvi
<b>BAB 1 : PENGENALAN</b>	1
1.0 : LATAR BELAKANG KAJIAN	1
1.1 : RASIONAL KAJIAN	5
1.2 : TUJUAN	7
1.3 : KEPENTINGAN KAJIAN	9
1.4 : MASALAH PENYELIDIKAN	11
1.4.1: Sumber Data	12
1.4.2: Pemilihan Markah Penilaian Kursus	12
1.4.3: Penentuan Rekabentuk Ujikaji	14
1.4.4: Punca Masalah Data Hilang	15
1.4.5: Pemilihan Kaedah Imputasi	16
1.4.6: Pemilihan Kaedah Penganggaran	17
<b>BAB 2 : SOROTAN LITERATUR</b>	19
2.0 : PENGENALAN	19
2.1 : TEORI KEBOLEHITLAKAN (TEORI-G)	20
2.1.1: Perspektif Sejarah	22
2.1.2: Konsep Asas Dalam Teori-G	24
2.1.2.1: Konsep Semesta	24
2.1.2.2: Semesta Cerapan Teraku	25
2.1.2.3: Semesta Pengitlakan	25
2.1.2.4: Skor Semesta	26
2.1.2.5: Faset	26
2.1.2.6: Objek Pengukuran	27
2.1.3: Konsep Statistik Dalam Teori-G	28
2.1.4: Kajian Kebolehitlakan (Kajian-G)	28
2.1.5: Kajian Keputusan (Kajian-D)	30
2.1.6: Pekali Kebolehitlakan (Pekali-G, $\rho$ )	31
2.1.7: Penganggaran Pekali-G, $\rho$	34
2.2 : DATA HILANG	35
2.2.1: Mekanisma Data Hilang	36
2.2.2: Kesan Data Hilang Ke Atas Penganggaran	38
2.2.3: Pengurusan Data Hilang	39
2.2.3.1: Pengguguran (Deletion)	39
2.2.3.2: Pengisian (Fill-in)	40
2.2.4: Penyelesaian Masalah Data Hilang	40
2.2.4.1: Kaedah Berdasarkan Prosedur	41
2.2.4.2: Prosedur Berdasarkan Imputasi	41
2.2.4.3: Prosedur Pemberat (Weighting Procedures)	41

2.2.4.4: Prosedur Berdasarkan Model	42
2.3 : KESEIMBANGAN DATA	43
2.4 : PENILAIAN KEBAGUSAN PENGANGGARAN	45
2.4.1: Kesaksamaan	48
2.4.2: Min Ralat Kuasa Dua (MRKD)	49
2.5 : MODEL CAMPURAN	51
2.5.1: Keputusan Asas Dalam Model Campuran	51
2.6 : REGRESI IMPUTASI	53
2.6.1: Konsep Asas Imputasi Regresi	53
2.6.2: Penganggaran Data Hilang Melalui Regresi Imputasi	54
2.7 : KAEDAH PENGANGGARAN KEBOLEHJADIAN MAKSIMUM (MLE)	56
2.7.1: Konsep Asas Penganggaran Kebolehjadian Maksimum (MLE)	57
2.7.2: Penganggaran Komponen Varians Melalui Kaedah MLE	57
2.7.3: Sifat-Sifat Penganggaran Kebolehjadian Maksimum (MLE)	59
2.7.3.1: Kekonsistenan	59
2.7.3.2: Ketakvarianan	60
2.7.3.3: Kecekapan	60
2.8 : KAEDAH PENGANGGARAN MOMEN	61
2.8.1: Konsep Asas Dalam Kaedah Penganggaran Momen	62
2.8.2: Sifat-Sifat Penganggaran Kaedah Momen	63
2.8.2.1: Kesaksamaan	63
2.8.2.2: Anggaran Negatif	63
2.9 : PENGANGGARAN PEKALI-G ( $\rho$ ), SELANG KEYAKINAN PEKALI-G (SK- $\rho$ ), VARIANS PEKALI-G (V- $\rho$ ) DAN MRKD PEKALI-G (MRKD- $\rho$ )	65
2.9.1: Set Data Tak Seimbang Yang Terdapat Data Hilang	66
2.9.1.1: Penganggaran $\rho$	66
2.9.1.2: Penganggaran Selang Keyakinan $\rho$ (SK- $\rho$ )	66
2.9.1.3: Penganggaran Varians $\rho$ (V- $\rho$ ) Secara Hampiran	68
2.9.1.4: Penganggaran MRKD $\rho$ (MRKD- $\rho$ )	69
2.9.2: Set Data Seimbang	70
2.9.2.1: Penganggaran $\rho$	70
2.9.2.2: Penganggaran Selang Keyakinan $\rho$ (SK- $\rho$ )	70
2.9.2.3: Penganggaran Varians $\rho$ (V- $\rho$ ) Secara Hampiran	71
2.9.2.4: Penganggaran MRKD $\rho$ (MRKD- $\rho$ )	71
<b>BAB 3 : METODOLOGI</b>	72
3.0 : PENGENALAN	72
3.1 : BAHAGIAN PENGANALISISAN DATA NYATA	74
3.1.1: Penentuan Saiz Data	79
3.1.2: Penentuan Peratus Data Hilang	81

3.1.3: Analisis Corak Taburan Data Hilang Mengikut Soalan Bagi Data Nyata	82
3.1.4: Penentuan Peratus Data Hilang Pada Setiap Soalan (Item)	83
3.2 : BAHAGIAN SIMULASI	85
3.2.1: Algoritma (Langkah Simulasi)	85
3.2.2: Dimensi Set Data Yang Disimulasikan Untuk Dikaji	86
3.3 : BAHAGIAN ANALISIS	88
3.3.1: Penganggaran	88
3.3.1.1: Komponen Varians Faktor ( $\sigma_\alpha^2, \sigma_\beta^2, \sigma_e^2$ )	88
3.3.1.2: Penganggaran $\rho$	90
3.3.1.3: Penganggaran V- $\rho$ , MRKD- $\rho$ Dan Panjang Selang $\rho$ (PS- $\rho$ )	91
3.3.2: Perbandingan Penganggaran	91
3.3.2.1: Efek Saiz Data	92
3.3.2.2: Efek Peratus Data Hilang	93
3.3.2.3: Efek Imputasi	94
<b>BAB 4 : KEPUTUSAN DAN ANALISIS</b>	97
4.0 : PENGENALAN	97
4.1 : SET DATA LENGKAP	98
4.1.1: Efek Saiz Data : Min $\hat{\rho}$	99
4.1.2: Kebagusan Kaedah Penganggaran : Min V- $\hat{\rho}$ , Min MRKD- $\hat{\rho}$ Dan Min PS- $\hat{\rho}$	101
4.1.3: Statistik Tambahan Set $\hat{\rho}$	103
4.1.4: Varians Anggaran $\hat{\rho}$ (Varians- $\hat{\rho}$ )	104
4.2 : SET DATA HILANG	105
4.2.1: Efek Saiz Data : Min $\hat{\rho}$ Merentasi Saiz Data	106
4.2.2: Efek Peratus Data Hilang : Min $\hat{\rho}$ Merentasi Peratus Data Hilang	109
4.2.3: Efek Imputasi : Peratus Perbezaan Min $\hat{\rho}$ Terimputasi Dari $\rho^*$	113
4.2.4: Kebagusan Kaedah Penganggaran : Min V- $\hat{\rho}$ , Min MRKD- $\hat{\rho}$ Dan Min PS- $\hat{\rho}$	114
4.2.5: Statistik Tambahan Set $\hat{\rho}$	118
4.2.6: Varians Set $\hat{\rho}$ (Varians- $\hat{\rho}$ )	120
<b>BAB 5 : PERBINCANGAN</b>	122
5.0 : PENGENALAN	122
5.1 : EFEK SAIZ DATA KE ATAS PENGANGGARAN $\rho$	125
5.2 : EFEK PERATUS DATA HILANG KE ATAS PENGANGGARAN $\rho$	126
5.3 : EFEK IMPUTASI KE ATAS PENGANGGARAN $\rho$	130
5.4 : PENENTUAN KEBAGUSAN KAEDAH PENGANGGARAN $\rho$	133
5.4.1: Data Lengkap	134

5.4.2: Data Hilang	135
5.5 PENGANGGARAN PEKALI-G DAN PENGITLAKANNYA	140
5.5.1: Efek Faktor Saiz Data	141
5.5.2: Efek Faktor Peratus Data Hilang	141
5.5.3: Efek Imputasi	142
5.5.4: Pemilihan Kaedah Penganggaran	142
<b>BAB 6 : KESIMPULAN</b>	144
6.0 : RUMUS KAJIAN	144
6.1 : HASIL KAJIAN	146
6.2 : BATASAN KAJIAN	149
6.3 : CADANGAN KAJIAN LANJUTAN	150
<b>RUJUKAN</b>	152
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	160
<b>LAMPIRAN A</b>	161
A.1 : Program SAS Membina Fail Arahan Pensampelan Semula Bagi Saiz Data $20 \times 6$	161
A.2 : Program SAS Membina Fail Arahan Pensampelan Semula Bagi Saiz Data $35 \times 6$	162
A.3 : Program SAS Membina Fail Arahan Pensampelan Semula Bagi Saiz Data $50 \times 6$	163
A.4 : Program SAS Menyemak Kecekapan Data Varians	164
<b>LAMPIRAN B</b>	165
B.1 : Program SAS Menggugurkan Data Dari Set Data Jana Dan Menyusun Semula Dalam Bentuk Matriks Secara Makro	165
B.2 : Kedudukan Sel Data Yang Akan Digugurkan Mengikut Saiz Data Dan Peratus Data Hilang.	166
<b>LAMPIRAN C</b>	169
C : Program SAS Menjalankan Imputasi Regresi Beresidual Ke Atas Set Data Hilang Secara Makro Dan Menyusun Semula Dalam Bentuk Matriks	169
<b>LAMPIRAN D</b>	171
D.1 : Program SAS Mendapatkan Nilai $K_{1w}$ Untuk Digunakan Dalam Penganggaran $\rho$ , $V-\rho$ , $MRKD-\rho$ Dan $SK-\rho$	171
D.2 : Keputusan $K_{0w}$ , $K_{1w}$ , $N_p$ , $N_e$ , $F_1$ Dan $F_2$ Mengikut Saiz Data Dan Peratus Data Hilang	172
<b>LAMPIRAN E</b>	173
E : Program SAS Menganggarkan $\rho$ , $V-\rho$ , $MRKD-\rho$ Dan $SK-\rho$	173

LAMPIRAN F	174
F.1 : Keputusan Anggaran Komponen Varians Data Jana	174
F.2 : Keputusan Anggaran Komponen Varians Data Hilang	174
F.3 : Keputusan Anggaran Komponen Varians Data Imputasi	175

## SENARAI JADUAL

<b>Jadual</b>	<b>Tajuk</b>	<b>MukaSurat</b>
Jadual 2.1	Darjah Kebebasan Mengikut Jenis Keseimbangan Data Bagi Model Rawak Dua Hala Tanpa Interaksi	44
Jadual 2.2	Jangkaan Min Hasil Tambah Kuasa Dua Faktor Bagi Model $a \times b$ Yang Tak Seimbang	44
Jadual 3.1	Hasil Analisis Bagi Komponen Varians Faktor Bagi Peperiksaan JIM 414 Sidang Akademik 1996/97, 1997/98 Dan 1998/99	76
Jadual 3.2	Nisbah Komponen Varians Bagi Kesan Faktor Pelajar, Kesan Faktor Item Dan Kesan Faktor Ralat Berdasar Tahun Sidang Akademik, Purata Dan Julat Purata Komponen Varians, Kursus JIM414	78
Jadual 3.3	Bilangan Pelajar JIM 414 Bagi Sidang Akademik 1996/97, 1997/98 Dan 1998/99	80
Jadual 3.4	Jumlah Bilangan Data Hilang Yang Dilakukan Oleh Pelajar Kursus JIM 414	81
Jadual 3.5	Hasil Analisis Kekerapan Data Hilang Mengikut Soalan Bagi Setiap Tahun Sidang Akademik, Kursus JIM 414	82
Jadual 3.6	Peratus Data Hilang Mengikut Soalan Bagi Peperiksaan Kursus JIM 414, Sidang Akademik 1996/97, 1997/98 Dan 1998/99	83
Jadual 3.7	Peratus Data Hilang Pada Setiap Soalan Peperiksaan JIM 414	84
Jadual 3.8	Bilangan Data Hilang Mengikut Dimensi Kajian	84
Jadual 3.9	Bilangan Data Hilang Pada Setiap Soalan Mengikut Dimensi Kajian	84
Jadual 3.10	Dimensi Peratus Data Hilang Dan Saiz Data Yang Akan Dijalankan	87
Jadual 3.11	Penganggaran Pekali-G Bagi Set Data Jana Bagi Kaedah MLE Dan Kaedah Momen	90
Jadual 3.12	Penganggaran Pekali-G Set Data Hilang Bagi Empat Kaedah Penganggaran	90
Jadual 3.13	Penganggaran $V-\rho$ , MRKD- $\rho$ Dan PS- $\rho$ Bagi Set Data Jana Daripada Kaedah MLE Dan Kaedah Momen	91



Jadual 3.14	Penganggaran $V-\rho$ , MRKD- $\rho$ Dan PS- $\rho$ Bagi Set Data Hilang Daripada Empat Kaedah Penganggaran	91
Jadual 4.1	Min $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE Dan Kaedah Momen, Data Jana	99
Jadual 4.2	Min $V-\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE Dan Kaedah Momen , Data Jana	101
Jadual 4.3	Min MRKD- $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE Dan Kaedah Momen, Data Jana	102
Jadual 4.4	Min Anggaran Batas Selang Keyakinan 95% ( $\alpha = 0.95$ ) Dua Sisi Pekali-G( $\rho$ ) Daripada Kaedah MLE Dan Kaedah Momen ,Data Jana	103
Jadual 4.5	Min Anggaran Panjang Selang Keyakinan 95% ( $\alpha = 0.95$ ) Dua Sisi $\rho$ Daripada Kaedah MLE Dan Kaedah Momen, Data Jana	103
Jadual 4.6	Rangkuman Kebarangkalian Set $\hat{\rho}$ (RK- $\hat{\rho}$ ) Daripada Kaedah MLE Dan Kaedah Momen, Data Jana	104
Jadual 4.7	Varians- $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE Dan Kaedah Momen, Data Jana	105
Jadual 4.8	Min $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE, Kaedah Momen, Kaedah MLE Berimputasi Dan Kaedah Momen Berimputasi, Peratus Data Hilang Merentasi Saiz Data . Nilai Sasaran $\rho^*$ , 0.8000	107
Jadual 4.9	Min $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE, Kaedah Momen, Kaedah MLE Berimputasi Dan Kaedah Momen Berimputasi, Saiz Data Merentasi Peratus Data Hilang. Nilai Sasaran $\rho^*$ , 0.8000	110
Jadual 4.10	Peratus Perbezaan Min $\hat{\rho}$ Bagi Kaedah MLE Berimputasi Dan Kaedah Momen Berimputasi Dari Nilai Sasaran $\rho^*$ , 0.8000 Merentasi Saiz Data	113
Jadual 4.11	Peratus Perbezaan Min $\hat{\rho}$ Bagi Kaedah MLE Berimputasi Dan Kaedah Momen Berimputasi Dari Nilai Sasaran $\rho^*$ , 0.8000 Merentasi Peratus Data Hilang	114
Jadual 4.12	Min $V-\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE, Kaedah Momen, Kaedah MLE Berimputasi Dan Kaedah Momen Berimputasi	115

Jadual 4.13	Min MRKD- $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE, Kaedah Momen, Kaedah MLE Berimputasi Dan Kaedah Momen Berimputasi	116
Jadual 4.14	Min Anggaran Batas Selang Keyakinan 95% ( $\alpha = 0.95$ ) Dua Sisi $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE, Kaedah Momen, Kaedah MLE Berimputasi Dan Kaedah Momen Berimputasi	117
Jadual 4.15	Min Anggaran Panjang Selang Keyakinan 95% ( $\alpha = 0.95$ ) Dua Sisi $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE, Kaedah Momen, Kaedah MLE Berimputasi Dan Kaedah Momen Berimputasi	118
Jadual 4.16	Rangkuman Kebarangkalian Set Anggaran Pekali- $G(\rho)$ Daripada Kaedah MLE, Kaedah Momen, Kaedah MLE Berimputasi Dan Kaedah Momen Berimputasi : Saiz Data Merentasi Peratus Data Hilang	119
Jadual 4.17	Rangkuman Kebarangkalian Set Anggaran Pekali- $G(\rho)$ Daripada Kaedah MLE, Kaedah Momen, Kaedah MLE Berimputasi Dan Kaedah Momen Berimputasi : Peratus Data Hilang Merentasi Saiz Data	119
Jadual 4.18	Varians $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE, Kaedah Momen, Kaedah MLE Berimputasi Dan Kaedah Momen Berimputasi	121
Jadual 5.1	Perbandingan Purata Min $\hat{\rho}$ Data Hilang Dengan Min $\hat{\rho}$ Data Jana Bagi Kaedah MLE	127
Jadual 5.2	Perbandingan Min Set Anggaran $\rho$ Antara Set Data Jana (Kaedah MLE) Dan Set Data Imputasi (Kaedah MLE Berimputasi)	132
Jadual 5.3	Perbandingan Min Set Anggaran $\rho$ Antara Set Data Jana (Kaedah Momen) Dan Set Data Imputasi (Kaedah Momen Berimputasi)	132

## SENARAI RAJAH

<b>Rajah</b>	<b>Tajuk</b>	<b>MukaSurat</b>
Rajah 2.1	Proses-proses Dalam Kajian-G, Teori – G	30
Rajah 3.1	Carta Aliran Kajian	95
Rajah 4.1	Plot Kotak Set $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE Merentasi Saiz Data, Data Jana	100
Rajah 4.2	Plot Kotak Set $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah Momen Merentasi Saiz Data, Data Jana	100
Rajah 4.3	Plot Kotak Set $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE (kiri) Dan Kaedah Momen (Kanan) Merentasi Saiz Data Pada Kategori 25% Data Hilang	108
Rajah 4.4	Plot Kotak Set $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE Berimputasi (Kiri) Dan Kaedah Momen Berimputasi (Kanan) Merentasi Saiz Data Pada Kategori 25% Data Hilang	109
Rajah 4.5	Plot Kotak Set $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE (Kiri) Dan Kaedah Momen (Kanan) Merentasi Peratus Data Hilang Pada Kategori Saiz Data 35×6	111
Rajah 4.6	Plot Kotak Set $\hat{\rho}$ Daripada Kaedah MLE Berimputasi (Kiri) Dan Kaedah Momen Berimputasi (Kanan) Merentasi Peratus Data Hilang Pada Kategori Saiz Data 35×6	112

## SENARAI SIMBOL

Simbol	Maksud	Muka Surat
$\rho$	Pekali kebolehlakan.	3
$\rho^*$	Pekali kebolehlakan sasaran.	8
$\rho_b$	Pekali kebolehlakan dengan $n$ item.	34
$\hat{\rho}$	Pekali kebolehlakan teranggar.	68
$\hat{\rho}_n$	Pekali kebolehlakan teranggar dengan $n$ item.	35
$\hat{\rho}'$	Pekali kebolehlakan teranggar dari set data tak lengkap.	71
$\hat{\rho}_n'$	Pekali kebolehlakan teranggar dari set data lengkap $n$ item.	70
$\hat{\sigma}_{\hat{\rho}}$	Sisihan piawai teranggar bagi $\rho$ .	69
$\hat{\sigma}_{\hat{\rho}}^2$	Varians teranggar bagi $\rho$ .	69
$\hat{\sigma}_{\hat{\rho}L}^2$	Batas bawah varians teranggar bagi $\rho$ dari set data hilang.	69
$\hat{\sigma}_{\hat{\rho}U}^2$	Batas atas varians teranggar bagi $\rho$ dari set data hilang.	69
$\hat{\sigma}_{\hat{\rho}L}'^2$	Batas bawah varians teranggar bagi $\rho$ dari set data lengkap.	71
$\hat{\sigma}_{\hat{\rho}U}'^2$	Batas atas varians teranggar bagi $\rho$ dari set data lengkap.	71

## SENARAI KEPENDEKAN

Kependekan	Maksud	Muka Surat
BA- $\hat{\rho}$	Batas atas pekali kebolehitlakan teranggar.	102
BB- $\hat{\rho}$	Batas bawah pekali kebolehitlakan teranggar.	102
MRKD- $\hat{\rho}$	Min ralat kuasa dua $\rho$ teranggar.	97
MRKD- $\rho$	Min ralat kuasa dua $\rho$ .	20
MRKD- $\rho$ '	Min ralat kuasa dua $\rho$ daripada set data lengkap.	71
PRK	Pengukuran rujukan kriteria.	32
PRN	Pengukuran rujukan norm.	32
PS- $\hat{\rho}$	Panjang selang keyakinan $\rho$ teranggar.	97
PS- $\rho$	Panjang selang keyakinan $\rho$ .	88
RK- $\hat{\rho}$	Rangkuman kebarangkalian $\rho$ teranggar.	104
SK- $\rho$	Selang keyakinan $\rho$ .	20
SNTA	Sempadan nilai terkeluar atas bagi plot kotak.	107
SNTB	Sempadan nilai terkeluar bawah bagi plot kotak.	107
V- $\hat{\rho}$	Varians $\rho$ teranggar.	97
V- $\rho$	Varians $\rho$ .	20

## ABSTRAK

Kejadian data hilang menimbulkan masalah ketaksaksamaan anggaran parameter bagi kebanyakan penyelidikan dan eksperimen sains. Imputasi merupakan salah satu penyelesaian yang sering digunakan dalam menangani masalah data hilang. Imputasi mengubah struktur set data hilang dan implikasinya, ciri-ciri statistik bagi set data hilang asal mengalami perubahan. Tujuan kajian ini adalah untuk mengkaji kesan imputasi ke atas penganggaran pekali kebolehitlakan (atau pekali-G,  $\rho$ ) dalam teori kebolehitlakan (teori-G). Skop kajian ini juga merangkumi kajian efek peratus data hilang, efek saiz data dan penentuan kaedah penganggaran terbaik dalam penganggaran  $\rho$ . Kaedah-kaedah penganggaran yang digunakan adalah kaedah kebolehjadian maksimum, momen, MLE berimputasi dan momen berimputasi.

Metodologi kajian ini terbahagi kepada tiga bahagian: penganalisan data nyata, penjanaan data simulasi dan penganalisan data simulasi. Penganalisan data nyata melibatkan proses menganalisis markah-markah peperiksaan bagi suatu kursus pada Sidang Akademik 1996/97, 1997/98 dan 1998/99 yang dianjurkan oleh Universiti Sains Malaysia. Bahagian penjanaan data simulasi menjana data simulasi berdasarkan ciri-ciri statistik daripada bahagian analisis data nyata. Data simulasi adalah lengkap dengan cerapan tunggal pada setiap sel. Daripada setiap set data simulasi, dijalankan penghilangan data mengikut peratus data hilang yang ditetapkan dan kemudian diikuti dengan imputasi. Bahagian penganalisan data simulasi melibatkan penganggaran  $\rho$ , penganalisan efek saiz data, efek peratus data hilang, efek imputasi dan penentuan kebagusan kaedah penganggaran.

Keputusan kajian ini menunjukkan keempat-empat kaedah penganggaran memberikan min  $\hat{\rho}$  yang meningkat merentasi saiz data. Ditinjau merentasi peratus data hilang, min  $\hat{\rho}$  daripada kaedah MLE agak stabil. Terdapat penurunan drastik min  $\hat{\rho}$  bagi kaedah momen. Terdapat pertambahan yang berekanada min  $\hat{\rho}$  bagi kaedah

MLE berimputasi dan momen berimputasi. Min  $\hat{\rho}$  daripada kaedah berimputasi lebih tinggi berbanding dengan kaedah tanpa imputasi bagi setiap dimensi data. Bagi set data lengkap, min  $\hat{\rho}$  daripada kaedah MLE dan momen, kaedah MLE berimputasi dan momen berimputasi adalah hampir sama bagi setiap dimensi data.

Kesimpulannya, saiz data mempunyai kesan perkadaran terus ke atas penganggaran  $\rho$ . Peratus data hilang memperlihatkan kesan berbeza-beza terhadap arah perubahan anggaran  $\rho$ , tertakluk kepada kaedah penganggaran yang digunakan. Imputasi menghasilkan kesan peningkatan ke atas anggaran  $\rho$  bagi setiap kaedah penganggaran yang digunakan. Kaedah MLE lebih unggul dalam menganggarkan  $\rho$ . Bagi set data lengkap dengan cerapan tunggal pada setiap sel, kaedah MLE dan kaedah momen serta kaedah MLE berimputasi dan momen berimputasi memberikan anggaran  $\rho$  yang hampir sama bagi setiap dimensi data.

## ABSTRACT

The occurrence of missing data brought about problems of parameter estimation bias to most research and science experiments. Imputation is one of the means frequently used in handling problems of missing data. Imputation reconstructs the structure of the incomplete data set. The implications are, the statistical properties of the formal incomplete data set undergo a change. The main purpose of this research is to study the imputation effect on the estimation of generalizability coefficient ( $\rho$ ) in generalizability theory (G-theory). The research investigates the effect of missing data, effect of data size on the estimation method of  $\rho$ . Subsequently, the best method of estimating  $\rho$  subjected to missing data is sought. The chosen estimation methods are maximum likelihood (MLE), method of moments, imputed MLE and imputed method of moments.

The methodology of this research is divided into three parts; real data analysis, data simulation and simulated data analysis. Real data analysis comprises analysis of the examination marks of a course offered by Universiti Sains Malaysia for the academic years of 1996/97, 1997/1998/, and 1998/1999. Data simulation part generating simulated data based on statistical properties obtained from the real data analysis. Simulated data sets are complete data sets with single observation in each cell. Data deletion is then imposed onto each simulated data set subjected to the fixed missing data percentages. With simulated data, the following analyses were carried out; the estimation of  $\rho$ , the determination of the effects of data size, missing data percentage, and imputation on the estimation of  $\rho$ , and the determination of the best method of estimation of  $\rho$ .

Results showed that the four chosen estimation methods produced increasing mean  $\hat{\rho}$  across data sizes. When surveying across missing data percentages we observed that mean  $\hat{\rho}$  from MLE method to be quite stable; mean  $\hat{\rho}$  from method of moments



decreased drastically; mean  $\hat{\rho}$  from imputed MLE and imputed method of moments monotonously increased. For complete data sets, mean  $\hat{\rho}$  from MLE and method of moments were nearly the same. This was also observed for the both of the imputed methods.

The conclusions are, data size factor has direct proportional effect on the estimation of  $\rho$ ; missing data percentage factor affects the direction of change of  $\hat{\rho}$  subjected to the estimation method used; imputation caused over-estimation of  $\rho$ ; MLE is the best method of estimation of  $\rho$ . For complete data sets with single entry in each cell, MLE and method of moments give nearly the same estimate of  $\rho$  for all conditions.

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **1.0 LATAR BELAKANG KAJIAN**

Bagi seorang guru yang mengendalikan sesuatu ujian atau peperiksaan di sekolah lazimnya masalah yang dihadapi adalah tentang cara untuk mentaabir markah yang diperolehi oleh pelajar-pelajar daripada ujian atau peperiksaan tersebut. Penganalisisan, interpretasi dan pentaabiran yang tepat ke atas sejumlah bilangan markah yang telah diperolehi oleh pelajar amat penting. Maklumat yang diperolehi seperti faktor-faktor yang mempengaruhi pencapaian markah di kalangan pelajar serta perkara-perkara yang tersirat di sebalik ujian atau peperiksaan tersebut dapat dikesan dan difahami. Umpamanya seorang pelajar berkeupayaan menjawab dengan betul 30 soalan daripada 40 soalan aneka pilihan bagi mata pelajaran Fizik di peringkat sekolah menengah. Dalam perkiraan peratus, 30 soalan betul daripada 40 soalan adalah bersamaan dengan 75%. Markah 75% mungkin cukup untuk menghasilkan kesimpulan bahawa darjah kesukaran item kertas Fizik berkenaan rendah jika sekiranya ramai pelajar berjaya memperolehi markah lebih daripada 75%. Dalam situasi yang sama, 75% ini mungkin mencerminkan item-item dalam kertas tersebut sukar jika markah ini hanya diperolehi oleh seorang pelajar sahaja, dan ramai pelajar mendapat markah di bawah 45%. Justeru itu, timbulah persoalan: Bagaimanakah caranya untuk mengesahkan kesahihan kesimpulan yang dibuat?

Masalah-masalah interpretasi dan pengitlakan terhadap markah yang diperolehi oleh sebilangan pelajar daripada sesuatu peperiksaan dapat diselesaikan di bawah disiplin psikometri. Disiplin psikometri merangkumi aspek-aspek psikologi, pendidikan

dan bidang statistik. Proses psikometri meliputi pelbagai peringkat. Peringkat dasar termasuk pengendalian penilaian seperti soal rekabentuk alat ujian, bilangan pemeriksa, cara pengurusan sesuatu penilaian dan perkara-perkara yang hendak dinilai. Peringkat selanjutnya mencakupi proses pengumpulan data, proses interpretasi dan proses pengitlakan yang dilakukan berdasarkan maklumat dari sampel ke atas populasi data. Pada peringkat ini perhatian diberikan kepada soal kebolehpercayaan (reliability) dan kesahan (validity) bagi data yang terkumpul.

Magnusson (1967) dan Suen (1990) dalam perbincangan Teori Ujian (Test Theory) menyentuh dua kaedah asas dalam interpretasi populasi markah (data). Kaedah pertama adalah pendekatan Interpretasi Rujukan Norma (Norm Referenced Interpretations), kaedah kedua adalah pendekatan Interpretasi Rujukan Kriteria (Criterion Referenced Interpretation). Di dalam kaedah Interpretasi Rujukan Norma, markah ujian ditafsirkan dalam konteks sebaik mana prestasi seseorang pelajar relatif kepada prestasi pelajar lain dalam kumpulan tersebut. Contohnya, berdasarkan markah yang diperolehi oleh pelajar dalam peperiksaan Matematik Tambahan peringkat sekolah menengah, pelajar-pelajar dapat diasingkan secara individu mengikut daya penguasaan mereka dalam Matematik Tambahan tersebut berdasarkan markah yang mereka perolehi.

Manakala di dalam kaedah Interpretasi Rujukan Kriteria, markah ujian pelajar ditafsirkan dalam konteks sebaik mana pelajar telah menguasai beberapa unit kemahiran tertentu. Umpamanya dalam penilaian lesen memandu yang (pernah) dijalankan oleh Jabatan Pengangkutan Jalanraya, keputusan penilaian secara bertulis calon hanya diberi gred lulus atau gagal sahaja. Jumlah markah yang calon perolehi tidak dibandingkan dengan calon yang lain.

Selain daripada pendekatan Interpretasi Rujukan Norma dan pendekatan Interpretasi Rujukan Kriteria yang telah disentuh, teori kebolehtlakan (generalizability

theory atau teori-G) menyediakan satu kaedah interpretasi sesuatu populasi data. Ilham teori-G dicetuskan oleh ahli-ahli psikometri Cronbach, Gleser, Nanda dan Rajanatham pada tahun 1972, teori-G berjaya dilahirkan oleh mereka di bawah karya bertajuk “ The Dependability Of Behavioral Measurements ”.

Cronbach, et al. (1972) menggunakan komponen varians faktor sebagai asas dalam perkembangan teori-G. Peranan dan kepentingan komponen varians faktor dalam teori-G juga dapat diperhatikan dalam karya-karya ahli psikometri seperti Fyans (1983), Crocker & Algina (1986), Suen (1990), Shavelson & Webb (1991) dan Brennan (1992). Mereka menjelaskan bagaimana markah diuraikan kepada pelbagai kesan faktor yang terlibat sehingga wujudnya komponen varians faktor berkenaan di bawah teori-G. Contohnya, bagi model kesan rawak dua hala faset tunggal pelajar  $\times$  item ( $i \times j$ ), markah yang diperolehi  $y_{ij}$  oleh pelajar ke- $i$  dalam soalan (item) ke- $j$  dipartisikan kepada sebutan min keseluruhan  $\mu$ , kesan pelajar, kesan item dan kesan ralat. Daripada kesan pelajar, kesan item dan kesan ralat ini terhasilnya komponen varians faktor pelajar, faktor item dan faktor ralat masing-masing. Komponen varians faktor ini boleh diolah untuk membentuk fungsi komponen varians faktor yang dikenali sebagai pekali kebolehppercayaan  $\rho$  (pekali kebolehitlakan atau pekali-G) dalam teori -G.

Setiap komponen varians faktor menggambarkan variasi faktor ujikaji berkenaan. Contohnya dalam suatu penilaian formal (sama ada ujian atau peperiksaan bertulis), komponen varians faktor pelajar menunjukkan perbezaan kebolehan penguasaan pengetahuan atau kemahiran terhadap bidang yang dinilai di kalangan pelajar. Komponen varians item mencerminkan darjah kesukaran antara satu item penilaian dengan item penilaian yang lain. Komponen varians ralat pula menggambarkan kewujudan ralat yang mempengaruhi kesahihan keseluruhan penilaian berkenaan. Umpamanya ralat boleh berpunca daripada beberapa faktor seperti faktor kesesuaian dan keselesaan fizikal tempat penilaian itu dijalankan, faktor kesihatan

pelajar dan ketidakcukupan persediaan untuk menghadapi penilaian berkenaan, faktor peruntukan masa yang kurang sesuai bagi item penilaian (contohnya, item penilaian yang sukar dan memerlukan jawapan yang panjang diperuntukkan masa yang singkat) dan faktor keberkesanan pihak pentadbir penilaian.

Penganggaran pekali kebolehpercayaan  $\rho$  menjadi intipati dalam kajian ini. Dalam konteks teori kebolehitlakan, pekali kebolehpercayaan ditakrifkan sebagai nisbah varians skor semesta kepada varians skor tercerap (Cronbach, et al., 1972). Dalam bentuk nisbah dua sebutan varians ini telah memperlihatkan bahawa pekali kebolehpercayaan  $\rho$  merupakan fungsi komponen varians bagi kesan setiap faktor yang berkenaan. Penganggaran  $\rho$  dijalankan dengan mengeksploitasikan keadaan  $\rho$  sebagai fungsi komponen varians iaitu, menganggar komponen varians yang merupakan faktor kepada  $\rho$  dan menggunakan hasil anggaran komponen varians ini untuk menganggarkan nilai  $\rho$ . Dalam teori kebolehitlakan kaedah analisis varians (ANOVA) digunakan sebagai satu kaedah untuk menganggarkan nilai anggaran komponen varians yang dikehendaki. Dalam kaedah ANOVA, hasil tambah kuasa dua (SS) setiap faktor model dibahagikan dengan sebutan darjah kebebasan (DK) faktor berkenaan untuk memperolehi min hasil tambah kuasa dua faktor (MS). Seterusnya dikira jangkaan min hasil tambah kuasadua (EMS) bagi setiap faktor model. EMS dituliskan dalam sebutan komponen varians faktor model. Akhirnya dengan menyamakan MS bagi faktor model berkenaan serta aplikasi olahan matematik mudah dapat menghasilkan nilai anggaran komponen varians yang diperlukan dalam pengiraan pekali kebolehpercayaan  $\rho$ .

Istilah pekali kebolehpercayaan, pekali kebolehitlakan dan pekali-G merujuk kepada pekali (indeks) yang sama. Istilah ini akan digunakan secara saling tukar ganti mengikut bahagian perbincangan sepanjang kajian ini.

Penganggaran pekali kebolehpercayaan  $\rho$  dalam kajian ini akan dijalankan dalam dua keadaan data yang berlainan, yakni set data lengkap dan set data hilang. Perbezaan antara data lengkap dan data hilang terletak pada kelengkapan dan kesempurnaan pemasukan set data berkenaan. Bagi set data lengkap, pemasukannya lengkap. Sementara bagi set data hilang, pemasukannya tidak lengkap. Penganggaran  $\rho$  dimulakan pada set data lengkap melalui kaedah penganggaran kebolehjadian maksimum (MLE) dan kaedah penganggaran momen. Selepas ini penganggaran  $\rho$  dijalankan terhadap set data hilang melalui empat kaedah penganggaran iaitu kaedah MLE, kaedah momen, kaedah MLE berimputasi dan kaedah momen berimputasi. Set data hilang diperolehi melalui proses penghilangan data ke atas set data lengkap. Set data imputasi diperolehi melalui proses imputasi yakni, mengimputkan data ke atas pemasukan data yang terhilang.

Tumpuan akan diberikan kepada hasil penganggaran bagi keadaan set data hilang. Walaubagaimanapun, hasil penganggaran dari keadaan data lengkap juga tidak kurang pentingnya apabila tibanya peringkat untuk membandingkan kesan imputasi ke atas pekali kebolehpercayaan yang teranggar dari kaedah-kaedah penganggaran yang tersebut di atas.

## **1.1 RASIONAL KAJIAN**

Kajian ini memerlukan beberapa teori dan konsep dalam bidang penilaian seperti teori psikometri, teori ujian dan teori kebolehitlakan (teori-G). Teori-teori dan konsep penilaian seumpama ini merupakan bingkai asas kepada kajian ini. Aplikasi teori dan konsep berkenaan bertujuan untuk memperlicin dan membulatkan prosedur kajian terutamanya dalam isu penganggaran komponen varians kesan setiap faktor. Perkara-perkara yang perlu dipertimbangkan dalam kajian ini adalah seperti markah peperiksaan

pelajar, soal darjah kesukaran item peperiksaan, pemeriksa, keadaan struktur data, kaedah penganggaran dan sebagainya. Oleh itu rasional kepada kajian ini adalah:

a) Masalah data hilang sering berlaku dalam kebanyakan penyelidikan atau eksperimen sains yang melibatkan pengumpulan data. Kejadian data hilang boleh berpunca daripada faktor tidak terkawal dan faktor terkawal. Faktor tidak terkawal adalah seperti fenomena kematian, kehilangan, kerosakan, ketidakhadiran, masalah bencana alam dan seumpamanya, sepanjang kajian berkenaan. Fenomena-fenomena tersebut menyebabkan bilangan data tertentu terhapus daripada populasi data asal dalam kajian yang sedang dijalankan. Faktor data hilang terkawal pula merujuk kepada penghilangan data secara terkawal dan sengaja yang dilakukan ke atas suatu populasi data dalam kajian. Penghilangan ini boleh berbentuk kuantitatif dan kualitatif. Contoh penghilangan berbentuk kuantitatif adalah seperti pengguguran data mengikut peratus data hilang tertentu; penghilangan berbentuk kualitatif pula melibatkan pengguguran faktor ujikaji yang bukan berbentuk data seperti pengguguran sampel tertentu mengikut jantina, umur atau jenis pekerjaan. Penghilangan data dalam kajian kami adalah berbentuk kuantitatif dengan pengguguran data bukan sahaja mengikut peratus data hilang yang ditentukan bagi setiap set data, malahan bilangan data yang akan digugurkan juga ditetapkan pada item-item tertentu. Tujuannya adalah untuk menyelidik kesan penghilangan data ke atas penganggaran  $\rho$  dan anggaran-anggaran yang lain.

b) Tidak terdapat kajian mengenai penganggaran pekali kebolehpercayaan  $\rho$  bagi teori kebolehtlakan yang melibatkan data simulasi, data hilang dan proses imputasi regresi bersama dalam bidang pendidikan khususnya penilaian. Kajian-kajian yang telah dilakukan biasanya melibatkan rekabentuk tak seimbang tanpa data hilang; menggunakan data mentah dan bukan data simulasi; tidak memerlukan aplikasi imputasi; menggunakan kaedah imputasi yang berlainan dan kebanyakan kajian

berkaitan dengan bidang perindustrian, bidang farmasi dan bidang perubatan.

Oleh itu adalah wajar suatu kajian berhubung penganggaran pekali kebolehppercayaan  $\rho$  dijalankan yang menggunakan keadaan set data hilang serta menggabungkan proses imputasi regresi dengan kaedah penganggaran yang berlainan.

c) Keunggulan imputasi menyediakan satu kaedah untuk menganggarkan nilai yang terhilang daripada sesuatu populasi data. Imputasi menggunakan nilai-nilai sekitar nilai yang terhilang untuk meramal satu nilai bagi menggantikan nilai yang terhilang itu. Nilai ramalan ini walaupun tidak akan sama dengan nilai asal yang hilang tetapi sesuai dengan taburan set data berkenaan. Oleh itu imputasi merupakan satu-satunya cara untuk meramalkan pemasukan data yang hilang daripada sesuatu set data. Bagi kajian yang memerlukan data penuh tetapi menggunakan set data hilang sebagai permulaan kajian, maka penggunaan imputasi tidak dapat dipisahkan.

## 1.2 TUJUAN

Tujuan utama kajian ini adalah untuk mengkaji kesan imputasi ke atas nilai pekali kebolehppercayaan  $\rho$  yang teranggar daripada kaedah penganggaran yang berlainan. Oleh kerana terdapat dua keadaan set data (data lengkap sebelum penghilangan dan data tak lengkap hasil daripada penghilangan), maka setiap keadaan set data memberi nilai anggaran  $\rho$  yang berlainan. Perbezaan nilai  $\rho$  yang teranggar daripada setiap keadaan set data tersebut diteliti dan dibandingkan.

Penganggaran pekali kebolehppercayaan  $\rho$  akan dijalankan dengan menggunakan empat kaedah penganggaran yang berlainan. Tujuan kedua bagi kajian ini adalah untuk mengenalpasti dan menentusahkan kaedah penganggaran terpilih yang terbaik dalam menganggar  $\rho$  bagi suatu populasi data yang mempunyai masalah data hilang. Kaedah-kaedah penganggaran yang terpilih adalah:



- (i) Kaedah MLE.
- (ii) Kaedah momen.
- (iii) Kaedah MLE berimputasi, dan
- (iv) Kaedah momen berimputasi.

Dalam menentukan kebagusan kaedah penganggaran, anggaran daripada keempat-empat kaedah penganggaran ini dibandingkan dengan anggaran  $\rho^*$ , iaitu nilai sasaran yang diperolehi daripada kaedah MLE bagi skor pelajar asal.  $\rho^*$  bertindak sebagai tanda aras (benchmark) dalam perbandingan kepada kaedah penganggaran lain.  $\rho^*$  daripada kaedah MLE dipilih sebagai tanda aras bandingan kerana ia konsisten, paling berkesan dan cukup jika wujud (Saxena & Surendran, 1973). Tambahan pula menurut Zacks (1971) dan Rohatgi (1984), penganggar kaedah MLE adalah penganggaran normal secara asimptotik paling baik jika keadaan-keadaan kenalaran (regularities) tertentu dipenuhi. Keadaan-keadaan kenalaran yang dimaksudkan ialah :

- i)  $\Theta$  , ruang parameter adalah nyata.
- ii)  $\frac{\partial}{\partial \theta} (f(x, \theta))$  wujud dan terhingga, untuk semua  $\theta \in \Theta$
- iii)  $\int \left| \frac{\partial^i}{\partial \theta^i} (f(x, \theta)) \right| \mu dx < \infty$ ,  $\mu$  adalah min taburan dan untuk semua  $\theta \in \Theta$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots$
- iv)  $E_{\theta} \left[ \frac{\partial}{\partial \theta} \log(f(x, \theta)) \right]^2 < \infty$ , untuk semua  $\theta \in \Theta$  .

Selain daripada kepelbagaian kaedah penganggaran, set data yang terlibat dalam kajian ini juga berbeza dari segi dimensinya. Misalannya, set-set data sama ada set data penuh ataupun set data hilang, mempunyai saiz data yang berlainan di samping berbeza peratus data hilangnya. Perbezaan dimensi set data yang terlibat mewujudkan satu aspek baru yang perlu dikaji dalam hubungan dengan pekali kebolehpercayaan yang

teranggar. Justeru itu kajian terhadap perhubungan di antara faktor saiz data dengan faktor peratus data hilang ke atas  $\rho$  yang teranggar merupakan tujuan ketiga dalam kajian ini. Apakah  $\rho$  yang teranggar akan berubah jika saiz data dibesarkan/dikecilkan pada peratus data hilang yang ditetapkan? Begitu juga apakah yang akan berlaku ke atas anggaran  $\rho$  jika terdapat penambahan ataupun pengurangan peratus data hilang apabila saiz set data dikekalkan? Jika anggaran pekali ini berubah ,bagaimana arah perubahannya (bertambah atau berkurang)? Secara ringkasnya objektif-objektif kajian ini ialah:

- i. Mengkaji kesan imputasi ke atas nilai pekali kebolehpercayaan  $\rho$  yang teranggar daripada kaedah penganggaran yang berlainan.
- ii. Mengenalpasti dan menentusahkan kaedah penganggaran terpilih yang terbaik dalam menganggar  $\rho$  bagi set data hilang.
- iii. Meneliti perhubungan di antara faktor saiz data dengan faktor peratus data hilang ke atas  $\rho$  yang teranggar.

### **1.3 KEPENTINGAN KAJIAN**

Kajian ini menyumbangkan garis panduan dalam memilih kaedah penganggaran terbaik bagi menganggar pekali kebolehpercayaan suatu populasi data. Empat kaedah penganggaran terpilih digunakan dalam menganggar pekali kebolehpercayaan  $\rho$  dalam kajian ini. Kebagusan dan keberkesanan setiap kaedah penganggaran dapat dikenalpasti berdasarkan keputusan perbandingan dan penganalisan pekali kebolehitlakan  $\rho$  yang teranggar. Tambahan pula kajian ini merangkumi proses imputasi dan keadaan set data yang mempunyai masalah data hilang. Masalah data hilang sememangnya suatu kejadian yang sering terjadi dalam kebanyakan eksperimen sains.

Kaedah penganggaran yang baik seharusnya menghasilkan penganggar parameter yang mempunyai ciri-ciri penganggar yang baik. Sifat-sifat penganggar yang baik termasuk: saksama, min ralat kuasa dua (MRKD) yang minimum, cekap, konsisten dan saksama bervarians minimum secara seragam (PSVMS). Ini amat mustahak kerana parameter teranggar yang dihasilkan untuk sebarang tujuan perkiraan statistik dan tafsiran psikometri menentukan kejituan pengitlakan dan memberikan gambaran sebenarnya mengenai maklumat yang tersirat dalam sesuatu populasi data. Oleh itu satu gambaran yang komprehensif untuk memilih kaedah penganggaran yang mampu memberi nilai Pekali Kebolehpercayaan yang baik amat diperlukan.

Nilai pekali kebolehpercayaan  $\rho$  teranggar serta magnitud komponen varians teranggar bagi setiap kesan faktor dapat membantu dalam membuat pengitlakan daripada suatu sampel data terhadap suatu populasi data. Kajian ini dimulakan dengan maklumat ciri-ciri taburan termasuk komponen varians dari sampel data yang bilangannya kecil. Walaupun pada peringkat ini nilai  $\rho$  bagi sampel data ini boleh dikira, tetapi nilai pekali tersebut kurang jitu untuk digunakan bagi membuat pengitlakan ke atas populasi data keseluruhan. Pendek kata pengitlakan yang dibuat dengan bergantung kepada saiz sampel data yang kecil harus dipersoalkan kesahihan pengitlakan itu. Untuk menangani masalah saiz sampel data dan kesahihan pengitlakan, proses simulasi set data menggunakan ciri-ciri taburan sampel data dilaksanakan. Tindakan ini membanyakkan bilangan set data simulasi dan seterusnya membolehkan lebih banyak bilangan  $\rho$  dapat dihasilkan. Pertambahan bilangan anggaran  $\rho$  secara tidak langsung meminimumkan varians taburan set anggaran  $\rho$ . Dari ini dapat mengukuhkan lagi darjah kesahihan pengitlakan yang dibuat terhadap sesuatu populasi data.

Kepentingan ketiga bagi kajian ini adalah untuk mengesan darjah kesahan dan kebolehpercayaan proses penilaian dalam pendidikan berdasarkan pekali

kebolehpercayaan  $\rho$  yang dianggar. Proses penilaian formal dalam pendidikan diadakan pada setiap peringkat pengujian. Bermula daripada sekolah rendah hingga ke tahap institusi pengajian tinggi. Pengukuran kedua-dua aspek penilaian ini tidak sempurna jika hanya berpandukan pencapaian pelajar secara individu ataupun berdasarkan peratusan lulus gagal keseluruhan. Maklumat lanjut yang boleh diperolehi daripada skor-skor pelajar dan indeks statistik perlu digunakan bersama bagi menyokong kesimpulan pengukuran terhadap kesahan dan kebolehpercayaan proses penilaian tersebut. Oleh itu nilai pekali kebolehpercayaan  $\rho$  yang teranggar berperanan sebagai kayu pengukur kepada kesahan dan kebolehpercayaan proses penilaian.

Kepentingan sampingan daripada kajian pekali kebolehpercayaan  $\rho$ , teori kebolehtarikan adalah pemanfaatan pengertian fungsi komponen varians setiap faktor yang terlibat. Nilai komponen varians bagi kesan faktor pelajar, kesan faktor item dan kesan faktor ralat menggambarkan kevarianan setiap faktor. Perbezaan tahap kemampuan pelajar, perbezaan darjah kesukaran item dan kesan keseluruhan ralat yang tersirat didedahkan melalui magnitud komponen varians. Daripada ini para guru sekolah, penganjur-penganjur kursus serta penganalisis data dalam kilang perindustrian boleh memanfaatkan maklumat komponen varians untuk memahami kevarianan setiap faktor dan memperbaiki pengurusan organisasi masing-masing.

#### **1.4 MASALAH DALAM PENYELIDIKAN**

Beberapa perkara yang merupakan masalah penyelidikan perlu direnung dan diteliti bagi menjamin kesempurnaan dan kredibiliti kajian ini. Antaranya adalah: sumber data, pemilihan markah penilaian kursus, pemilihan kaedah imputasi, pemilihan kaedah penganggaran, penentuan rekabentuk ujikaji dan punca masalah data hilang.

#### **1.4.1 Sumber Data**

Sumber data yang digunakan dalam kajian ini adalah markah (skor) pelajar daripada peperiksaan bagi satu kursus Matematik yang diuruskan oleh Universiti Sains Malaysia. Data primer ini hanya diperlukan bagi mendapatkan ciri-ciri taburan tertentu sahaja dan tidak diperlukan untuk proses-proses selanjutnya. Ciri-ciri taburan berkenaan (data skunder) akan digunakan untuk proses simulasi set data bagi kajian ini. Antara maklumat ciri taburan yang dikehendaki adalah:

- i) Struktur dan dimensi ujian.
- ii) Statistik –statistik ringkas ujian.
- iii) Komponen-komponen set data primer dan
- iv) Pola data hilang mengikut item.

Ini bermakna hanya data skunder iaitu maklumat ciri-ciri taburan diperlukan dalam kajian ini untuk penjanaan set data. Data skunder ini boleh diperolehi seperti berikut: Data primer atau data mentah dianalisis bagi mendapatkan maklumat-maklumat seperti komponen varians faktor, peratus dan bilangan data hilang bagi setiap nombor item (soalan), kategori saiz data yang akan ditetapkan dan seumpamanya.

#### **1.4.2 Pemilihan Markah Penilaian Kursus**

Oleh kerana pihak Pusat Pengajian Pendidikan Jarak Jauh (PPPJJ), Universiti Sains Malaysia menawarkan pelbagai kursus, ini menimbulkan masalah memilih markah penilaian dari kursus-kursus ini untuk memperolehi data skunder. Markah dari sebarang kursus boleh dipilih dengan syarat skala pemberian markah bagi penilaian kursus tersebut adalah sama bagi setiap item. Contohnya format penilaian kursus itu mempunyai 10 soalan (item), setiap soalan diperuntukkan jumlah markah yang sama. Markah dari setiap item merupakan satu unit data. Dengan ini seorang pelajar yang menjawab kesemua 10 soalan penilaian akan menyumbangkan 10 unit data.

Keduanya kategori item dalam penilaian kursus berkenaan hendaklah homogen bentuknya. Jika soalan pertama dalam konteks perbincangan di atas berbentuk aneka pilihan, maka 5 soalan selebihnya juga harus berbentuk aneka pilihan; begitu juga jika soalan pertama berbentuk jawapan pendek, 5 soalan selebihnya haruslah berbentuk jawapan pendek juga. Markah kursus yang item penilaiannya berbentuk heterogen tidak dipilih kerana masalah penyumbangan tidak sekata kepada pengiraan indeks kebolehpercayaan bagi ujian yang diberikan.

Ketiganya kursus tersebut dikendalikan oleh pensyarah tunggal dan kertas peperiksaan kursus tersebut diperiksa oleh pensyarah yang berkenaan. Pensyarah yang berlainan menyampaikan bahan pengajaran dengan teknik penyampaian berlainan dan menjalankan aktiviti pengajaran berbeza walaupun sukatan pelajaran kursus adalah sama. Begitu juga perkara yang dititikberatkan dan cara permarkahan oleh pensyarah berlainan juga berbeza bagi soalan peperiksaan yang sama. Keadaan ini diambilkira bagi menghindarkan masalah variasi daripada kesan faktor pensyarah dalam kajian ini.

Pemilihan markah peperiksaan kursus bagi tiga sidang akademik (1996/1997, 1997/1998 dan 1998/1999) secara berturut-turut adalah untuk memastikan kesinambungan ciri-ciri statistik bagi data mentah. Jika markah diambil dari tahun sidang akademik yang tidak berturutan (contohnya, dari sidang akademik 1990/1991, 1994/1995, 1998/1999), maka perubahan ciri-ciri statistik pada set markah bagi sidang akademik yang tidak dipilih tidak dapat dikesan. Begitu juga aspek saiz data dan peratus data hilang yang mungkin berubah dengan mendadak bagi set markah sidang akademik yang tidak terpilih kedua-duanya telah diabaikan dalam penentuan saiz data dan peratus data hilang nanti.

Persoalan seterusnya adalah mengapa hanya memilih tiga sidang akademik yang berturutan sahaja dan tidak lebih dari tiga sidang akademik? Sebenarnya jika boleh lebih banyak sidang akademik berturutan yang sesuai dipilih lebih baik bagi

memperbaiki kepercayaan ciri-ciri statistik data mentah dalam kajian ini. Akan tetapi setelah diselidiki, didapati sepanjang tempoh sesuatu kursus itu ditawarkan ia telah mengalami banyak perubahan dari pelbagai segi. Umpamanya dari segi sumber pengajar (pensyarah yang berlainan), kandungan kursus, pemberatan kursus (unit yang diperuntukkan), bilangan kerja kursus tersebut dan sebagainya. Perubahan-perubahan sedemikian menyebabkan aspek kemantapan dan kebolehpercayaan ciri-ciri statistik data mentah terjejas. Masalah ini merupakan batas pemilihan bilangan sidang akademik berturutan yang sesuai. Oleh itu, pemilihan tiga sidang akademik berturutan dari 1996/1997 hingga 1998/1999 diputuskan. Ini memastikan masalah kemantapan dan kebolehpercayaan ciri-ciri statistik data mentah tidak timbul.

#### **1.4.3 Penentuan Rekabentuk Ujikaji**

Peperiksaan bagi kursus Matematik yang dikendalikan oleh USM diadakan pada akhir sidang akademik. Dalam peperiksaan Matematik berkenaan, arahan diberikan kepada pelajar dimana pelajar bebas menjawab mana-mana 5 soalan daripada 6 soalan yang disediakan. Sejurus dengan arahan ini, setiap pelajar akan kehilangan markah bagi sekurang-kurangnya satu soalan daripada 6 soalan. Set data nyata (markah) yang terkumpul berbentuk tak lengkap akibat daripada aplikasi penghilangan data terkawal melalui arahan peperiksaan. Dalam pada itu, setiap soalan diperuntukkan 100 markah. Setiap soalan terdapat beberapa subsoalan dan jumlah kesemua markah daripada setiap subsoalan bersamaan 100 markah.

Markah pelajar  $y_{ij}$  merupakan pembolehubah bersandar kepada kesan faktor pelajar, kesan faktor item dan kesan ralat setelah menetapkan pemeriksa (penilai). Jelas bahawa nilai  $y_{ij}$  ditentukan oleh faktor pelajar (kebolehan), faktor item (kesukaran) dan faktor ralat. Model taburan statistik dalam keadaan sedemikian adalah model kesan rawak dua hala. Nilai  $y_{ij}$  bagi setiap item adalah hasil jumlah markah daripada

kesemua markah subsoalan dan merupakan cerapan tunggal bagi item berkenaan. Dengan ini kesan interaksi tidak wujud antara pelajar dan item. Model eksperimen dalam kajian ini berbentuk:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

yang mana  $\mu$  dan  $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$  masing-masing adalah min dan ralat bagi skor  $y_{ij}$ ;  $\alpha_i \sim N(0, \sigma_\alpha^2)$  dan  $\beta_j \sim N(0, \sigma_\beta^2)$  masing-masing adalah kesan bagi faktor pelajar dan faktor item. Subskrip  $i$  dan  $j$  mewakili pelajar ke- $i$  dan item ke- $j$  yang mana  $i = 1, 2, \dots, a$  dan  $j = 1, 2, \dots, b$ . Ini adalah model rawak lengkap.

#### 1.4.4 Punca Masalah Data Hilang

Adalah diketahui bahawa masalah data hilang berpunca daripada faktor tidak terkawal dan faktor terkawal. Berhubung dengan data skor pelajar, kehilangan cerapan sepenuhnya pada item tertentu adalah dianggap sebagai data hilang. Contohnya pada item berkenaan tidak dapat diberi sebarang markah kerana tidak terjawab. Nilai sifar tidak dianggap sebagai data hilang dan dilihat sebagai skor tercerap. Dalam konteks punca masalah data hilang di atas, kejadian ini dikategorikan sebagai berpunca daripada faktor tidak terkawal. Kehilangan data ini berlaku mungkin disebabkan pelajar kesuntukan masa untuk menjawab, masalah kesihatan ketika peperiksaan itu atau masalah fizikal tempat peperiksaan atau sebagainya.

Sebaliknya penghilangan secara sengaja ke atas data simulasi adalah dikategorikan sebagai berpunca daripada faktor terkawal. Bilangan data hilang mengikut item dikawal sesuai dengan peratus data hilang setiap item bagi kajian ini.

Persoalan seterusnya mengapa diperlukan set data yang mempunyai masalah data hilang? Apakah yang boleh diperolehi daripada set data hilang ini? Set data hilang menyediakan situasi penyelidikan yang berlainan daripada set data lengkap. Parameter-



parameter yang dianggarkan seperti komponen varians dijangka berbeza bagi situasi set data lengkap dan set data hilang. Dengan ini ketaksamaan hasil sebarang perhitungan statistik dapat dikesan. Bagi kajian ini, set data hilang mewujudkan situasi bagi membolehkan pengujian keberkesanan kaedah penganggaran yang terpilih berbanding dengan set data lengkap.

#### **1.4.5 Pemilihan Kaedah Imputasi**

Terdapat pelbagai kaedah imputasi antaranya seperti imputasi min (mean imputation), imputasi dek panas (hot deck imputation), kaedah penggantian (substitution), imputasi dek sejuk (cold deck imputation), Imputasi regresi stokastik (stochastic regression imputation), kaedah komposit (composite methods), imputasi berganda (multiple imputation) dan sebagainya. Fungsi yang sama pada kesemua kaedah imputasi ini adalah percubaan mendapat nilai ramalan yang sedekat mungkin kepada nilai hilang set data itu. Secara ringkasnya setiap kaedah imputasi cuba meminimumkan nilai ralat antara nilai hilang sebenar dan nilai hilang ramalan

Keupayaan proses imputasi untuk meramal nilai hilang dipergunakan dalam kajian ini untuk menghasilkan set data penuh daripada set data hilang. Kaedah imputasi regresi digunakan dalam kajian ini untuk meramal nilai data hilang. Laurence (1987) mendapati kaedah imputasi regresi adalah memuaskan jika dibandingkan dengan kaedah imputasi lain dalam menganggarkan data hilang. Kaedah imputasi regresi menggunakan data tercerap sekitar data hilang untuk meramal nilai data hilang itu. Penggunaan data tercerap sekitar data hilang dapat mengelakkan kita daripada memperolehi nilai data hilang ramalan yang jauh berbeza dari ciri-ciri set data induk. Contohnya, nilai ramalan berbentuk negatif walhal nilai data set induk kesemuanya berbentuk positif.

Kejituan ramalan dan sensitiviti imputasi bagi kaedah-kaedah imputasi yang tersenarai di atas bukan perkara penyelidikan utama dalam kajian ini. Oleh itu mana-mana kaedah imputasi boleh dipilih dalam kajian ini asalkan kaedah imputasi terpilih benar-benar dikuasai dengan cekap dan boleh disesuaikan dengan penggunaan perisian komputer agar melincinkan progres kajian ini.

#### **1.4.6 Pemilihan Kaedah Penganggaran**

Dalam kajian ini empat kaedah penganggaran digunakan untuk menganggar komponen varians kesan setiap faktor (pelajar, item dan residual) iaitu kaedah MLE, kaedah momen, kaedah MLE berimputasi dan kaedah momen berimputasi. Kaedah MLE dan kaedah momen merupakan kaedah dasar kepada keempat-empat kaedah penganggaran ini. Terdapat beberapa kaedah penganggaran yang lain seperti kaedah ANOVA, kaedah Bayes, kaedah cangkuk (bootstrap), kaedah pisau lipat (jackknife) dan sebagainya.

Walaupun terdapat banyak kaedah penganggaran yang berlainan, kaedah MLE dan kaedah momen dengan pengemblengan proses imputasi dipilih kerana kajian ini merupakan kajian baru yang mencakupi pelbagai keadaan struktur set data dan proses imputasi dalam menganggar pekali kebolehpercayaan  $\rho$ . Kajian ini melibatkan set data lengkap dan set data hilang, proses imputasi dan proses penganggaran untuk mendapatkan komponen varians. Oleh itu kaedah penganggaran yang digunakan seboleh-bolehnya ringkas dan luas penggunaannya. Kaedah MLE adalah satu-satunya kaedah penganggaran yang popular dan kaedah momen merupakan kaedah penganggaran paling awal, ringkas dan kecocokannya dengan kaedah ANOVA.

Kajian ini mencetuskan perspektif untuk kajian lanjutan dengan melibatkan kaedah penganggaran lain seperti kaedah jackknife dan kaedah bootstrap.

Begitu juga dalam penganggaran varians  $\rho$ . Kaedah penghampiran teorem had memusat diaplikasikan dalam kajian ini agar memberikan variasi berlainan dalam penganggaran varians  $\rho$ . Keduanya saiz set data dalam kajian ini besar dimana anggapan kenormalan dipatuhi, menyediakan syarat sesuai dengan aplikasi teorem had memusat.

## BAB 2

### SOROTAN LITERATUR

#### 2.0 PENGENALAN

Teori-G dan penganggaran  $\rho$  menjadi tunggak utama dalam kajian ini. Konsep-konsep asas dalam teori-G dan penganggaran  $\rho$  akan dihuraikan dalam bab ini bertujuan memberi pemahaman yang menyeluruh mengenai kajian ini. Penganggaran  $\rho$  dijalankan di bawah beberapa keadaan yang berbeza umpamanya jenis struktur set data yang terlibat dan kaedah penganggaran yang digunakan berbeza. Maka faktor-faktor yang menyumbang ke arah kelainan keadaan penganggaran  $\rho$  perlu diperjelaskan. Selain daripada itu, beberapa konsep asas statistik turut disentuh agar pemahaman yang komprehensif dapat diperolehi.

Bahagian 2.1 membincangkan beberapa konsep asas yang terdapat dalam Teori-G seperti objek pengukuran, faset dan semesta. Kajian kebolehtlakan (kajian-G) dan kajian keputusan (kajian-D) yang melibatkan pengolahan komponen varians faktor turut dibincangkan. Takrif dan peranan serta penganggaran  $\rho$  menggunakan kaedah ANOVA dibincangkan di penghujung bahagian ini.

Bahagian 2.2 menjelaskan fenomena data hilang. Mekanisma yang menyebabkan kejadian data hilang serta kesan data hilang dalam analisis statistik menjadi tumpuan utama dalam bahagian ini. Lanjutan daripada kejadian data hilang, keseimbangan pada set data berkenaan terjejas. Justeru itu soal ketidakseimbangan set data merupakan pokok perbincangan dalam Bahagian 2.3.

Dalam Bahagian 2.4, kriteria-kriteria yang digunakan dalam membandingkan kebagusan penganggaran seperti kesaksamaan, min ralat kuasa dua

(MRKD) dan kekonsistenan diberi penekanan sewajarnya.

Bahagian 2.5 membincangkan bentuk model umum campuran yang digunakan dalam menerbitkan persamaan penganggaran parameter. Kaedah imputasi regresi dihuraikan dalam Bahagian 2.6. Dalam Bahagian 2.6, penerbitan persamaan imputasi regresi dalam bentuk matriks akan dipersembahkan.

Bahagian 2.7 dan 2.8 adalah berkaitan dengan kaedah penganggaran MLE dan kaedah momen. Dalam Bahagian 2.7 dan 2.8 penekanan bukan sahaja ditumpukan kepada penerbitan persamaan penganggaran parameter tetapi juga merangkumi sifat-sifat setiap kaedah penganggaran. Sepertimana diperkatakan, penganggaran varians  $\rho$  ( $V-\rho$ ), MRKD  $\rho$  (MRKD- $\rho$ ), dan selang keyakinan (SK- $\rho$ ) 95% bagi  $\rho$  juga penting dalam kajian ini. Maka untuk Bahagian 2.9, penerbitan persamaan bagi penganggaran  $V-\rho$ , MRKD- $\rho$ , dan SK- $\rho$  disampaikan.

## **2.1 TEORI KEBOLEHITLAKAN (TEORI-G)**

Asas permulaan teori-G adalah berdasarkan andaian bahawa semua pengukuran adalah tidak lengkap dan tidak bebas dari kelemahan. Rasionalnya berpunca dari fakta bahawa dalam setiap proses pengukuran kebolehppercayaan, baik dalam bidang pendidikan mahupun dalam bidang sains sosial terdapat sumber ralat yang timbul bersama sepanjang proses pengukuran. Ralat ini adalah relatif dan terhasil dari berbagai sumber dalam proses pengukuran berkenaan (Fyans, 1983). Sumber-sumber ralat atau variasi ini dapat dikategorikan mengikut varians pembolehubah yang terlibat dalam pengukuran. Ulasan menyeluruh mengenai sumber varians ralat faktor pengukuran telah diberikan oleh Lee Cronbach serta rakan-rakannya pada tahun 1972. Mereka juga membincangkan prosedur pengukuran yang terlibat bagi menghasilkan keputusan (atau kesimpulan) yang boleh dipercayai dari suatu pengukuran (Fyans, 1983).

Dari segi prosedur, teori-G telah mempamerkan satu rangka kerja yang fleksibel dalam sebarang penyelidikan kebolehpercayaan pengukuran (Shavelson & Webb, 1991). Prosedur-prosedur dalam teori-G dikembang dan aplikasinya dilanjutkan sehingga meliputi skop yang luas bagi isu pengukuran dan psikometrik. Teori-G telah berjaya memberikan satu pendekatan yang mampu menilai konsistensi pengukuran serta berpotensi mempertingkatkan darjah kebolehpercayaan pengukuran berkenaan (Shavelson & Webb, 1991). Shavelson & Webb (1991) berpendapat teori-G sejajar dengan prosedurnya telah membawa dan meletakkan proses pengukuran dalam bidang pendidikan dan psikologi pada kedudukan yang lebih jelas dan nyata.

Dalam teori-G terdapat beberapa aspek baru yang tidak dititikberatkan dalam teori ujian klasik (teori-U.K). Pengertian semesta merupakan konsep penting dalam teori-G. Ekoran dari ini wujudnya semesta pengitlakan, semesta cerapan teraku dan semesta skor. Dalam pada itu pengertian faset diberi tafsiran lebih terperinci. Tafsiran faset amat penting dalam teori-G kerana terdapat juzuk-juzuk komponen varians yang berbeza bagi faset-faset tertentu. Faset tunggal, faset dua, faset tiga dan sebagainya mempunyai juzuk komponen varians yang jauh berbeza dari segi bilangan dan struktur. Penentuan bilangan faset bergantung kepada jenis model pengukuran yang terlibat.

Keseluruhan proses dalam teori-G terbahagi kepada dua peringkat. Peringkat pertama adalah kajian-G dan peringkat kedua adalah kajian-D. Kajian-G mencakupi proses-proses seperti penentuan objek pengukuran, faset pengukuran, pengumpulan data sehingga penganggaran komponen varians melalui kaedah ANOVA. Matlamat utama peringkat kajian-G adalah mengumpul sebanyak maklumat yang mungkin untuk tindakan pengitlakan dalam peringkat kajian-D.

Kajian-D merupakan bahagian akhir dalam teori-G bagi suatu pengukuran. Pada peringkat kajian-D, pelbagai pengitlakan boleh diperolehi sesuai dengan tujuan pengukuran tertentu. Maklumat komponen varians teranggar dan data dari kajian-G

dimanipulasikan semaksimum dalam kajian-D untuk mencapai apa yang hendak diukur dalam suatu pengukuran. Terdapat pelbagai bentuk matematik untuk  $\rho$  bakal dihasilkan mengikut jenis model pengukuran yang terlibat. Nilai pekali kebolehtlakan yang diperolehi digunakan sebagai garis panduan dalam membuat pengitlakan terhadap sesuatu proses pengukuran.

### **2.1.1 Perspektif Sejarah**

Teori-G secara formalnya diperkenalkan oleh ahli-ahli psikometrik Cronbach, Gleser, Nanda dan Rajatnam pada tahun 1972. Kewujudan teori-G meluaskan konsep dan pemahaman terhadap aspek kebolehpercayaan dalam suatu proses pengukuran. Di bawah teori-G, sumber variasi setiap faktor yang terlibat dalam pengukuran berkenaan dipartisikan kepada komponen varians faktor masing-masing dalam satu analisis tunggal sahaja. Kelebihan ini menjadi titik perbezaan dari teori UK yang mana sumber variasi skor tercerap hanya dipartisikan kepada dua komponen iaitu komponen varians sebenar dan komponen varians ralat.

Kelahiran teori-G adalah hasil kesinambungan usaha ahli-ahli psikometrik dan statistik sepanjang tempoh tahun 40an dan 60an. Mengikut Cronbach, et al. (1972), antara tahun 1936 hingga tahun 1941, Burt, Hoyt, Jackson dan Ferguson telah memulakan perbincangan mengenai kaedah analisis varians (ANOVA) dalam pengukuran kebolehpercayaan. Pada tahun antara 1947 hingga 1955, usaha lanjutan dari segi penggunaan kaedah ANOVA telah dilakukan oleh Alexander, Ebel, Finlayson, Loveland dan Burt. Pada tahun 1951, Finlayson menghasilkan laporan yang pertama tentang pengukuran kebolehpercayaan dalam bentuk analisis komponen varians. Pada tahun 1952, Loveland mengirakan komponen varians untuk menganggar magnitud variasi dari lima sumber utama iaitu: calon, interaksi calon-kejadian, interaksi calon-bentuk, kesan bentuk-kejadian dan ralat. Sementara itu Lindquist dalam tahun 1953

menghasilkan karyanya mengenai rekabentuk ujikaji dan membincangkan dengan terperinci penggunaan kaedah ANOVA dalam kajian kebolehpercayaan. Artikel daripada Burt pada tahun 1955 (Burt, 1955) bertajuk "*Test Reliability Estimated by Analysis of Variance.*", merupakan pendedahan yang komprehensif mengenai penggunaan ANOVA untuk menangani masalah kebolehpercayaan. Dalam karya berkenaan perhatian khas diberikan kepada bentuk ujian dan kejadian sebagai sumber variasi yang berasingan (Cronbach, et al., 1972). Usaha-usaha daripada Burt dan Lindquist merupakan permulaan penting dalam kelahiran teori-G.

Peranan ANOVA dalam isu pengukuran kebolehpercayaan semakin jelas dan penting sepertimana terbukti dalam kerja-kerja yang dilakukan oleh Webster, Medly dan Mitzel pada tahun antara 1960 hingga 1963. Usaha dari Bartke pada tahun 1966 serta beberapa ahli psikometrik lain menyempurnakan prosedur ke arah kewujudan teori-G.

Pada tahun 1963, Cronbach, Gleser dan Rajaratnam (Cronbach, Rajatnam & Gleser, 1963) mengemukakan artikel pertama mengenai teori-G bertajuk "*Theory of Generalizability: a Liberalization of Reliability Theory.*". Artikel tersebut dapat dianggap sebagai asas teori dasar bagi teori-G. Beberapa artikel turut dihasilkan oleh Rajaratnam, Cronbach dan Gleser pada tahun 1965. Akhirnya pada tahun 1972, teori-G secara rasminya diperkenalkan oleh Cronbach, Gleser, Nanda dan Rajaratnam. Hasil karya mereka yang menyeluruh dan komprehensif tentang teori-G dibukukan dengan tajuk "*The Dependability Of Behavioral Measurement*" (Cronbach, Gleser, Nanda & Rajatnam, 1972).

Mengikut Brennan (1992), ulasan ringkas mengenai teori-G ini turut dilakukan oleh van der Kamp, Kane dan Gillmore sekitar tahun tujuh puluhan. Penerangan yang lebih terperinci mengenai aplikasi teori-G dalam kajian sosial dan ujian dilakukan oleh Shavelson, Webb, Brennan, Cardinet dan Tourneur dalam tahun lapan puluhan.



## **2.1.2 Konsep Asas Dalam Teori-G**

### **2.1.2.1 Konsep Semesta**

Konsep semesta dalam Teori-G membawa maksud suatu keadaan pengukuran yang melingkungi faktor-faktor pengukuran. Semesta mewakili suatu himpunan keseluruhan bagi suatu keadaan pengukuran (Crocker & Algina, 1986). Kehadiran faktor-faktor pengukuran ini membolehkan terbentuknya cabang-cabang semesta yang lain mengikut keadaan pengukuran.

Semesta mengandungi faktor-faktor pengukuran atau pembolehubah yang mewujudkan proses pengukuran tersebut. Umpamanya proses pengukuran tahap pencapaian pelajar dalam suatu peperiksaan kursus Matematik peringkat universiti, pelajar yang mengikuti kursus tersebut, soalan-soalan yang disediakan dan ralat pengukuran dalam peperiksaan tersebut dirujuk sebagai faktor pengukuran.

Cabang-cabang semesta dalam konsep semesta di atas merujuk kepada sub-semesta baru yang terbentuk akibat dari kehadiran dan keadaan faktor-faktor pengukuran berkenaan. Umpamanya dalam suatu peperiksaan Matematik, pelajar-pelajar yang menduduki peperiksaan tersebut merupakan faktor pengukuran. Pelajar-pelajar ini mempunyai latar belakang berlainan serta terdapatnya perbezaan-perbezaan dari segi kebolehan penguasaan Matematik. Maka aspek-aspek perbezaan di kalangan pelajar inilah yang membentuk semesta pelajar. Berhubung dengan hal item, terdapat jenis-jenis item yang berbeza dari segi format dan kesukaran yang berlainan. Aspek-aspek kelainan item ini mewujudkan semesta item. Begitu juga dengan ralat, ralat yang berpunca dari pelbagai sumber membentuk semesta ralat. Penjelasan ini menunjukkan bahawa dalam semesta pelajar, terdapat variasi perbezaan latar belakang dan kebolehan pelajar; dalam semesta item terdapat variasi item-item yang berlainan formatnya dan darjah kesukaran yang berlainan; sementara dalam semesta ralat terdapat pelbagai sumber (punca) yang mampu menimbulkan ralat kepada sesuatu pengukuran.