

**KESAN PENYARANGAN DALAM MODEL  
DENGAN FAKTOR TERSARANG BERSILANG  
TERHADAP PENGANGGARAN PEKALI  
KEBOLEHPERCAYAAN**

**LIM AH KENG**

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**2021**

**KESAN PENYARANGAN DALAM MODEL  
DENGAN FAKTOR TERSARANG BERSILANG  
TERHADAP PENGANGGARAN PEKALI  
KEBOLEHPERCAYAAN**

Oleh

**LIM AH KENG**

**Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan  
bagi Ijazah  
Kedoktoran Falsafah Pendidikan**

**Februari 2021**

## PENGHARGAAN

Ribuan terima kasih dirakamkan kepada Profesor Dr. Abdul Rahman Othman atas kesabaran beliau berdepan dengan saya yang *empty-minded* ini. Erti kesyukuran dirasai dari keterbukaan Prof. Dr. Rahman menyelesaikan masalah status pencalonan online dengan IPS; mencadangkan seminar-seminar yang relevan; kesanggupan bertemu pada hari-hari yang sepatutnya beliau bersama dengan keluarga serta usaha beliau dalam mendapat penyelia kedua Profesor Madya Dr. Ong Saw Lan. Ucapan terima kasih ditujukan kepada penyelia kedua Prof. Madya Dr. Ong yang merangsangkan ilham dan pemurnian dalam persediaan instrument pengukuran untuk tujuan pensampelan serta melengkapkan kepincangan pemahaman saya dalam bidang Pendidikan. Kenangan terharu dari Jabatan Pendidikan Negeri Pahang yang meluluskan kebenaran untuk pengurusan pensampelan data dari sekolah-sekolah daerah Kuantan. Begitu juga kepada pentadbir-pentadbir sekolah terlibat yang mempermudah urusan pensampelan di peringkat sekolah, dari kesudian dalam kerja memilih pelajar sehingga kerelaan mengumpul set kertas pengukuran terukir dalam ingatan saya. Kecekapan Jessica Tan Yih Tyng dalam mengatasi masalah nama pengguna dan katalaluan berhubung Progress Report Online pada ketika terdesak, merupakan hutang budi yang sukar dibayar sepanjang hidup saya. Akhir sekali, sokongan dan prihatin dari ahli-ahli keluarga menjadi tunggak moral kukuh bagi saya dalam menyempurnakan penulisan tesis ini.

## JADUAL KANDUNGAN

<b>PENGHARGAAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>JADUAL KANDUNGAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>SENARAI JADUAL.....</b>	<b>xi</b>
<b>SENARAI RAJAH.....</b>	<b>xiv</b>
<b>SENARAI SIMBOL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>SENARAI KEPENDEKAN.....</b>	<b>xx</b>
<b>SENARAI LAMPIRAN.....</b>	<b>xxi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xxii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xxiv</b>
<b>BAB 1 PENGENALAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang kajian.....	1
1.2 Rasional.....	9
1.3 Tujuan.....	12
1.4 Penetapan objektif.....	13
1.5 Kepentingan kajian.....	14
1.6 Masalah penyelidikan.....	17
1.6.1 Sumber data.....	17
1.6.2 Pemilihan mata pelajaran.....	17
1.6.3 Pengurusan penilaian.....	18
1.6.4 Perbezaan daya usaha guru.....	19
1.6.5 Tahap persediaan pelajar berlainan.....	19
1.6.6 Perbezaan infrastruktur sekolah.....	19
1.6.7 Data bertaburan normal.....	20
1.6.8 Masalah data hilang.....	20
1.6.9 Masalah komponen varians bernilai negative.....	21
<b>BAB 2 SOROTAN LITERATUR.....</b>	<b>23</b>

2.1	Pengenalan.....	23
2.2	Penentuan faset model.....	26
2.2.1	Kewujudan faset .....	28
2.2.1(a)	Faset pelajar.....	28
2.2.1(b)	Faset kelas.....	29
2.2.1(c)	Faset sekolah.....	29
2.2.1(d)	Faset jenis sekolah.....	30
2.2.1(e)	Faset item.....	30
2.2.1(f)	Faset topik.....	31
2.2.2	Penyarangan faset.....	31
2.2.2(a)	Penyarangan faset pelajar.....	31
2.2.2(b)	Penyarangan faset kelas.....	32
2.2.2(c)	Penyarangan faset sekolah.....	32
2.2.2(d)	Penyarangan faset item.....	33
2.2.3	Penyilangan faset tersarang.....	34
2.3	Teori kebolehitlakan.....	37
2.3.1	Komponen teori-G.....	38
2.3.2	Pekali kebolehitlakan ( $\rho$ ).....	42
2.3.3	Fleksibiliti teori kebolehitlakan.....	43
2.3.4	Aplikasi teori kebolehitlakan.....	46
2.4	Kajian-G: Penganggaran komponen varians faktor model tersarang bersilang model RTB multifaset dua hala.....	48
2.4.1	Komponen varians faktor induk.....	48
2.4.2	Komponen varians faktor interaksi.....	49
2.4.3	Komponen varians ralat tercerap.....	50
2.4.4	Penganggaran komponen varians.....	51

2.4.4(a)	Min kuasa dua jangkakan factor.....	51
2.4.4(b)	Penganggaran komponen varians factor.....	53
2.4.4(c)	Kesamaan komponen varians faktor teranggar model berlainan.....	56
2.4.5	Komponen varians negative.....	57
2.5	Kajian-D: Penganggaran pekali kebolehpercayan model RTB multifaset dua hala.....	58
2.5.1	Elemen kajian-D.....	58
2.5.2	Pekali kebolehitlakan dan indeks kebolehsandaran.....	61
2.5.2(a)	Model RTB multifaset M <sub>6</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \omega_q$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ).....	62
2.5.2(b)	Model RTB multifaset M <sub>7</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \nu_l : \omega_q$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ).....	63
2.5.2(c)	Model RTB multifaset M <sub>8</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \lambda_m : \omega_q$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ).....	64
2.5.2(d)	Model RTB multifaset M <sub>4</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \nu_l : \lambda_m : \omega_q$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ).....	66
2.6	Penentuan pekali kebolehpercayaan dan varians ralat tercerap.....	68
2.6.1	Hubungan antara nisbah isyarat hingar dengan pekali kebolehpercayaan.....	68
2.6.2	Nisbah isyarat hingar dalam penentuan pekali kebolehpercayaan.....	70
2.6.3	Hubungan antara IHSF dan ILRF dengan varians ralat tercerap.....	71
2.6.4	IHSF dan ILRF dalam penentuan varians ralat tercerap.....	73
2.7	Pelaksanaan prinsip kesimetrikan dalam model RTB multifaset dua hala.....	75
2.7.1	Perubahan objek pengukuran.....	75
2.7.2	Aplikasi prinsip kesimetrikan: model RTB multifaset dua hala.....	76

2.7.2(a)	Model RTB multifaset $M_1$ reka bentuk $(\tau_i) \times (\beta_j : \gamma_k)$ .....	76
2.7.2(b)	Model RTB multifaset $M_2$ reka bentuk $(\tau_i : \nu_l) \times (\beta_j : \gamma_k)$ .....	77
2.7.2(c)	Model RTB multifaset $M_3$ reka bentuk $(\tau_i : \nu_l : \lambda_m) \times (\beta_j : \gamma_k)$ .....	78
2.7.2(d)	Model RTB multifaset $M_4$ reka bentuk $(\tau_i : \nu_l : \lambda_m : \omega_q) \times (\beta_j : \gamma_k)$ .....	80
2.8	Perubahan saiz kelas dalam penganggaran pekali kebolehppercayaan.....	81
2.8.1	Pengaruh saiz faktor dalam penganggaran pekali kebolehppercayaan.....	81
2.8.2	Komponen saiz faktor $(\Gamma_{(f)})$ , $\Lambda_f$ dan $\bar{\Lambda}_f$ dalam varians ralat tercerap.....	83
2.8.3	Kemantapan tangga varians ralat tercerap teranggar.....	86
2.8.4	Kemantapan tangga pekali kebolehppercayaan teranggar.....	89
2.9	Eksplorasi literatur.....	92
2.9.1	Keberkesanan pengkategorian jenis sekolah dalam penguasaan kemahiran Matematik Tambahan di Malaysia.....	92
2.9.2	Keupayaan model rawak tersarang bersilang dalam pengesanan perbezaan multi faktor struktur pendidikan.....	93
2.9.3	Peranan varians ralat tercerap dalam penilaian kebagusan model pengukuran teori-G.....	94
2.9.4	Kelinearan NIH dan pekali kebolehppercayaan kajian-D.....	94
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI.....</b>	<b>96</b>
3.1	Pengenalan.....	96
3.2	Pembentukan model.....	97
3.2.1	Penentuan factor.....	97

3.2.1(a)	Pelajar ( $\tau$ ).....	97
3.2.1(b)	Kelas ( $\nu$ ).....	98
3.2.1(c)	Sekolah ( $\lambda$ ).....	98
3.2.1(d)	Jenis sekolah ( $\omega$ ).....	99
3.2.1(e)	Item ( $\beta$ ).....	99
3.2.1(f)	Topik ( $\gamma$ ).....	99
3.2.2	Klasifikasi faset kajian.....	100
3.2.3	Pembentukan model RTB multifaset dua hala.....	103
3.2.3.1	Pembentukan model RTB multifaset berturutan.....	104
3.2.3.1(a)	Model RTB multifaset $M_1$ .....	105
3.2.3.1(b)	Model RTB multifaset $M_2$ .....	106
3.2.3.1(c)	Model RTB multifaset $M_3$ .....	107
3.2.3.1(d)	Model RTB multifaset $M_4$ .....	108
3.2.3.2	Pembentukan model RTB multifaset tak berturutan.....	109
3.2.3.2(a)	Model RTB multifaset $M_5$ .....	110
3.2.3.2(b)	Model RTB multifaset $M_6$ .....	111
3.2.3.2(c)	Model RTB multifaset $M_7$ .....	112
3.2.3.2(d)	Model RTB multifaset $M_8$ .....	113
3.3	Pensampelan data.....	114
3.3.1	Penyediaan item.....	117
3.3.1(a)	Fenomena semasa peperiksaan.....	117
3.3.1(b)	Kriteria penyediaan soalan pengukuran.....	119
3.3.1(c)	Kaedah permarkahan.....	119
3.3.2	Pengurusan data mentah.....	120
3.3.2(a)	Persediaan awal pengumpulan data mentah.....	120



3.3.2(b)	Permarkahan.....	120
3.3.2(c)	Penjadualan data.....	121
3.3.2(d)	Penstrukturan data.....	122
3.4	Kajian-G: Penganggaran komponen varians.....	123
3.4.1	Penyemakan kenormalan data.....	123
3.4.2	Penganggaran komponen varians.....	126
3.5	Kajian-D: Penganggaran pekali kebolehpercayaan.....	127
3.5.1	Kepelbagaian model RTB multifaset.....	127
3.5.2	Perubahan saiz kelas.....	128
3.5.3	Perubahan bilangan item.....	129
3.5.4	Aplikasi prinsip kesimetrikan.....	131
3.5.4(a)	Prinsip kesimetrikan dengan perubahan saiz kelas.....	131
3.5.4(b)	Prinsip kesimetrikan dengan perubahan bilangan item.....	133
3.6	Analisis.....	134
3.6.1	Analisis penganggaran komponen varians.....	134
3.6.2	Kesan struktur model RTB multifaset.....	135
3.6.3	Kesan perubahan saiz kelas.....	135
3.6.4	Kesan perubahan bilangan item.....	136
3.6.5	Aplikasi prinsip kesimetrikan: Kesan perubahan objek pengukuran.....	136
3.7	Kesimpulan.....	137
3.8	Carta aliran kajian.....	138
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN.....</b>	<b>139</b>
4.1	Pengenalan.....	139
4.2	Penganggaran komponen varians faktor.....	140

4.2.1	Anggaran penganggaran komponen varians faktor induk.....	141
4.2.2	Anggaran penganggaran komponen varians factor interaksi.....	142
4.3	Kesan struktur model pengukuran.....	143
4.3.1	Anggaran pekali kebolehpercayaan dan varians ralat tercerap dari model RTB multifaset bagi objek pengukuran $\omega$ .....	143
4.3.2	Anggaran pekali kebolehpercayaan dan varians ralat tercerap dari model RTB multifaset bagi objek pengukuran $\gamma$ .....	144
4.4	Kesan perubahan saiz kelas.....	146
4.4.1	Anggaran pekali kebolehpercayaan merentasi purata saiz kelas bagi objek pengukuran $\omega$ .....	146
4.4.2	Anggaran varians ralat tercerap merentasi purata saiz kelas bagi objek pengukuran $\omega$ .....	147
4.4.3	Anggaran pekali kebolehpercayaan merentasi purata saiz kelas bagi objek pengukuran $\gamma$ .....	151
4.4.4	Anggaran varians ralat tercerap merentasi purata saiz kelas bagi objek pengukuran $\gamma$ .....	155
4.5	Kesan bilangan item.....	158
4.5.1	Anggaran pekali kebolehpercayaan merentasi bilangan item dengan objek pengukuran $\omega$ .....	159
4.5.2	Anggaran varians ralat tercerap merentasi bilangan item dengan objek pengukuran $\omega$ .....	160
4.5.3	Anggaran pekali kebolehpercayaan merentasi bilangan item dengan objek pengukuran $\gamma$ .....	165
4.5.4	Anggaran varians ralat tercerap merentasi bilangan item dengan objek pengukuran $\gamma$ .....	169
<b>BAB 5 PERBINCANGAN.....</b>		<b>173</b>
5.1	Pengenalan.....	173
5.2	Penganggaran komponen varians faktor.....	174
5.2.1	Kesamaan anggaran komponen varians faktor.....	174

5.2.2	Kewujudan nilai negatif komponen varians dari model RTB multifaset bagi objek pengukuran $\omega$ .....	177
5.3	Kesan struktur model pengukuran.....	179
5.3.1	Kesan struktur model ke atas anggaran varians ralat tercerap.....	179
5.3.2	Ketinggian pemeringkatan penyarangan model RTB multifaset ke atas penganggaran varians ralat tercerap.....	182
5.3.3	Ketinggian pemeringkatan penyarangan model RTB multifaset ke atas penganggaran pekali kebolehpercayaan.....	183
5.3.4	Pengaruh pengecilan varians ralat tercerap ke atas penganggaran pekali kebolehpercayaan.....	186
5.3.5	Peranan nisbah isyarat hingar dalam penganggaran pekali kebolehpercayaan.....	187
5.4	Kesan perubahan saiz kelas.....	188
5.4.1	Kesan perubahan saiz kelas ke atas anggaran varians ralat tercerap.....	188
5.4.2	Kesan perubahan saiz kelas ke atas anggaran pekali kebolehpercayaan.....	191
5.5	Kesan bilangan item.....	194
5.5.1	Kesan perubahan bilangan item ke atas anggaran varians ralat tercerap.....	194
5.5.2	Kesan perubahan bilangan item ke atas penganggaran pekali kebolehpercayaan.....	196
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN.....</b>	<b>200</b>
6.1	Imbasan kajian.....	200
6.2	Rumus kajian.....	202
6.3	Hasil kajian.....	203
6.4	Batasan kajian.....	212
6.5	Cadangan kajian lanjutan.....	213
	<b>RUJUKAN.....</b>	<b>215</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	

## SENARAI JADUAL

**Muka surat**

Jadual 2.1	Pembentukan faset-faset interaksi.....	35
Jadual 2.2	Pembentukan model multifaset.....	36
Jadual 3.1	Pengelompokan jenis sekolah terlibat dalam kajian.....	101
Jadual 3.2	Kedudukan dan penyusunan markah pelajar tersarang dalam kelas merentasi item pengukuran.....	121
Jadual 3.3	Penyemakan kenormalan set markah pelajar setiap sekolah.....	124
Jadual 3.4	Penganggaran komponen varians faktor merentasi model RTB multifaset.....	126
Jadual 3.5	Penganggaran pekali $\rho$ , $\phi$ , $E(\delta\sigma_\omega^2)$ dan $E(\Delta\sigma_\omega^2)$ bagi objek pengukuran jenis sekolah merentasi model M <sub>4</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> dan M <sub>8</sub> .....	127
Jadual 3.6	Penganggaran pekali $\rho$ , $\phi$ , $E(\delta\sigma_\omega^2)$ dan $E(\Delta\sigma_\omega^2)$ bagi objek pengukuran jenis sekolah dari purata saiz kelas 25, 20, 15 dan 10 merentasi model M <sub>4</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> dan M <sub>8</sub> .....	129
Jadual 3.7	Penganggaran pekali $\rho$ , $\phi$ , $E(\delta\sigma_\omega^2)$ dan $E(\Delta\sigma_\omega^2)$ bagi objek pengukuran jenis sekolah dari bilangan item 30, 25, 20 dan 15 merentasi model M <sub>4</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> dan M <sub>8</sub> .....	130
Jadual 3.8	Penganggaran pekali $\rho$ , $\phi$ , $E(\delta\sigma_\gamma^2)$ dan $E(\Delta\sigma_\gamma^2)$ bagi objek pengukuran topik merentasi model M.....	131
Jadual 3.9	Penganggaran pekali $\rho$ , $\phi$ , $E(\delta\sigma_\gamma^2)$ dan $E(\Delta\sigma_\gamma^2)$ bagi objek pengukuran topik dari purata saiz kelas 25, 20, 15 dan 10 merentasi model M.....	132
Jadual 3.10	Penganggaran pekali $\rho$ , $\phi$ , $E(\delta\sigma_\gamma^2)$ dan $E(\Delta\sigma_\gamma^2)$ bagi objek pengukuran topik dari bilangan item 30, 25, 20 dan 15 merentasi model M.....	133
Jadual 4.1	Keputusan anggaran $\sigma_\omega^2$ , $\sigma_\gamma^2$ , $\sigma_\lambda^2$ , $\sigma_\beta^2$ , $\sigma_v^2$ dan $\sigma_\tau^2$ merentasi model RTB multifaset.....	141

Jadual 4.2	Keputusan anggaran $\sigma_{\omega\gamma}^2$ , $\sigma_{\omega\beta}^2$ , $\sigma_{\lambda\gamma}^2$ dan $\sigma_{\lambda\beta}^2$ merentasi model RTB multifaset.....	142
Jadual 4.3	Keputusan anggaran $\sigma_{v\gamma}^2$ , $\sigma_{v\beta}^2$ , $\sigma_{\tau\gamma}^2$ dan $\sigma_{\varepsilon}^2$ merentasi model RTB multifaset.....	142
Jadual 4.4	Keputusan anggaran $\rho$ , $E(\delta\sigma_{\omega}^2)$ , $\phi$ dan $E(\Delta\sigma_{\omega}^2)$ bagi objek pengukuran $\omega$ merentasi model pengukura $M_4$ , $M_6$ , $M_7$ dan $M_8$ .....	143
Jadual 4.5	Keputusan anggaran $\rho$ , $E(\delta\sigma_{\gamma}^2)$ , $\phi$ dan $E(\Delta\sigma_{\gamma}^2)$ dari model RTB multifaset M bagi objek pengukuran $\gamma$ .....	145
Jadual 4.6	Keputusan anggaran $\rho$ merentasi purata saiz kelas 25, 20, 15 dan 10 bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset $M_4$ , $M_6$ , $M_7$ dan $M_8$ .....	146
Jadual 4.7	Keputusan anggaran $\phi$ merentasi purata saiz kelas 25, 20, 15 dan 10 bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset $M_4$ , $M_6$ , $M_7$ dan $M_8$ .....	147
Jadual 4.8	Keputusan anggaran $E(\delta\sigma_{\omega}^2)$ merentasi purata saiz kelas 25, 20, 15 dan 10 bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset $M_4$ , $M_6$ , $M_7$ dan $M_8$ .....	148
Jadual 4.9	Keputusan anggaran $E(\Delta\sigma_{\omega}^2)$ merentasi purata saiz kelas 25, 20, 15 dan 10 bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset $M_4$ , $M_6$ , $M_7$ dan $M_8$ .....	150
Jadual 4.10	Keputusan anggaran $\rho$ merentasi purata saiz kelas 25, 20, 15 dan 10 bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset M.....	152
Jadual 4.11	Keputusan anggaran $\phi$ merentasi purata saiz kelas 25, 20, 15 dan 10 bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset M.....	154
Jadual 4.12	Keputusan anggaran $E(\delta\sigma_{\gamma}^2)$ merentasi purata saiz kelas 25, 20, 15 dan 10 bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset M.....	155
Jadual 4.13	Keputusan anggaran $E(\Delta\sigma_{\gamma}^2)$ merentasi purata saiz kelas 25, 20, 15 dan 10 bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset M.....	156

Jadual 4.14	Keputusan anggaran $\rho$ merentasi bilangan item 30, 25, 20 dan 15 bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset $M_4, M_6, M_7$ dan $M_8$ .....	159
Jadual 4.15	Keputusan anggaran $\phi$ merentasi bilangan item 30, 25, 20 dan 15 bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset $M_4, M_6, M_7$ dan $M_8$ .....	160
Jadual 4.16	Keputusan anggaran $E(\delta\sigma_\omega^2)$ merentasi bilangan item 30, 25, 20 dan 15 bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset $M_4, M_6, M_7$ Dan $M_8$ .....	161
Jadual 4.17	Keputusan anggaran $E(\Delta\sigma_\omega^2)$ merentasi bilangan item 30, 25, 20 dan 15 bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset $M_4, M_6, M_7$ dan $M_8$ .....	163
Jadual 4.18	Keputusan anggaran $\rho$ merentasi bilangan item 30, 25, 20 dan 15 bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset $M$ .....	165
Jadual 4.19	Keputusan anggaran $\phi$ merentasi bilangan item 30, 25, 20 dan 15 bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset $M$ .....	167
Jadual 4.20	Keputusan anggaran $E(\delta\sigma_\gamma^2)$ merentasi bilangan item 30, 25, 20 dan 15 bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset $M$ .....	169
Jadual 4.21	Keputusan anggaran $E(\Delta\sigma_\gamma^2)$ merentasi bilangan item 30, 25, 20 dan 15 bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset $M$ .....	171
Jadual 5.1	Keputusan anggaran $\Upsilon_\rho, \rho, E(\delta\sigma_\gamma^2), \Upsilon_\phi, \phi$ dan $E(\Delta\sigma_\gamma^2)$ bagi objek pengukuran $\gamma$ merentasi model RTB multifaset $M$ .....	187

## SENARAI RAJAH

**Muka surat**

Rajah 2.1	Model rawak multifaset tersarang tersarang ( $\tau_i : \nu_l : \lambda_m : \omega_q$ ) .....	33
Rajah 2.2	Model rawak unifaset tersarang ( $\beta_j : \gamma_k$ ) .....	34
Rajah 2.3	Model rawak tersarang bersilang multifaset dua hala reka bentuk ( $\tau_i : \nu_l : \lambda_m : \omega_q$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ) .....	34
Rajah 2.4	Komponen-komponen utama kajian-G dan kajian-D, teori-G.....	60
Rajah 2.5	Komponen-komponen varians model RTB multifaset M <sub>6</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \omega_q$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ) .....	62
Rajah 2.6	Komponen-komponen varians model RTB multifaset M <sub>7</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \nu_l : \omega_q$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ) .....	63
Rajah 2.7	Komponen-komponen varians model RTB multifaset M <sub>8</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \lambda_m : \omega_q$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ) .....	65
Rajah 2.8	Komponen-komponen varians model RTB multifaset M <sub>4</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \nu_l : \lambda_m : \omega_q$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ) .....	66
Rajah 2.9	Objek pengukuran topik dalam model RTB multifaset M <sub>1</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \lambda_m$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ) .....	76
Rajah 2.10	Objek pengukuran topik dalam model RTB multifaset M <sub>2</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \nu_l$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ) .....	77
Rajah 2.11	Objek pengukuran topik dalam model RTB multifaset M <sub>3</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \nu_l : \lambda_m$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ) .....	78
Rajah 2.12	Objek pengukuran topik dalam model RTB multifaset M <sub>4</sub> reka bentuk ( $\tau_i : \lambda_m : \omega_q$ ) $\times$ ( $\beta_j : \gamma_k$ ) .....	80
Rajah 3.1	Pembentukan rawak bersilang unifaset reka bentuk ( $\tau_i$ ) $\times$ ( $\beta_j$ ) .....	105

Rajah 3.2	Model RTB multifaset M <sub>1</sub> reka Bentuk $(\tau_i \times (\beta_j : \gamma_k))$ .....	105
Rajah 3.3	Model RTB multifaset M <sub>2</sub> reka bentuk $(\tau_i : \nu_l) \times (\beta_j : \gamma_k)$ .....	106
Rajah 3.4	Model RTB multifaset M <sub>3</sub> reka bentuk $(\tau_i : \nu_l : \lambda_m) \times (\beta_j : \gamma_k)$ .....	107
Rajah 3.5	Model RTB multifaset M <sub>4</sub> reka bentuk $(\tau_i : \nu_l : \lambda_m : \omega_q) \times (\beta_j : \gamma_k)$ .....	108
Rajah 3.6	Model RTB multifaset M <sub>5</sub> reka bentuk $(\tau_i : \lambda_m) \times (\beta_j : \gamma_k)$ .....	110
Rajah 3.7	Model RTB multifaset M <sub>6</sub> reka bentuk $(\tau_i : \omega_q) \times (\beta_j : \gamma_k)$ .....	111
Rajah 3.8	Model RTB multifaset M <sub>7</sub> reka bentuk $(\tau_i : \nu_l : \omega_q) \times (\beta_j : \gamma_k)$ .....	112
Rajah 3.9	Model RTB multifaset M <sub>8</sub> reka bentuk $(\tau_i : \lambda_m : \omega_q) \times (\beta_j : \gamma_k)$ .....	113
Rajah 3.10	Carta aliran kajian.....	138
Rajah 4.1	Graf varians ralat relatif ( $E(\delta\sigma_\omega^2)$ ) teranggar melawan purata saiz kelas bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset M <sub>4</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> dan M <sub>8</sub> .....	149
Rajah 4.2	Graf varians ralat mutlak ( $E(\Delta\sigma_\omega^2)$ ) teranggar melawan purata saiz kelas bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset M <sub>4</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> dan M <sub>8</sub> .....	151
Rajah 4.3	Graf pekali-G ( $\rho$ ) teranggar melawan purata saiz kelas bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset M.....	153
Rajah 4.4	Graf indeks kebolehsandaran ( $\phi$ ) teranggar melawan purata saiz kelas bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset M .....	154
Rajah 4.5	Graf varians ralat relatif ( $E(\delta\sigma_\gamma^2)$ ) teranggar melawan purata saiz kelas bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model rawak multifaset M.....	157



Rajah 4.6	Graf varians ralat mutlak ( $E(\Delta\sigma_\gamma^2)$ ) teranggar melawan purata saiz kelas bagi objek pengukuran topik $\gamma$ dari model RTB multifaset M.....	158
Rajah 4.7	Graf varians ralat relatif ( $E(\delta\sigma_\omega^2)$ ) teranggar melawan bilangan item bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset M <sub>4</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> dan M <sub>8</sub> .....	162
Rajah 4.8	Graf varians ralat mutlak ( $E(\Delta\sigma_\omega^2)$ ) teranggar melawan bilangan Item bagi objek pengukuran $\omega$ dari model RTB multifaset M <sub>4</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> dan M <sub>8</sub> .....	164
Rajah 4.9	Graf pekali-G ( $\rho$ ) teranggar melawan bilangan item bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset M.....	166
Rajah 4.10	Graf indeks kebolehsandaran ( $\phi$ ) teranggar melawan bilangan item bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset M.....	168
Rajah 4.11	Graf Varians ralat relatif ( $E(\delta\sigma_\gamma^2)$ ) teranggar melawan bilangan item bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset M.....	170
Rajah 4.12	Graf Varians ralat mutlak ( $E(\Delta\sigma_\gamma^2)$ ) teranggar melawan bilangan item bagi objek pengukuran $\gamma$ dari model RTB multifaset M.....	172

## SENARAI SIMBOL

$\tau, \nu, \lambda, \omega,$ $\beta, \gamma$	$\tau$ =faktor pelajar, $\nu$ = faktor kelas, $\lambda$ = faktor sekolah, $\omega$ = faktor jenis sekolah, $\beta$ = faktor item, $\gamma$ = faktor topik.
M	Model RTB multifaset dua hala. $M = \{M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7, M_8\}$
$\Psi$	Objek pengukuran. $\Psi = \{\omega_q, \gamma_k\}$ .
$\bar{C}$	Purata saiz kelas.
$\bar{n}_i$	Purata jumlah bilangan item.
S	Saiz faktor $f$ .
$E(\delta\sigma_\Psi^2)$	Varians ralat tercerap relatif berobjek pengukuran $\Psi$ . Untuk varians ralat tercerap mutlak diwakili dengan $E(\Delta\sigma_\Psi^2)$ .
$E(\delta\sigma_\Psi^2)_{[m]}$	Varians ralat tercerap relatif berobjek pengukuran $\Psi$ dari model $m$ . Untuk varians tercerap mutlak diwakili dengan $E(\Delta\sigma_\Psi^2)_{[m]}$ .
$E(\delta\sigma_\Psi^2)_{[m](n_j)}$	Varians ralat tercerap relatif berobjek pengukuran $\Psi$ dari model $m$ bersaiz faktor $n_j$ .
$E(\Delta\sigma_\Psi^2)_{[m](n_j)}$	Varians ralat tercerap mutlak berobjek pengukuran $\Psi$ dari model $m$ bersaiz $n_j$ .
$E_\Psi$	Varians ralat tercerap berobjek pengukuran $\Psi$ . $E_\Psi = \{E(\delta\sigma_\Psi^2), E(\Delta\sigma_\Psi^2)\}$
$E_{\Psi[m]}$	Varians ralat tercerap berobjek pengukuran $\Psi$ dari model $m$ .
$E_{\Psi(n_j)}$	Varians ralat tercerap berobjek pengukuran $\Psi$ dari saiz faktor $n_j$ .
$E_{\Psi[m](n_j)}$	Varians ralat tercerap berobjek pengukuran $\Psi$ dari model $m$ bersaiz faktor $n_j$ .
$\rho$	Pekali kebolehtlakan atau pekali-G dalam kajian-D.
$\rho_{[m]}$	Pekali kebolehtlakan atau pekali-G dalam kajian-D dari model $m$ .
$\phi$	Indeks kebersandaran dalam kajian-D.
$\phi_{[m]}$	Indek kebersandaran dalam kajian-D dari model $m$ .

$R$	Pekali kebolehpercayaan dalam kajian-D. $R = \{\rho, \phi\}$ .
$R_{(n_j)}$	Pekali kebolehpercayaan dalam kajian-D bagi saiz faktor $n_j$ .
$R_{[m]}$	Pekali kebolehpercayaan dalam kajian-D dari model $m$ .
$R_\Psi$	Pekali kebolehpercayaan dalam kajian-D bagi objek pengukuran $\Psi$ . $\{R_\omega, R_\gamma\} \in R_\Psi$
$R_{[m](n_j)}$	Pekali kebolehpercayaan dalam kajian-D dari model $m$ bagi saiz faktor $n_j$ .
$\Upsilon_\rho$	Nisbah Isyarat Hingar (NIH) bagi varians ralat tercerap relatif.
$\Upsilon_\phi$	Nisbah Isyarat Hingar (NIH) bagi varians ralat tercerap mutlak.
$\Upsilon_{\rho[m]}$	Nisbah Isyarat Hingar (NIH) bagi varians ralat tercerap relatif dari model $m$ . Bagi varians ralat tercerap mutlak diwakili dengan $\Upsilon_{\phi[m]}$ .
$\Upsilon_G$	Nisbah Isyarat Hingar (NIH). $\Upsilon_G = \{\Upsilon_\rho, \Upsilon_\phi\}$ .
$\Upsilon_{G[m]}$	Nisbah Isyarat Hingar (NIH) dari model $m$ . $\Upsilon_{G[m]} = \{\Upsilon_{\rho[m]}, \Upsilon_{\phi[m]}\}$
$\Upsilon_{G(n_j)}$	Nisbah Isyarat Hingar (NIH) bagi saiz faktor $n_j$ .
$\Pi_\Psi$	Impak Hasil Darab Saiz Faktor (IHSF) dalam kajian ini bagi objek pengukuran $\Psi$ .
$\Theta_\Psi$	Impak Lambakan Reja Faktor (ILRF) dalam kajian ini bagi objek pengukuran $\Psi$ .
$\Pi_{\Psi[m]}$	Impak Hasil Darab Saiz Faktor (IHSF) dalam kajian ini bagi objek pengukuran $\Psi$ dari model $m$ .
$\Theta_{\Psi[m]}$	Impak Lambakan Reja Faktor (ILRF) dalam kajian ini bagi objek pengukuran $\Psi$ dari model $m$ .
$\Lambda_f$	Fungsi komponen pekali-pekali $\frac{1}{n_j}$ dari ruang $E_\Psi$ dan $n_j$ adalah saiz faktor $f$ .
$\Lambda_{f[m]}$	Fungsi komponen pekali-pekali $\frac{1}{n_j}$ dari ruang $E_\Psi$ bagi model $m$ dan $n_j$ adalah saiz faktor $f$ .

$\Lambda_{\delta f}$	Fungsi komponen pekali-pekali $\frac{1}{n_j}$ dari ruangan $E(\delta\sigma_{\psi}^2)$ dan $n_j$ adalah saiz faktor $f$ . Untuk ruangan $E(\Delta\sigma_{\psi}^2)$ , diwakili dengan $\Lambda_{\Delta f}$
$\Lambda_{\delta f[m]}$	Fungsi komponen pekali-pekali $\frac{1}{n_j}$ dari ruangan $E(\delta\sigma_{\psi}^2)$ bagi model $m$ dan $n_j$ adalah saiz faktor $f$ . Untuk ruangan $E(\Delta\sigma_{\psi}^2)$ , diwakili dengan $\Lambda_{\Delta f[m]}$
$\bar{\Lambda}_f$	Fungsi komponen varians yang bebas dari faktor $f$ dan dikesan dalam ruangan $E_{\psi}$ .
$\bar{\Lambda}_{f[m]}$	Fungsi komponen varians yang bebas dari faktor $f$ dan dikesan dalam ruangan $E_{\psi}$ bagi model $m$ .
$\bar{\Lambda}_{\delta f}$	Fungsi komponen varians yang bebas dari faktor $f$ dan dikesan dalam ruangan $E(\delta\sigma_{\psi}^2)$ . Untuk ruangan $E(\Delta\sigma_{\psi}^2)$ , diwakili dengan $\bar{\Lambda}_{\Delta f}$
$\bar{\Lambda}_{\delta f[m]}$	Fungsi komponen varians yang bebas dari faktor $f$ dan dikesan dalam ruangan $E(\delta\sigma_{\psi}^2)_{[m]}$ bagi model $m$ . Untuk ruangan $E(\Delta\sigma_{\psi}^2)_{[m]}$ , diwakili dengan $\bar{\Lambda}_{\Delta f[m]}$ .
$\Gamma(f)$	Komponen Saiz Faktor (Komponen-SF) bagi saiz faktor $f$ dari ruangan $E_{\psi}$ dalam kajian ini.
$y_{ilmjike}$	Ralat $e$ bagi skor dari pelajar ke- $\tau_i$ dari kelas ke- $\nu_l$ , sekolah ke- $\lambda_m$ , jenis sekolah ke- $\omega_q$ , bagi soalan ke- $\beta_j$ dan topik ke- $\gamma_k$ .

## SENARAI KEPENDEKAN

RTB	Rawak tersarang bersilang.
Kajian-G	Kajian kebolehitlakan.
Kajian-D	Kajian keputusan.
Pekali-G	Pekali kebolehitlakan.
IK	Indeks kebolehsandaran.
NIH	Nisbah isyarat hingar.
Teori-G	Teori kebolehitlakan.
IHSF	Impak Hasildarab Saiz Faktor.
ILRF	Impak Lambakan Reja Faktor.
JSU	Jadual spesifikasi ujian.
PRN	Pengukuran rujukan norm.
PRK	Pengukuran rujukan criteria.
SK	Saiz kelas.
BI	Bilangan item.
FU	Faktor utama.
FI	Faktor interaksi.
FR	Faktor ralat.

## SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN A	JADUAL SPESIFIKASI UJIAN
LAMPIRAN B	SET KERTAS PENSAMPELAN KAJIAN
LAMPIRAN C	STATISTIK DAN KENORMALAN DATA
LAMPIRAN D	KOMPONEN VARIANS FAKTOR
LAMPIRAN E	R DENGAN PELBAGAI OBJEK PENGUKURAN MERENTASI MODEL
LAMPIRAN F	IHSF DAN ILRF VARIANS RALAT RELATIF MERENTASI MODEL RTB
LAMPIRAN G	$\Gamma_{(f)}$ VARIANS RALAT RELATIF MERENTASI MODEL RTB
LAMPIRAN H	MATRIKS VARIANS RALAT TERCERAP, $\Upsilon$ , $\rho$ DAN $\phi$
LAMPIRAN I	PROGRAM SAS PENGANGGARAN $R_{\psi}$ DAN $E_{\psi}$
LAMPIRAN J	PROGRAM SAS PENGANGGARAN $R_{\omega}$ DAN $E_{\omega}$ MERENTASI SAIZ PURATA KELAS
LAMPIRAN K	PROGRAM SAS PENGANGGARAN $R_{\omega}$ DAN $E_{\omega}$ MERENTASI BILANGAN ITEM
LAMPIRAN L	PROGRAM SAS PENGANGGARAN $R_{\gamma}$ DAN $E_{\gamma}$ MERENTASI BILANGAN ITEM
LAMPIRAN M	PROGRAM SAS PENGANGGARAN $R_{\gamma}$ DAN $E_{\gamma}$ MERENTASI SAIZ PURATA KELAS
LAMPIRAN N	PROGRAM SAS PENGANGGARAN KOMPONEN VARIANS FAKTOR MERENTASI M
LAMPIRAN O	PLOT FREKUENSI SKOR PELAJAR KAJIAN
LAMPIRAN P	PENGURAIAN KOMPONEN VARIANS INTERAKSI TERTINDAN DALAM RUANGAN $\tau\beta$

**KESAN PENYARANGAN DALAM MODEL DENGAN FAKTOR  
TERSARANG BERSILANG TERHADAP PENGANGGARAN PEKALI  
KEBOLEHPERCAYAAN**

**ABSTRAK**

Tujuan kajian ini adalah untuk mengkaji kesan peringkat penyaringan model tersarang dalam penganggaran pekali kebolehpercayaan teori-G menggunakan model rawak tersarang bersilang pelbagai peringkat penyaringan dan data sebenar. Skop penganggaran meliputi varians ralat relatif ( $E(\delta\sigma_{\Psi}^2)$ ), varians ralat mutlak ( $E(\Delta\sigma_{\Psi}^2)$ ), pekali kebolehitlakan ( $\rho$ ) dan indeks kebolehsandaran ( $\phi$ ). Sebanyak 8 model rawak tersarang bersilang dua hala ( $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7$  dan  $M_8$ ) telah dibentuk. Kaedah pensampelan kebarangkalian dijalankan. Markah bagi mata pelajaran Matematik Tambahan disampelkan di kalangan pelajar-pelajar Tingkatan 5 dari 16 buah sekolah dalam daerah Kuantan, negeri Pahang. Penyemakan kenormalan data dilakukan terhadap markah tersampel. Kajian-G dimulakan dan diikuti dengan kajian-D dengan keadaan objek pengukuran  $\Psi$  (iaitu  $\Psi = \{\omega, \gamma\}$ ), purata saiz kelas (25, 20, 15, 10) dan bilangan item (30, 25, 20, 15). Anggaran dianalisis bagi setiap dimensi. Keputusan menunjukkan anggaran bagi  $E_{\omega[6]}$  dan  $E_{\gamma[1]}$  adalah terendah. Anggaran dari  $E(\delta\sigma_{\gamma}^2)_{[4]}$  kurang dari anggaran  $E(\delta\sigma_{\gamma}^2)_{[6]}$ ; anggaran dari  $\rho_{\gamma[4]}$  adalah kurang dari anggaran  $\rho_{\gamma[1]}$  tetapi lebih tinggi dari anggaran  $\rho_{\gamma[6]}$ ; anggaran dari  $\phi_{\gamma[4]}$  adalah lebih rendah dari anggaran  $\phi_{\gamma[1]}$  tetapi lebih besar dari anggaran  $\phi_{\gamma[5]}$ . Apabila purata saiz kelas ditingkatkan, anggaran  $E_{\Psi}$  berkurangan dengan ketara manakala anggaran  $R_{\Psi}$  bertambah. Apabila bilangan

item dikurangkan, terdapat penambahan dalam anggaran  $E_{\psi}$  dan pengurangan bagi anggaran  $R_{\psi}$ . Kesimpulannya adalah model pengukuran dengan peringkat penyarangan rendah mempunyai kecenderungan menghasilkan anggaran  $E_{\psi}$  yang minimum. Model pengukuran  $M_1$  mempamerkan keunggulannya dalam penganggaran  $R_{\gamma}$  berbanding dengan model-model pengukuran lain. Peringkat penyarangan dalam model rawak pelbagai peringkat tersarang bersilang tidak mempengaruhi penganggaran  $R_{\psi}$ . Pembesaran saiz purata kelas dan pertambahan bilangan item mengecilkan anggaran  $E_{\psi}$  dan arah pengecilan berlaku mengikut corak yang sama bagi setiap model pengukuran. Tiada perbezaan prestasi pelajar dalam Matematik Tambahan dari ketiga-tiga jenis sekolah. Pertambahan bilangan pelajar dalam kelas dan pertambahan bilangan item dalam peperiksaan boleh dipertimbangkan.



# THE EFFECTS OF NESTING IN MODELS WITH CROSS-NESTED FACTORS ON ESTIMATION OF RELIABILITY COEFFICIENT

## ABSTRACT

The aim of this research is to investigate the effect of nesting level in the estimation of reliability coefficient in generalizability theory employing various multilevel crossed-nested random model and using real data. The scope of estimation includes variance of relative errors ( $E(\delta\sigma_{\Psi}^2)$ ), variance of absolute errors ( $E(\Delta\sigma_{\Psi}^2)$ ), generalizability coefficient ( $\rho$ ) and dependability index ( $\phi$ ). There were 8 crossed-nested two ways random models ( $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7$  and  $M_8$ ) were formed. Convenient sampling method was applied. Marks of Additional Mathematics subject were sampled among Form 5 students from 16 schools of Kuantan district, Pahang state. Normality inspection was performed over the marks sampled. G-Study was initiated and followed by D-Study under object of measurement  $\Psi$  (namely  $\Psi = \{\omega, \gamma\}$ ), average class size (25, 20, 15, 10) and number of items (30, 25, 20, 15). Estimations were analysed under each dimension. Results showed that estimates of  $E_{\omega[6]}$  and  $E_{\gamma[1]}$  are the lowest. Estimate of  $E(\delta\sigma_{\gamma}^2)_{[4]}$  is less than estimate of  $E(\delta\sigma_{\gamma}^2)_{[6]}$ ; estimate of  $\rho_{\gamma[4]}$  is less than estimate of  $\rho_{\gamma[1]}$  but larger than estimate of  $\rho_{\gamma[6]}$ ; estimate of  $\phi_{\gamma[4]}$  is lower than estimate of  $\phi_{\gamma[1]}$  but larger than estimate of  $\phi_{\gamma[5]}$ . When average class size is increased, estimate of  $E_{\Psi}$  is noticeably decreased whereas estimate of  $R_{\Psi}$  is increased. When the number of items is reduced, there is an increase in estimate of  $E_{\Psi}$  and a decrease in estimate of  $R_{\Psi}$ . The conclusion is the model of low nesting level possesses tendency in

producing minimum estimate of  $E_{\psi}$ . Model of  $M_1$  demonstrates excellence in the estimation of  $R_{\gamma}$  than other models. The nesting level of multilevel crossed-nested random model did not affect the estimation of  $R_{\psi}$ . Magnification of average class size and increase in number of items caused deflation in  $E_{\psi}$  estimate and inflation in  $R_{\psi}$  estimate which occurs in the same pattern for each model of measurement. Performance of students in Additional Mathematics from various types of schools is the same. Number of students in the class and number of items in examination can considerably be increased.

# **BAB 1**

## **Pengenalan**

### **1.1 Latar belakang kajian**

Kecemerlangan akademik seseorang pelajar dalam sistem pelajaran yang diamalkan dalam negara kita terletak pada markah yang diperolehi dalam sesuatu peperiksaan. Pelajar yang memperolehi bilangan gred A+ yang tinggi dinilai lebih cemerlang daripada pelajar yang memperolehi bilangan gred A+ yang rendah. Begitu juga sekolah yang mencatatkan bilangan mata pelajaran yang terbanyak dengan 100% kelulusan dalam peperiksaan awam diumumkan sebagai sekolah cemerlang. Kecemerlangan pencapaian akademik di peringkat sekolah telah menimbulkan semangat persaingan dalam kalangan para guru, pentadbir sekolah, pegawai dari pejabat pelajaran daerah dan Jabatan Pelajaran Negeri termasuk para ibu bapa yang mengharapkan prestasi unggul keputusan peperiksaan daripada anak mereka.

Sehubungan itu, pelbagai strategi kecemerlangan akademik telah dirancang. Para ibu bapa berusaha mendaftarkan anak-anak mereka ke sekolah yang mempunyai rekod pencapaian yang cemerlang dan kelas yang baik. Beberapa jenis sekolah telah wujud di Malaysia seperti Sekolah Berasrama Penuh (SBP), sekolah harian biasa, sekolah swasta, sekolah agama dan sekolah antarabangsa. Bagi setiap jenis sekolah wujud sekolah-sekolah yang khusus untuk suatu bidang seperti sekolah teknik dan vokasional, sekolah sukan dan sekolah agama negeri.

Di peringkat sekolah yang mana kebanyakan sekolah masing-masing berikhtiar menghasilkan keputusan cemerlang, penyusunan(streaming) dilaksanakan, kelas tambahan dijadualkan, guru cemerlang atau guru pakar dijemput untuk

memotivasikan pelajar dalam seminar akademik, latihan dilipatgandakan dengan soalan berbagai bentuk dan kesukaran yang sesuai, pembelian bahan rujukan dan keperluan alat bantu mengajar dimaksimumkan, sesetengah waktu mata pelajaran yang dianggap kurang penting (seperti pendidikan jasmani, seni visual) digantikan dengan mata pelajaran kritikal yang mampu menjejaskan peratus kelulusan sekolah itu, jadual waktu anjal dilaksanakan yang mana beberapa kelas digabungkan untuk program peningkatan pencapaian mata pelajaran yang dipilih. Pengajaran dan tumpuan para guru diubah suai kepada topik-topik yang popular atau yang memperuntukkan markah yang tinggi. Pihak Pejabat Pelajaran Daerah (PPD) dan Jabatan Pelajaran Negeri (JPN) kebiasaannya menetapkan selang sasaran jangkaan (*expected target range*, ETR) bagi mata pelajaran tertentu sesuai dengan jenis sekolah yang ditadbir. Pihak PPD dan JPN juga berdepan dengan masalah saiz kelas iaitu bilangan pelajar yang perlu ada dalam sebuah kelas yang membolehkan sebuah kelas ditubuhkan bagi sekolah tersebut. Di peringkat Kementerian Pendidikan diwujudkan pelbagai jenis sekolah seperti sekolah berasrama penuh, sekolah harian bandar, sekolah harian luar bandar dan seumpamanya.

Fenomena yang digambarkan di atas memperlihatkan bahawa pencapaian pelajar bukan semata-mata bergantung kepada kerajinan dan usaha pelajar semata-mata tetapi sebaliknya faktor-faktor luaran lain turut terlibat. Kesemua faktor tersebut apabila dianalisis, didapati tergolong dalam dua komponen utama. Komponen pertama terdiri dari faktor-faktor seperti pelajar ( $\tau$ ), kelas ( $\nu$ ), sekolah ( $\lambda$ ), jenis sekolah ( $\omega$ ) sementara faktor-faktor seperti item ( $\beta$ ) dan topik ( $\gamma$ ) tergolong dalam komponen kedua. Faktor-faktor  $\tau$ ,  $\nu$ ,  $\lambda$ ,  $\omega$ ,  $\beta$  dan  $\gamma$  masing-masing memperlihatkan variasi berlainan yang meletakkan setiap faktor ini sebagai faset dan sumber komponen varians.

Pengkelasan faktor-faktor ke dalam dua komponen induk merupakan ilham dan idea pembentukan model-model statistik tersarang dalam kajian ini. Oleh kerana wujudnya unsur hierarki (*hierarchy*) dalam kalangan faset tertentu ( $\nu, \lambda, \omega$  dan  $\gamma$ ), justeru itu unsur penyarangan (*nesting*) tidak harus diabaikan. Faset pelajar tersarang secara rawak dalam faset kelas adalah ketara sementara faset kelas tersarang dalam faset sekolah. Faset sekolah pula dikategorikan kepada beberapa jenis sekolah berlainan yang menunjukkan faset sekolah tersarang dalam faset jenis sekolah. Begitu juga setiap item dibina secara rawak dari topik-topik tertentu dan menjadikan faset item tersarang dalam faset topik tertentu. Analisis ini menjelaskan terhasilnya beberapa unit penyarangan faktor utama seperti  $(\tau_i : \nu_l)$ ,  $(\tau_i : \nu_l : \lambda_m)$ ,  $(\tau_i : \nu_l : \lambda_m : \omega_q)$ , dan  $(\beta_j : \gamma_k)$  dengan subskrip  $i$  (bilangan pelajar),  $l$  (bilangan kelas),  $m$  (bilangan sekolah),  $q$  (bilangan jenis sekolah),  $j$  (bilangan item) dan  $k$  (bilangan topik) berkeadaan  $i = 1, 2, \dots, n_i$ ;  $l = 1, 2, \dots, n_l$ ;  $m = 1, 2, \dots, n_m$ ;  $q = 1, 2, \dots, n_q$ ;  $j = 1, 2, \dots, n_j$  dan  $k = 1, 2, \dots, n_k$ .

Lanjutan dari ini, pada dasarnya 4 struktur model rawak tersarang bersilang (RTB) multifaset dua hala (*two-ways random cross-nested multifacets*) tak seimbang dapat diterbitkan seperti berikut:

<u>Model RTB Multifaset</u>	<u>Reka Bentuk</u>
M <sub>1</sub>	$(\tau_i) \times (\beta_j : \gamma_k)$
M <sub>2</sub>	$(\tau_i : \nu_l) \times (\beta_j : \gamma_k)$
M <sub>3</sub>	$(\tau_i : \nu_l : \lambda_m) \times (\beta_j : \gamma_k)$
M <sub>4</sub>	$(\tau_i : \nu_l : \lambda_m : \omega_q) \times (\beta_j : \gamma_k)$

Pelbagai model rawak tersarang bersilang (RTB) multifaset tak seimbang boleh dibentuk dari struktur utama model di atas. Pembentukan model RTB multifaset berlainan dilakukan melalui penggabungan faktor secara setara (*laterally*

*merging*), yakni pelajar-pelajar dari kelas berlainan digabungkan, sekolah-sekolah yang mempunyai ciri-ciri sama digabungkan.

Idea penggabungan adalah berpunca dari kekerapan berlakunya masalah pengurangan kelas kerana bilangan pelajar tidak mencukupi had yang ditetapkan oleh pihak Jabatan Pelajaran Negeri, isu perpindahan pelajar, penggredan sekolah dan pembahagian jenis sekolah berlainan. Penggabungan dilakukan berlandaskan kesamaan yang wujud antara faktor-faktor yang terlibat. Contohnya, kesamaan daripada segi aliran kelas, corak pengurusan, kedudukan dan infrastruktur sekolah. Dengan ini kelas-kelas aliran sains di sekolah yang sama boleh digabungkan dalam sesetengah situasi, sekolah-sekolah yang mempunyai ciri-ciri pentadbiran yang sama digabungkan dalam kumpulan sama, jenis sekolah yang sama pula dikumpulkan. Model-model RTB multifaset tak seimbang terhasil dari penggabungan dan penstrukturan semula faktor berdasarkan kesamaan ciri adalah seperti berikut:

<u>Model RTB Multifaset</u>	<u>Reka bentuk</u>
M <sub>5</sub>	$(\tau_i : \lambda_m) \times (\beta_j : \gamma_k)$
M <sub>6</sub>	$(\tau_i : \omega_q) \times (\beta_j : \gamma_k)$
M <sub>7</sub>	$(\tau_i : \nu_l : \omega_q) \times (\beta_j : \gamma_k)$
M <sub>8</sub>	$(\tau_i : \lambda_m : \omega_q) \times (\beta_j : \gamma_k)$

Merujuk kepada Teori Kebolehtlakan (*Generalizibility Theory*, teori-G) yang mana merupakan teori pengukuran yang membolehkan kejituan pengitlakan pengukuran ke atas populasi dikesan dan variasi setiap faktor pengukuran diketahui melalui prosedur penguraian dan penganalisan komponen varians faktor dari sampel tercerap menggunakan model pengukuran. Dalam konteks teori-G, penggabungan dan penstrukturan semula faktor menjejaskan ralat relatif ( $E(\delta\sigma_\psi^2)$ ) dan ralat mutlak ( $E(\Delta\sigma_\psi^2)$ ) disamping mengubah struktur objek pengukuran pada

keadaan tertentu. Perubahan ini mengundang persoalan teknikal terhadap perubahan pekali kebolehitlakan,  $\rho$  dan indeks kebolehsandaran,  $\phi$  teranggar yang diberikan oleh:

$$\rho = \frac{\sigma_{\Psi}^2}{\sigma_{\Psi}^2 + E(\delta\sigma_{\Psi}^2)} \quad (1.1)$$

dan

$$\phi = \frac{\sigma_{\Psi}^2}{\sigma_{\Psi}^2 + E(\Delta\sigma_{\Psi}^2)} \quad (1.2)$$

yang mana  $\sigma_{\Psi}^2$  adalah komponen varians bagi objek pengukuran,  $\Psi$  model tersebut.

Katakan  $R = \{\rho, \phi\}$  dan  $E_{\Psi} = \{E(\delta\sigma_{\Psi}^2), E(\Delta\sigma_{\Psi}^2)\}$ , maka diperolehi

$$R = \frac{\sigma_{\Psi}^2}{\sigma_{\Psi}^2 + E_{\Psi}} \quad (1.3)$$

Persoalannya, benarkah nilai anggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$  masih kekal dari model pengukuran yang mengalami penstrukturan semula faktor? Seterusnya apakah keadaan struktur model RTB multifaset yang dapat memperbaiki anggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$ ?

Memandangkan pekali  $\rho$  dan  $\phi$  merupakan fungsi komponen varians dan saiz faktor model, maka penganggaran komponen varians faktor merupakan tunggak utama bagi kajian kebolehitlakan (kajian-G, *generalizability studies*) dalam teori-G. Komponen varians setiap faktor wujud bagi setiap faktor rawak dalam Semesta Penaakulan (*Universal of Administration*). Faktor-faktor seperti  $\tau$ ,  $\nu$ ,  $\lambda$ ,  $\omega$ ,  $\beta$  dan  $\gamma$  membentuk faset masing-masing dan merupakan sumber komponen varians bagi model yang dikaji yakni  $\sigma_{\tau}^2$ ,  $\sigma_{\nu}^2$ ,  $\sigma_{\lambda}^2$ ,  $\sigma_{\omega}^2$ ,  $\sigma_{\beta}^2$ , dan  $\sigma_{\gamma}^2$ . Kajian ini mengambil kira kewujudan interaksi antara faktor yang tersenarai, komponen varians faktor interaksi

yang dikenal pasti dari set faktor utama adalah seperti:

$$\sigma_{\omega\gamma}^2, \sigma_{\omega\beta}^2, \sigma_{\lambda\gamma}^2, \sigma_{\lambda\beta}^2, \sigma_{v\gamma}^2, \sigma_{v\beta}^2, \sigma_{\tau\gamma}^2 \text{ dan } \sigma_{\varepsilon}^2.$$

Penyempurnaan penganggaran komponen varians faktor menandakan permulaan kajian keputusan (kajian-D, *decision studies*). Pekali-peka  $\rho$  dan  $\phi$ , ralat  $E(\delta\sigma_{\psi}^2)$  dan  $E(\Delta\sigma_{\psi}^2)$ , nisbah  $\sigma_{\psi}^2/E(\delta\sigma_{\psi}^2)$  serta  $\sigma_{\psi}^2/E(\Delta\sigma_{\psi}^2)$  yang mana  $\sigma_{\psi}^2$  adalah varians objek pengukuran dianggarkan merentasi model penganggaran tersebut. Penganggaran parameter-parameter tersebut dilakukan dalam keadaan berlainan seperti kelainan dari segi struktur model, objek pengukuran dan perubahan dari segi saiz faktor. Nisbah  $\sigma_{\psi}^2/E(\delta\sigma_{\psi}^2)$  dan  $\sigma_{\psi}^2/E(\Delta\sigma_{\psi}^2)$  adalah nisbah isyarat hingar (NIH, *signal noise ratio*). Biarkan  $\Upsilon_{\rho} = \sigma_{\psi}^2/E(\delta\sigma_{\psi}^2)$ ,  $\Upsilon_{\phi} = \sigma_{\psi}^2/E(\Delta\sigma_{\psi}^2)$ , dan  $\Upsilon_G = \{\Upsilon_{\rho}, \Upsilon_{\phi}\}$ . Dari ini diperolehi

$$\Upsilon_G = \frac{\sigma_{\psi}^2}{E_{\psi}} \quad (1.4)$$

Kaedah penganggaran momen digunakan dalam kajian ini yang mana kaedah penganggaran ini menyamakan momen populasi dengan momen sampel ke- $r$  sekitar nilai tertentu dan menyelesaikan set persamaan terbentuk untuk memperoleh anggaran parameter yang dikehendaki. Biarkan  $E(X^r)$  mewakili momen populasi ke- $r$  dan  $\frac{1}{n} \sum_1^n X_i^r$  merupakan momen sampel ke- $r$  sekitar pusat sifar bagi pembolehubah rawak  $X$  yang berfungsi ketumpatan kebarangkalian  $f(x; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$  dengan  $k$  parameter  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$ . Dengan menyamakan momen populasi dengan momen sampel ke- $r$  sekitar nilai sifar diperolehi:

$$E(X^r) = \frac{1}{n} \sum_1^n X_i^r$$



$K$  set persamaan diturunkan untuk penganggaran  $k$  parameter  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$ .

Lanjutan dari ini jika disamakan momen populasi sekitar min populasi  $\mu$  dengan momen sampel sekitar min sampel  $\bar{X}$  diperolehi:

$$E(X - \mu)^r = \frac{1}{n} \sum_1^n (X_i - \bar{X})^r$$

Apabila  $r = 2$ , penyamaan momen populasi sekitar  $\mu$  dengan momen sampel sekitar  $\bar{X}$  adalah setara dengan menyamakan nilai hasil tambah kuasa dua jangkaan faktor dengan min hasil tambah kuasa dua faktor. Ini bermakna pada momen ke-2, kaedah penganggaran momen adalah sama dengan kaedah penganggaran ANOVA untuk menghasilkan  $k$  set persamaan yang membawa kepada penghasilan komponen varians faktor model. Memandangkan kajian ini memerlukan penganggaran komponen varians faktor, maka nama kaedah penganggaran ANOVA digunakan sepanjang kajian ini.

Walaupun terdapat beberapa kaedah penganggaran lain umpamanya MLE, REML, MINOQ, Jacknife dan bootsrap (Efron, 1982, 1986; Ahrens dan Sanchez, 1982; Efron dan Tibshirani, 1986) tetapi perbandingan kesan penggunaan model pengukuran merupakan tujuan utama kajian dan kajian ini mampu merangsangkan kajian-kajian lain yang melibatkan perbandingan kaedah penganggaran merentasi model. Kajian ini merupakan kajian sulung melibatkan unsur penyaringan berperingkat empat di samping menggunakan data mentah. Keputusan menggunakan data mentah adalah kerana data mentah walaupun sukar menjamin kesempurnaan taburannya, tetapi data mentah mencerminkan situasi sebenar sampel yang dikaji (Mauricio, Hernandez & Stolfo, 1998).

Analisis kajian ini menumpukan pemberatan kepada bahagian seperti model penganggaran dalam konteks kebagusan nilai anggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$  termasuk

$Y_G$ , peminimuman anggaran ralat  $E(\delta\sigma_\psi^2)$  dan  $E(\Delta\sigma_\psi^2)$ , perubahan-perubahan yang bakal tercerap akibat perubahan saiz faktor. Anggaran-anggaran  $E(\delta\sigma_\psi^2)$  dan  $E(\Delta\sigma_\psi^2)$  dirujuk dalam analisis kebagusan model pengukuran apabila anggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$  terhasil mempunyai nilai anggaran yang hampir sama.

Kajian mengenai penganggaran  $\rho$  dan  $\phi$  dalam teori-G tidak dapat diasingkan daripada kesan perubahan saiz faktor model RTB multifaset. Saiz faktor boleh diubah sesuai dengan objektif kajian. Purata bilangan pelajar dalam sesebuah kelas dan bilangan item diubah dalam kajian ini. Kesesuaian purata bilang pelajar dalam sesebuah kelas dan kesesuaian bilangan item mencuri perhatian dalam kajian ini.

Keanjalan pemilihan objek pengukuran dari model RTB multifaset merupakan ciri tersendiri dalam teori-G. Objek pengukuran boleh berubah tertakluk kepada tujuan pengukuran tanpa mengubah struktur model dan mengulangi pensampelan. Tujuan ini dapat dicapai melalui perlaksanaan prinsip kesimetrikan. Prinsip kesimetrikan mencetuskan ilham kewujudan kaedah penilaian kebagusan model pengukuran dalam penganggaran  $\rho$  dan  $\phi$  apabila objek pengukuran berubah. Model RTB multifaset yang mempamerkan kebagusan dalam penganggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$ , masihkah mengekalkan ciri kebagusan penganggaran seandainya objek pengukuran berubah!

Secara ringkasnya, kajian ini dimulakan dengan pembentukan model RTB multifaset tak seimbang, penganggaran komponen varians faktor dalam bahagian kajian-G, penganggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$  merentasi model RTB multifaset dengan variasi keadaan penganggaran berlainan dalam bahagian kajian-D. Pemberatan utama ditumpukan kepada perubahan pekali  $\rho$  dan  $\phi$  teranggaran merentasi model

RTB multifaset, perubahan saiz faktor dan peranan prinsip kesimetrian dalam menentukan kebagusan model RTB multifaset.  $\Upsilon_G$  yang bertindak sebagai petunjuk kepada pekali  $\rho$  dan  $\phi$  teranggar dititikberatkan dalam kajian.

## 1.2 Rasional

Kajian yang menggunakan model tersarang ditunjukkan oleh Antweiler (2001) yang mana model tersarang tak seimbang digunakan bersama kaedah penganggaran kebolehjadian maksimum (MLE). Morris dan Deshon (2002) mengkaji kesan saiz faktor dalam konteks teori-G. Rasional kajian ini berkisar sekitar penekanan model RTB multifaset tak seimbang peringkat empat, perubahan komponen varians, perubahan anggaran  $\rho$  dan  $\phi$  apabila bentuk model berubah, kesan kehadiran nilai negatif komponen varians teranggar, kesan pertambahan saiz faktor merentasi model RTB multifaset, aplikasi prinsip kesimetrian dalam menentukan kebagusan model RTB multifaset. Maka rasional kajian adalah:

a) Terdapat dua situasi yang biasa wujud dalam kebanyakan kajian statistik yang menggunakan model bersilang (*crossed model*). Pertamanya adalah keseimbangan data dan keduanya peringkat penyarangan model pengukuran yang digunakan adalah rendah. Dalam Miliken dan Johnson (1984) diperhatikan keutamaan diberikan kepada model bersilang seimbang lengkap; Singer (1998) menunjukkan model tersarang digunakan dalam Statistical Analysis System (SAS); Snijders (2005) menjalankan kajian melibatkan penyarangan 3 peringkat sementara Ambrozy dan Mejza (2006) menggunakan model tersarang bersilang. Penggunaan model RTB multifaset peringkat empat (*four stages*) tak seimbang dalam penganggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$ , teori-G jarang dilakukan. Pada hakikatnya, model RTB multifaset tak seimbang lebih praktikal kerana kebanyakan eksperimen tidak

terkecuali dari masalah data hilang (Rubin, 1987). Sejalan dengan ini kajian berkisar sekitar kesan pemeringkatan penyarangan model RTB multifaset ke atas pekali  $\rho$  dan  $\phi$  harus diterokai.

b) Kajian mengenai kebagusan model pengukuran sering terfokus pada faktor pelajar sebagai satu-satunya pilihan untuk tugas objek pengukuran. Pemberatan diberikan kepada faktor pelajar diutamakan dalam Thambi dan Leong (2013), Harris dan Al-Bataineh (2016), Faulkner, Treacy dan Prendergast (2016). Sepatutnya pemilihan objek pengukuran tidak harus semata-mata tertumpu pada faktor pelajar dalam kajian kebagusan model pengukuran. Pemilihan objek pengukuran harus diperluaskan kepada faktor model pengukuran yang lain sesuai dengan model berkenaan. Justeru itu, kajian memilih faktor jenis sekolah dan faktor topik sebagai alternatif pemilihan objek pengukuran dalam menentukan kebagusan model pengukuran perlu dijalankan.

c) Kesan bilangan pelajar dalam kelas dan bilangan soalan peperiksaan dalam kontek pencapaian prestasi akademik pelajar mendapat perhatian golongan pendidik pakar psikometri keseluruhannya. Saiz kelas yang besar tidak digalakkan dan didapati memberi kesan negatif kepada prestasi pencapaian akademik seperti mana diperhatikan oleh Dillon dan Kokkelenberg (2002); Arias, Douglas dan Walker (2004); Monks dan Schmidt (2010) serta Schanzenbach (2014). Şahin dan Anil (2017) mendapati bilangan item adalah faktor penting dalam kajian pengukuran. Namun begitu bagaimana dan sejauh mana saiz kelas (yakni purata bilangan pelajar) dan saiz faktor item (atau bilangan soalan) mempengaruhi penganggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$  kurang diketahui. Lantaran ini perubahan-perubahan dimensi faktor pelajar dan faktor item yang memberi impak ke atas pola penganggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$ , teori-G wajar diselidiki.

d) Prinsip kesimetrikan merupakan suatu keunikan dalam dalam teori-G. Prinsip kesimetrikan ini membolehkan objek pengukuran diubah bagi model pengukuran berkenaan tanpa perubahan struktur model pengukuran dan konfigurasi faktor pengukuran. Diperhatikan dalam karya Cardinet, Toubneur dan Allal (1976) telah mempamerkan kepraktikan prinsip kesimetrikan ini dalam teori-G tetapi keterlaksanaan prinsip kesimetrikan ini apabila aspek struktur model pengukuran, saiz faktor pelajar dan saiz faktor item dipelbagaikan tidak dititikberatkan. Justeru itu, keunikan prinsip kesimetrikan ini perlu didalami bukan sekadar mempamerkan keanjalannya saling tukar-menukar objek pengukuran tetapi harus dijadikan sebagai alternatif lain dalam mengesahkan keberkesanan model RTB multifaset melalui perubahan objek pengukuran.

e) Risiko data hilang dalam pensampelan data tidak timbul jika kajian berkenaan menggunakan data simulasi sebagai data primer. Masalah kecukupan bilangan data (saiz sampel) dan soal kenormalan set data tersampel juga mampu dielakkan jika menggunakan data simulasi. Kajian-kajian menggunakan data mentah dalam penganggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$ , teori-G adalah kurang. Kekurangan kajian yang menggunakan data mentah terdorong oleh pandangan dari Mauricio, et al. (1998) dan Johnston (2008) yang mengingatkan kesukaran yang bakal dihadapi apabila menggunakan data mentah. Tetlow, Galloway dan Oldknow (2010), Foltz, Ferrara, Vollkommer dan Turisco (2011), Willke dan Mullins (2011) mencadangkan tindakan-tindakan yang harus diambil apabila menggunakan data mentah. Akibat yang lebih dibimbangi adalah kehadiran komponen varians terangggar bernilai negatif yang mana memberi kesan kepada tindakan penganggaran selanjutnya. Oleh demikian, sebagai langkah perintis bagi dunia teori-G adalah perlu

menggunakan data mentah dalam penganggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$  dalam konteks kepelbagaian model RTB multifaset dan peringkat penyarangan yang berbeza-beza.

f) Penelitian ke atas teori-G mendapati bahawa  $\Upsilon_G$  jarang diterokai apabila berbicara mengenai pekali  $\rho$  dan  $\phi$ . Dalam Cronbach, et al. (1972), Shavelson dan Webb (1991) mahupun Brennan (1992a & 1992b) tidak menyentuh dan tidak menitikberatkan kemampuan  $\Upsilon_G$  dalam mengesan perubahan pekali  $\rho$  dan  $\phi$ . Kepentingan peranan  $\Upsilon_G$  boleh diperhatikan dalam usaha Joseph dan Wu (2002) menghuraikan peranan  $\Upsilon_G$  dalam bidang kejuruteraan, Welsh (2004) menyampaikan pengenalan  $\Upsilon_G$  yang lengkap, Czanner, Sridevi, Sarma, Eden dan Brown (2008) menunjukkan  $\Upsilon_G$  bertindak sebagai ukuran ketepatan penganggaran bagi sistem model linear. Dengan ini sejauh mana berkesannya  $\Upsilon_G$  memainkan peranan sebagai petunjuk nilai anggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$  harus diterokai dalam teori-G. Keberkesanan dan kemampuan  $\Upsilon_G$  dalam tugas ini perlu diketengahkan dalam menjelaskan perubahan anggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$  merentasi model RTB multifaset.

### **1.3 Tujuan**

Bahagian-bahagian utama dalam kajian ini adalah keberkesanan model RTB multifaset yang mempunyai pelbagai peringkat penyarangan dalam penganggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$ , teori-G menggunakan data mentah yakni markah pencapaian penilaian peringkat sekolah menengah. Bentuk model RTB multifaset berlainan peringkat penyarangan diwujudkan sesuai dengan kewujudan sumber faset dalam semesta teraku. Maka tujuan kajian ini adalah:

Mengenalpasti kesan penyarangan terhadap keberkesanan model berhierarki RTB multifaset tak seimbang berdasarkan tahap kejituan pengitlakan melalui penganggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$ , teori-G dengan menggunakan data mentah yang tersampel dari sebilangan sekolah menengah yang berlainan kategori.

#### 1.4 Penetapan objektif

Bahagian-bahagian penting dalam kajian ini meliputi penilaian model RTB multifaset, kesan perubahan pada saiz faktor pelajar dan faktor item ke atas nilai anggaran pekali  $\rho$ ,  $\phi$  dan pelaksanaan prinsip kesimetrikan. Maka objektif kajian ini adalah:

a) Menjalankan kajian bagi menentukan keberkesanan dan kesesuaian model RTB multifaset tak seimbang dalam mendeduksikan kejituan pengitlakan pengukuran melalui penganggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$ , teori-G. Model RTB multifaset terdiri dari faktor-faktor seperti pelajar, kelas, sekolah, jenis sekolah, item dan topik dengan pelbagai peringkat penyarangan.

b) Mencadangkan kaedah alternatif dalam menentukan purata bilangan pelajar dalam kelas dan bilangan item berdasarkan pekali  $\rho$  dan  $\phi$  teranggar yang menggunakan model RTB multifaset tak seimbang. Prosedur terlibat merangkumi perubahan pemilihan objek pengukuran dari pelajar dialihkan kepada jenis sekolah serta perubahan saiz faktor merentasi set model RTB multifaset tak seimbang.

c) Mengenalpasti hubungan perubahan ralat  $E(\delta\sigma_{\psi}^2)$ ,  $E(\Delta\sigma_{\psi}^2)$ ,  $\rho$  dan  $\phi$  teranggar dengan perubahan pada saiz faktor di bawah model rawak RTB multifaset tak seimbang menggunakan data mentah.

d) Mempamerkan keanjalan teori-G dieksploitasikan semaksimumnya melalui pelaksanaan prinsip kesimetrikan sebagai teknik tambahan menentusahkan kebagusan model pengukuran melalui perubahan objek pengukuran dalam kalangan model RTB multifaset tak seimbang.

e) Merangsangkan titik permulaan penyelidikan dalam meneroka kesan faset terbaur serta kepentingan  $\Upsilon_G$  dalam penentuan nilai anggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$ .

### 1.5 Kepentingan kajian

Sumbangan kajian ini berkisar sekitar dunia pendidikan terutamanya pada peringkat sekolah. Dalam pada itu, kajian ini merupakan kajian melibatkan kepelbagaian model RTB multifaset tak seimbang peringkat empat, melibatkan penganggaran komponen varians faktor, pekali  $\rho$  dan  $\phi$ , perubahan saiz faktor model dan penghitungan nilai min saiz kelas, prinsip kesimetrikan dieksploitasi sebagai kaedah alternatif dalam penilaian kebagusan model pengukuran dan penerokaan  $\Upsilon_G$  diberi peranan sebagai petunjuk pekali  $\rho$  dan  $\phi$  teranggar. Kepentingan kajian ini dapat dilihat dalam:

a) Menentukan kebagusan model rawak RTB multifaset tak seimbang melalui analisis penganggaran komponen varians faktor dan pekali  $\rho$  dan  $\phi$ . Hasil analisis model pengukuran memberi maklumat penting kepada penyelidik psikometri mengenai ciri-ciri statistik dalam kalangan model-model pengukuran yang digunakan. Secara statistik, kajian ini menggunakan model RTB multifaset tak seimbang pelbagai peringkat penyarangan. Ekoran dari ini, kajian ini bukan sahaja meneroka keberkesanan model pengukuran dalam bidang kebolehpercayaan malahan juga merangsangkan kajian-kajian lain yang menggunakan model RTB multifaset yang lebih kompleks dan peringkat penyarangan lebih tinggi.



b) Membekalkan maklumat untuk tujuan pengitlakan dan tindakan diagnostik dilakukan ke atas komponen-komponen sistem pendidikan daripada komponen varians faktor teranggar. Penganggaran komponen varians faktor daripada model RTB multifaset adalah asas kajian ini. Komponen varians faktor induk dan faktor interaksi dapat dihasilkan daripada model RTB multifaset. Komponen varians faktor jenis sekolah memberi maklumat mengenai darjah perbezaan antara jenis sekolah; komponen varians faktor sekolah menunjukkan perbezaan di kalangan sekolah; komponen varians faktor item dan topik menggambarkan darjah kesukaran antara item dan topik yang digunakan. Maklumat-maklumat ini penting kepada para ibu bapa, para pendidik, pegawai dari jabatan pendidikan atau kementerian pendidikan dan seterusnya ahli psikometri mengenai senario pendidikan negara.

c) Mengesyorkan jumlah bilangan pelajar yang sesuai untuk kelas yang menawarkan mata pelajaran Matematik Tambahan. Saiz kelas yang ditetapkan oleh Kementerian Pelajaran adalah sebesar 50 pelajar per kelas di peringkat sekolah menengah. Memandangkan saiz kelas merupakan faktor yang diselidik dalam mempengaruhi darjah kejituan pengitlakan pengukuran bagi kajian ini, maka julat saiz kelas yang digunakan dalam kajian ini yang menghasilkan kejituan pengitlakan tinggi juga boleh dipertimbangkan oleh Kementerian Pelajaran bagi masa akan datang.

d) Mengesyorkan jumlah bilangan item dan jumlah bilangan topik yang sesuai dirangkumi dalam peperiksaan di peringkat sekolah menengah bagi mata pelajaran Matematik Tambahan. Saiz faktor item dan faktor topik boleh diunjurkan mengikut teori-G dan unjuran anggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$  dapat dihasilkan. Saiz item dan saiz topik yang menghasilkan keputusan unjuran bagi anggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$  yang tinggi, boleh dipertimbangkan dalam menentukan bilangan item serta bilangan

topik yang sesuai di peringkat sekolah untuk penilaian subjek Matematik Tambahan. Cadangan ini juga boleh dipertimbangkan oleh Lembaga Peperiksaan ataupun Pusat Perkembangan Ko-kurikulum sebagai sumber rujukan dalam menentukan skop bilangan item dan bilangan topik setiap subjek peperiksaan.

e) Mengaktifkan pelaksanaan prinsip kesimetrikan, teori-G untuk bertindak sebagai pemerinyuan skunder dalam menilai kebagusan model pengukuran. Prinsip kesimetrikan dilaksanakan dengan memilih faktor lain sebagai objek pengukuran sesuai dengan model pengukuran. Dalam penilaian primer keunggulan model dalam penganggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$  boleh menjadikan faktor  $\omega_q$  sebagai objek pengukuran dari model M<sub>4</sub>, M<sub>6</sub>, M<sub>7</sub> dan M<sub>8</sub>. Bagi memperkukuhkan penilaian keunggulan model RTB multifaset ini, faktor  $\gamma_k$  dari model M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub>, M<sub>5</sub>, M<sub>6</sub>, M<sub>7</sub> dan M<sub>8</sub> boleh dipilih sebagai objek pengukuran. Pelaksanaan prinsip kesimetrikan ini juga boleh dikembangkan ke atas penganggaran varians ralat tercerap  $E(\delta\sigma_\Psi^2)$  dan  $E(\Delta\sigma_\Psi^2)$ .

f) Merangsangkan kajian dilakukan ke atas  $\Upsilon_G$  dalam teori-G mahupun dalam dunia pengukuran.  $\Upsilon_G$  menunjukkan nisbah varians objek pengukuran kepada varian ralat tercerap iaitu  $\sigma_\Psi^2 / E(\delta\sigma_\Psi^2)$  dan  $\sigma_\Psi^2 / E(\Delta\sigma_\Psi^2)$ .  $\Upsilon_G$  terbukti berkadar secara linear dengan pekali  $\rho$  dan  $\phi$ . Pertambahan pada nilai anggaran  $\Upsilon_G$  mencerminkan peningkatan juga berlaku pada anggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$ . Perbezaan antara  $\Upsilon_G$  dan pekali-pekali  $\rho$  dan  $\phi$  terletak pada julat anggaran. Julat anggaran bagi pekali-pekali  $\rho$  dan  $\phi$  adalah antara 0 hingga 1 tetapi julat bagi  $\Upsilon_G$  adalah bermula dari 0 dan boleh melebihi 1 jika  $\sigma_\Psi^2 > E_\Psi$ . Ini menunjukkan rangkuman julat bagi  $\Upsilon_G$  mengizinkan perbandingan dua anggaran pekali  $\rho$  dan  $\phi$

yang menghampiri 1 dibezakan dengan mudah berpandukan anggaran  $Y_G$  yang bersepadan.

## **1.6 Masalah penyelidikan**

Kajian ini memerlukan data mentah daripada sampel pelajar yang dipilih dari beberapa sekolah berlainan. Dalam usaha mendapatkan data mentah yang dikehendaki, beberapa perkara dikenal pasti wujud sebagai kekangan kepada kajian ini. Antaranya:

### **1.6.1 Sumber data**

Markah skor akan diperolehi daripada populasi pelajar tingkatan 5 sekolah-sekolah daerah Kuantan. Terdapat sebanyak 34 buah sekolah dalam daerah Kuantan. Didapati sebilangan sekolah terletak lebih daripada 50 km dan di lokasi yang terpencil. Halangan faktor geografi diperburukkan lagi dengan sistem pentadbiran sekolah berkenaan. Seseengah pentadbiran dengan alasan tertentu tidak mengizinkan kajian-kajian sedemikian dilakukan pada pelajar sekolah tersebut. Tambahan pula, bukan semua sekolah mempunyai kelas aliran sains atau pun mata pelajaran matematik tambahan ditawarkan kepada pelajar. Untuk mengatasi masalah bilangan sekolah tidak mencukupi, kesemua sekolah yang terdapat dalam daerah ini akan dihubungi dan dimaklumkan tentang kajian yang akan dilakukan ke atas sekolah tersebut.

### **1.6.2 Pemilihan mata pelajaran**

Kebanyakan mata pelajaran yang diajar di sekolah peringkat tingkatan 5 (tahap SPM), terbahagi kepada 2 atau 3 kertas peperiksaan berlainan. Contohnya

subjek Fizik terbahagi kepada Kertas 1, Kertas 2 dan Kertas 3. Setiap kertas mempunyai bentuk soalan berlainan seperti soalan berbentuk aneka pilihan, berbentuk struktur atau berbentuk soalan panjang. Mata pelajaran Matematik Tambahan juga terbahagi kepada Kertas 1 dan kertas 2. Bentuk soalan kedua-dua kertas adalah soalan subjektif. Namun demikian, skop pembinaan soalan lebih menyeluruh yang mana sebahagian besar topik (dari tingkatan 4 dan 5) dimasukkan dalam kertas tersebut. Maka banyak kemahiran-kemahiran dalam matematik dapat diuji melalui kertas 1. Kepentingan pemilihan topik ditunjukkan dalam Hinkel (2009), Ji (2011), Kesan (2013), Bonyadi (2014), Papajohn (2016) dan Dickinson (2017). Mereka mendapati topik yang dipilih oleh pelajar mempengaruhi prestasi secara bererti.

### **1.6.3 Pengurusan penilaian**

Pengedaran item pengukuran (kertas soalan) ke sekolah-sekolah bukan suatu tugas yang berat tetapi bagi menjamin pengurusan penilaian yang saksama dan formal di kalangan sekolah adalah sukar. Pengurusan penilaian yang baik boleh meminimumkan varians ralat dan memperbaiki kepercayaan penilaian tersebut. Kegagalan penilaian dijalankan secara saksama dan formal pada tarikh dan masa yang berpunca dari beberapa faktor antaranya kesesuaian semasa sekolah melaksanakan penilaian tersebut, pertembungan musim peperiksaan sekolah, program-program tahunan sekolah, persediaan untuk peperiksaan dan seumpamanya. Maka matlamat penilaian ini harus dijelaskan kepada guru yang dipertanggungjawabkan untuk tugas berkenaan.

#### **1.6.4 Perbezaan daya usaha guru**

Dalam konteks pembelajaran dan pengajaran, pelajar perlu menguasai unit kemahiran yang ditetapkan oleh Kementerian Pelajaran dan guru dimandatkan untuk bertanggungjawab ini. Masalahnya, walaupun skop unit kemahiran setiap subjek ditetapkan oleh Kementerian Pelajaran, kaedah penyampaian antara dua guru tetap berbeza. Bagi mengurangkan dan mengatasi masalah varians dari guru, guru bersama dengan faktor lain dianggap sebagai elemen bersama yang terkandung dalam faktor kelas dan menjadikan kelas sebagai faset dalam kajian ini.

#### **1.6.5 Tahap persediaan pelajar berlainan**

Tahap persediaan dalam kalangan pelajar untuk sesuatu peperiksaan baik dari kelas yang sama, sekolah yang sama atau jenis sekolah yang sama adalah berlainan. Terdapat sekolah yang sentiasa mementingkan ulangkaji pelajaran bagi pelajar, menguatkuasakan program persediaan peperiksaan waktu malam bagi sekolah berasrama penuh, melaksanakan sistem pemimpin rakan sebaya, mewujudkan kumpulan belajar (*study group*) dan seterusnya. Terdapat juga sekolah yang tidak menjalankan perancangan di atas. Lebih-lebih lagi kesedaran untuk pencapaian keputusan yang cemerlang dalam peperiksaan tidak timbul di kalangan pelajar sekolah berkenaan.

#### **1.6.6 Perbezaan infrastruktur sekolah**

Kelengkapan infrastruktur sekolah antara sekolah yang mempunyai sumber kewangan baik dengan sekolah yang bersumber kewangan lemah adalah berbeza. Sekolah kluster, sekolah rancangan khas atau pun sekolah bantuan penuh mempunyai kelengkapan mahu pun dari segi peralatan bantu mengajar atau pun kesempurnaan

bilik darjah tidak diragui lebih baik dari sekolah yang bukan dari jenis sekolah tersebut ini. Dengan ini masalah perbezaan infrastruktur fizikal antara sekolah sukar dielak.

#### **1.6.7 Data bertaburan normal**

Kajian ini menggunakan data mentah keseluruhannya dan bukan data simulasi. Penggunaan data mentah oleh Katkade, et al.(2018) dalam kajian bidang perubatan sementara Bloom, Bell dan Reiman (2020) menggunakan data mentah dalam kajian pendidikan. Memandangkan data dikumpul secara rawak dari jenis sekolah berlainan, maka kebarangkalian memperolehi set data tidak bertaburan normal adalah tinggi dan sukar untuk dielakkan. Sensitiviti data tidak bertaburan normal dalam ujian kenormalan ditunjukkan dalam Ahmad et al. (2011). Antara sekolah yang dipilih, terdapat sekolah terpencil yang saiz populasi pelajar adalah kecil dan secara puratanya kemampuan akademik pelajar adalah lemah. Begitu juga terdapat sekolah mempunyai bilangan kelas banyak dan saiz kelas adalah besar, pelajar-pelajar adalah terpilih. Apabila kenormalan data tidak dipenuhi, kaedah penganggaran yang berasaskan anggapan kenormalan tidak sesuai digunakan.

#### **1.6.8 Masalah data hilang**

Punca kejadian data hilang diperincikan dalam Freund (1980), MacDonald (1993), Little dan Rubin (1997), Lakshminarayan, Harp dan Samad (1999). Kajian-kajian mengenai masalah data hilang dan kaedah memperolehi data yang terhilang diperhatikan dalam Anderson (1946); Anderson (1957); Buck (1960); Draper dan Stoneman (1964); Ford (1976); Dodge (1985); Raudenbus (1993), Zhang, et al. (2008), Somasundaram dan Nedunchezian (2011), Malarvizhi dan Thanamani

(2012), Kanchana dan Thanamani (2015, 2016). Data hilang sememangnya wujud bagi kebanyakan eksperimen. Setiap hari terdapat kelas yang mempunyai pelajar yang tidak dapat hadir ke sekolah. Ketidakhadiran pelajar pada hari penilaian dijalankan telah menyebabkan timbulnya data hilang. Peratus data hilang yang tinggi mempengaruhi komponen varians faktor teranggar. Jika peratus data hilang tinggi dan ditangani dengan proses imputasi, set data lengkap dan seimbang dapat dihasilkan. Namun demikian, keberkesanan dan kejituan set data imputasi dalam memberi gambaran dari segi statistik bagi populasi data sebenarnya sering dipersoalkan. Masalah ini telah diperingatkan oleh Ford, et al. (1980).

#### **1.6.9 Masalah komponen varians bernilai negatif**

Dalam penganggaran komponen varians faktor, kejadian komponen varians bernilai negatif mungkin berlaku dan merupakan masalah yang tidak dapat dipandang ringan. Nelder (1954). Membincangkan intepretasi mengenai komponen varians negatif. Masalah komponen varians negatif juga ditimbulkan dalam Thompson (1962). Dalam Searle et al. (1992) didapati beberapa cadangan telah dikemukakan untuk menyelesaikan kebuntuan komponen varians negatif. Kelly dan Mathew (1994) menyentuh isu komponen varians tanpa negatif bagi model campuran tak seimbang. Molenberghs dan Verbeke (2011) menaksirkan komponen varians negatif model berhierarki. Leithy, Wahed, Abdallah (2016) mengusulkan kaedah penganggaran komponen varians bukan negatif menggunakan model campuran. Komponen varians faktor teranggar bernilai negatif dicadangkan agar disamakan dengan sifar sesuai dengan takrif komponen varians faktor. Pensifaran ini dalam keadaan tertentu menyebabkan objek pengukuran dan seterusnya pekali  $\rho$  dan  $\phi$  bertukar kepada sifar. Kebuntuan penganggaran pekali kebolehpercayaan

dengan kehadiran anggaran komponen varians faktor negatif perlu diberi perhatian sewajarnya.



## BAB 2

### SOROTAN LITERATUR

#### 2.1 Pengenalan

Bahagian 2.2 dimulakan dengan penentuan faset model RTB multifaset. Kewujudan faset didahului dan diikuti dengan penyarangan faset. Faktor-faktor pelajar ( $\tau$ ), kelas ( $\nu$ ), sekolah ( $\lambda$ ), jenis sekolah( $\omega$ ), item( $\beta$ ) dan topik ( $\gamma$ ) memainkan watak masing-masing dalam kewujudan faset model dan penyarangan faset. Seterusnya mekanisma penyilangan faset-faset tersarang diaktifkan dan pembentukan model RTB multifaset dua hala terhasil ditunjukkan.

Teori-G dibincangkan dalam Bahagian 2.3. Elemen-elemen teori-G seperti semesta cerapan teraku, semesta pengitlakan, skor semesta dan objek pengukuran diimbias. Penerangan peranan komponen varians faktor teranggar menandakan penyempurnaan kepada kajian-G bagi teori-G. Pekali  $\rho$  dan  $\phi$  merentasi pelbagai model RTB multifaset diberi perhatian sepenuhnya apabila berada dalam sorotan kajian-D. Fleksibiliti teori-G diterokai menerusi keterlaksanaan prinsip kesimetrikan dan kemenjadian pelbagai bentuk  $\rho$  dan  $\phi$ . Aplikasi teori-G dalam bidang-bidang lain ditekan sebagai penghujung bahagian ini.

Bahagian 2.4 merupakan lanjutan kajian-G dan pemberatan diberikan ke atas penganggaran komponen varians induk ( $\sigma_{\tau(\nu\lambda\omega)}^2$ ,  $\sigma_{\nu(\lambda\omega)}^2$ ,  $\sigma_{\lambda(\omega)}^2$ ,  $\sigma_{\omega}^2$ ,  $\sigma_{\beta(\gamma)}^2$ ,  $\sigma_{\gamma}^2$ ), komponen varians interaksi ( $\sigma_{\omega\gamma}^2$ ,  $\sigma_{\omega\beta(\gamma)}^2$ ,  $\sigma_{\lambda\gamma(\omega)}^2$ ,  $\sigma_{\lambda\beta(\omega\gamma)}^2$ ,  $\sigma_{\nu\gamma(\lambda\omega)}^2$ ,  $\sigma_{\nu\beta(\lambda\omega\gamma)}^2$ ,  $\sigma_{\tau\gamma(\nu\lambda\omega)}^2$ ),

$\sigma_{\tau\beta(v\lambda\omega\gamma)}^2$ ) dan komponen varians ralat,  $\sigma_{\varepsilon(\tau\beta v\lambda\omega\gamma)}^2$ . Bahagian ini juga menjelaskan kemenjadian sesetengah anggaran komponen varians faktor bernilai sama walau pun model penganggaran digunakan berlainan. Lantaran penggunaan kaedah ANOVA, gejala kemunculan nilai anggaran negatif juga ditimbulkan.

Bahagian 2.5 memaparkan pelbagai bentuk  $E(\delta\sigma_{\psi}^2)$ ,  $E(\Delta\sigma_{\psi}^2)$ ,  $\rho$  dan  $\phi$  bersepadanan dengan setiap model pengukuran. Gambarajah Venn mengiringi bahagian ini untuk kesempurnaan penjelasan.

Bahagian 2.6 menunjukkan secara matematik hubungan linear antara nisbah isyarat hingar,  $Y_G$ ,  $\rho$  dan  $\phi$ . Kelinearan antara  $Y_G$  dan  $R$  yang mana  $R = \{\rho, \phi\}$  membawa kepada persamaan:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{Y_G} + 1 \quad (2.1)$$

Dalam pada itu Impak Hasil Darab Saiz Faktor (IHSF),  $\Pi_{\psi}$  dan Impak Lambakan Reja Faktor (ILRF),  $\Theta_{\psi}$  dijelmakan dalam kajian ini untuk penerokaan komposisi  $E_{\psi}$ . Peleraian  $E_{\psi}$  kepada  $\Pi_{\psi}$  dan  $\Theta_{\psi}$  mencetuskan persamaan:

$$E_{\psi} = \Pi_{\psi} + \Theta_{\psi} \quad (2.2)$$

Seterusnya perbandingan  $E_{\psi}$  antara dua model diperincikan melalui ketaksamaan:

$$\Pi_{\psi[a]} - \Pi_{\psi[b]} > \Theta_{\psi[b]} - \Theta_{\psi[a]} \quad (2.3)$$

Bahagian 2.7 menyerlah aplikasi prinsip kesimetrikan ke atas  $E(\delta\sigma_{\psi}^2)$ ,  $E(\Delta\sigma_{\psi}^2)$ ,  $\rho$  dan  $\phi$  apabila objek pengukuran berubah dari  $\omega$  ke  $\gamma$ . Status  $\gamma$  bertindak sebagai objek pengukuran membolehkan kelapan-lapan model terbentuk