

Menjejak Fungsi Matematik Kadar Fertiliti Umur Tertentu untuk Kelahiran di Semenanjung Malaysia

ABDUL AZIZ JEMAIN

Pusat Pengajian Sains Matematik, Fakulti Sains dan Teknologi Malaysia, UKM 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

Abstrak. Kadar fertiliti umur tertentu mempunyai bentuk lengkung yang tekal. Keistimewaan ini memungkinan lengkung tersebut dipadankan dengan suatu fungsi matematik. Usaha menjejak fungsi matematik ini telah dilakukan oleh ramai ahli demografi dan data kelahiran di pelbagai negara telah digunakan untuk proses pepadanan. Kertas ini menyelidiki kesesuaian model-model matematik fertiliti umur tertentu yang pernah dicadangkan oleh ahli demografi dengan data kelahiran di Semenanjung Malaysia. Kajian ini penting untuk menyurir perubahan fertiliti di Semenanjung Malaysia. Data kelahiran daripada 1960 hingga 1995 dengan selang lima tahun dikaji untuk meneliti model yang terbaik bagi data Semenanjung Malaysia. Didapati hampir kesemua model yang diselidiki boleh menyesuaikan data kelahiran yang ada. Ini bermakna penggunaan model tersebut dalam kajian fertiliti perlu disesuaikan dengan tujuan pemakaian model dan ini akan dihuraikan dalam kertas ini.

1. Pengenalan

Pertumbuhan penduduk sesuatu negara dipengaruhi oleh banyaknya kelahiran bayi pada setiap tahun. Kadar kelahiran bayi yang berlaku perlu diimbangi dengan peningkatan kemudahan awam dan perkembangan ekonomi. Ketidakeimbangan antara kadar kelahiran dengan kemudahan awam dan perkembangan ekonomi boleh mengganggu kerukunan hidup negara. Untuk memantau corak kelahiran para ahli demografi menawarkan beberapa penunjuk yang boleh digunakan. Antara penunjuk yang biasa dipakai dalam laporan rasmi negara ialah kadar kelahiran kasar, kadar fertiliti am, kadar fertiliti umur tertentu dan jumlah kadar fertiliti, Weeks [14].

Kadar kelahiran kasar menerangkan jumlah kelahiran bagi setiap seribu penduduk. Kadar ini menyukat sama ada penduduk negara meningkat atau mengurang. Kadar fertiliti am pula memperihalkan bilangan kelahiran hidup bagi setiap seribu wanita berumur antara 15 ke 49 tahun. Selang umur ini adalah tempoh masa wanita berupaya melahirkan anak, selalu dikenali sebagai umur subur atau biak. Sukatan kedua ini lebih sesuai digunakan untuk menerangkan fertiliti kerana ia lebih menjurus kepada golongan yang terlibat secara langsung dengan proses kelahiran bayi.

Sukatan ketiga, kadar fertiliti umur tertentu, memberikan gambaran yang lebih terperinci kerana setiap peringkat umur diberikan perhatian. Bilangan bayi yang dilahirkan hidup berubah mengikut umur wanita dan perubahan ini dipengaruhi oleh banyak faktor sosial dan ekonomi. Namun demikian keterperician ini menyukarkan, oleh

itu diperkenalkan sukatan jumlah kadar fertiliti yang merupakan penunjuk agregat kepada kadar fertiliti umur tertentu. Jumlah kadar fertiliti memberikan maklumat tentang jangkaan jumlah bilangan anak bagi seorang wanita yang berkahwin sepanjang umur subur. Jangkaan jumlah anak ini juga memberikan gambaran tentang purata saiz keluarga.

Kadar fertiliti umur tertentu meningkat mendadak pada selepas umur lima belas tahun dan memuncak pada sekitar umur dua puluh tujuh tahun. Kadar fertiliti ini kemudian menurun secara perlahan selepas umur tiga puluhan dan seterusnya menyusut ke sifar pada umur empat puluhan apabila menghampiri umur putus haid. Corak perubahan fertiliti secara umum agak seiras iaitu berbentuk loceng pencong ke kanan. Bentuk ini tekal untuk semua masyarakat. Sifat ketekalan ini memberi ruang untuk proses pepadanan data kadar fertiliti dengan suatu fungsi matematik.

Ramai ahli demografi yang berusaha untuk menyurih fungsi matematik yang bersesuaian seperti Congdon [4], Mitra dan Romaniuk [11], dan Romaniuk [13]. Fungsi matematik berguna untuk memudahkan proses pemantauan kerana parameter fungsi berkenaan boleh memberikan gambaran asas perubahan yang berlaku mengikut masa, tempat dan budaya. Fertiliti peka kepada perubahan sosial dan ekonomi, oleh itu parameter fungsi matematik juga boleh dijadikan penunjuk tentang kesan sesuatu polisi yang dilaksanakan di sesuatu tempat dan ini boleh membantu dalam pembuatan keputusan.

Selain daripada manfaat yang dinyatakan di atas fungsi matematik juga boleh digunakan untuk penjejakan perubahan berdasarkan maklumat yang tidak lengkap dan tidak tepat. Fungsi matematik boleh menyingkirkan kesan rawak dalam data. Penyingkiran sedemikian membolehkan penjejakan bentuk asas yang terdapat pada data. Kelebihan ini penting untuk tujuan pelunjuran. Kadangkala data kelahiran dilaporkan dalam selang lima tahun, oleh itu maklumat terperinci untuk setiap umur tunggal tidak diperolehi. Pepadanan data dengan model matematik boleh membantu menyelesaikan persoalan sedemikian.

Kertas ini bertujuan untuk menyelidiki model matematik yang bersesuaian dengan data fertiliti Semenanjung Malaysia. Beberapa model matematik akan diselidiki dan ini akan diperincikan kemudian. Tumpuan hanya akan diberikan kepada model berparameter sahaja. Model tidak berparameter tidak akan di selidiki kerana ianya kurang sesuai untuk tujuan pemantauan.

Untuk menguji kecekapan setiap model yang diselidiki, data kelahiran mengikut umur pada beberapa tahun kebelakang akan digunakan. Perincian berhubung dengan data juga akan dihuraikan. Tumpuan hanya akan diberi kepada data kelahiran peringkat kebangsaan. Kelahiran mengikut kaum tidak akan dibentangkan. Penjelasan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi corak fertiliti juga tidak akan dihuraikan dan ini akan dilaporkan pada kertas yang lain.

2. Beberapa cadangan fungsi fertiliti umur tertentu

Fungsi kadar fertiliti umur tertentu menerangkan bilangan kelahiran hidup pada suatu umur tertentu bagi setiap seribu wanita berumur berkenaan. Hasil tambah kadar fertiliti ini untuk umur subur memberikan jumlah kadar fertiliti. Seperti yang huraikan di atas,

jumlah kadar fertiliti mewakili jangkakan jumlah anak yang dilahirkan hidup oleh setiap wanita sepanjang umur subur dari 15 hingga 49 tahun sekiranya wanita tersebut terus hidup dan berkahwin dalam tempoh subur.

Untuk menerangkan fakta ini fungsi kadar fertiliti akan mempunyai dua bahagian penting seperti berikut.

$$f(u; \theta) = \theta_1 h(u; \theta_2, \dots, \theta_r)$$

dengan pembolehubah u mewakili umur, $h(u; \theta_2, \dots, \theta_r)$ fungsi ketumpatan kebarangkalian dengan $(r - 1)$ parameter, $\theta_2, \dots, \theta_r$, dan manakala parameter θ_1 mewakili Jumlah Kadar Fertiliti atau faktor fertiliti. Fungsi $f(u; \theta)$ bukan fungsi ketumpatan tetapi lebih sesuai dikenali sebagai fungsi keamatan fertiliti pada umur u .

Fungsi $f(u; \theta)$ berbentuk pencong ke kanan. Bentuk fungsi ini seiras, dengan lengkok meningkat mulai umur lima belas tahun dan memunjak pada penghujung usia dua puluhan. Mulai usia tiga puluhan fungsi menyusut secara beransur sehingga menuju ke sifar pada hujung usia empat puluhan. Untuk beberapa tahun kebelakangan ini terdapat tanda-tanda bentuk fungsi ini semakin kurang pencong. Ini mungkin akibat pencegahan kehamilan atau penglewatan perkawinan.

Lima fungsi yang biasa digunakan untuk mewakili fertiliti umur tertentu ialah fungsi Hadwiger, gama, beta, eksponen kembar dan fungsi Coale-Trussell. Parameter fungsi-fungsi tersebut memberikan gambaran tentang min, mod dan varians umur beranak. Parameter juga memberikan jumlah kadar fertiliti sehingga umur tertentu. Berikut akan diperincikan huraian setiap fungsi yang akan diselidiki.

(a) Fungsi Hadwiger

Bentuk fungsi Hadwiger ialah

$$h(u) = \frac{\alpha}{\beta\sqrt{\pi}} \left(\frac{\beta}{u-m} \right)^{3/2} \exp \left[-\alpha^2 \left(\frac{\beta}{u-m} + \frac{u-m}{\beta} - 2 \right) \right] \text{ dengan } u > m.$$

Untuk memudahkan, parameter m ditetapkan bersamaan sifar. Dalam statistik, fungsi ketumpatan Hadwiger ini merupakan fungsi ketumpatan bagi taburan sonsang Gaussian. Penggunaan fungsi ini dicadangkan oleh Gilije [6] dan telah dipakai untuk data fertiliti Denmark oleh Hoem *et al.* [7]. Hubungan parameter α dan β dengan min, mod dan varians dapat ditunjukkan bersamaan dengan ungkapan berikut:

$$\text{Mod} = m + \beta \frac{\sqrt{1 + \frac{16}{9} \alpha^4} - 1}{\frac{4}{3} \alpha^2}, \quad \text{Min} = m + \beta, \quad \text{Varians} = \frac{\beta^2}{2\alpha^2}.$$

(b) Fungsi gama

Bentuk fungsi ketumpatan kebarangkalian gama diberikan oleh ungkapan berikut

$$h(u) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} (u - m)^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{u - m}{\beta}\right) \text{ dengan } u > m.$$

Nilai m boleh ditafsirkan sebagai umur paling muda mempunyai anak, untuk model ini $m = 14$. Mod, min dan varians bagi fungsi taburan gama diberi oleh persamaan-persamaan berikut:

$$\text{Mod} = m + (\alpha - 1)\beta \quad \text{Min} = m + \alpha\beta \quad \text{Varians} = \alpha\beta^2.$$

(c) Fungsi beta

Lengkuk lain yang boleh menyesuaikan data kadar fertiliti umur tertentu ialah fungsi ketumpatan kebarangkalian beta. Bentuk fungsinya bersamaan dengan

$$h(u) = B(\alpha, \beta) \left(\frac{u - a}{b - a}\right)^{\alpha-1} \left(1 - \frac{u - a}{b - a}\right)^{\beta-1} (b - a) \text{ dengan } a < u < b.$$

Parameter a dan b masing-masing menerangkan umur terendah dan tertinggi melahirkan anak. Mod, min dan varians fungsi taburan beta ini bersamaan dengan

$$\begin{aligned} \text{Mod} &= \frac{b(\alpha - 1) + a(\beta - 1)}{\alpha + \beta - 2}, & \text{Min} &= \frac{\beta a + \alpha b}{\alpha + \beta}, \\ \text{Varians} &= \frac{\alpha\beta(b - a)^2}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)}. \end{aligned}$$

Untuk kajian ini umur $a = 15$ dan umur tertinggi $b = 50$.

(d) Fungsi eksponen kembar

Selain daripada fungsi-fungsi yang diterangkan di atas, fungsi eksponen kembar juga berkeupayaan menyesuaikan lengkok fertiliti. Bentuk umum fungsi eksponen kembar adalah seperti berikut:

$$h(u) = \frac{\beta^{\lambda/\alpha}}{\lambda\Gamma(\lambda/\alpha)} \exp\left(-\frac{u - m}{\alpha} - \beta \exp\left(-\frac{u - m}{\lambda}\right)\right) \text{ dengan } u > m.$$

Nilai m ialah umur perkahwinan termuda di populasi. Min dan varians fungsi ini boleh diperoleh dengan menggunakan fungsi penjana momen, $M_u(t) = E(e^{tu})$ yang dapat ditunjukkan bersamaan dengan ungkapan berikut:

$$M_u(t) = \exp[(m + \lambda \ell n \beta)t] \frac{\Gamma(\lambda/\alpha - \lambda t)}{\Gamma(\lambda/\alpha)}.$$

Dengan mendapatkan terbitan pertama dan kedua $M_u(t)$ dan menjadikan $t = 0$ maka min dan varians dapat diperoleh.

$$\text{Min} = m + \lambda \ell n \beta - \lambda \psi(\lambda/\alpha) \quad \text{Var} = \lambda^2 \psi'(\lambda/\alpha) \quad \text{dengan} \quad \psi(u) = \Gamma'(u)/\Gamma(u).$$

Mod bagi $h(u)$ ialah u yang memaksimumkan $h(u)$ dan ini bersamaan dengan u yang memaksimumkan $\ell n[h(u)]$.

$$\text{Mod} = m - \ell n[\lambda/(\alpha\beta)].$$

Fungsi eksponen kembar menjadi fungsi Gompertz apabila parameter $\alpha = \lambda$. Pemadanan fungsi Gompertz kepada lengkok fertiliti telah dilakukan oleh Brass [1], Farid [5], dan Murphy dan Nagnur [12]. Berikut ialah persamaan fungsi Gompertz.

$$h(u) = \frac{\beta}{\alpha} \exp\left(-\frac{u-m}{\alpha} - \beta \exp\left(-\frac{u-m}{\alpha}\right)\right).$$

Fungsi Gompertz ini akan menjadi fungsi ketumpatan Gumbel apabila $\beta = 1$. Dalam kertas ini $m = 14$.

(e) Fungsi Coale dan Trussell

Menurut Coale dan Trussell [3] kadar fertili umur tertentu perkahwinan, yang menerangkan corak fertiliti pada umur tertentu di kalangan wanita berkawin, boleh diungkapkan dalam suatu bentuk fungsi matematik. Bentuk fungsi ini tekal untuk semua kaum di dunia. Kadar fertiliti umur u perkawinan, $r(u; M, \beta)$, bersamaan dengan

$$r(u; M, \beta) = Mn(u) \exp(\beta v(u)).$$

Parameter M yang dikenali sebagai faktor perkahwinan menerangkan amalan atau budaya kehidupan orang yang berkahwin dalam sesuatu masyarakat, dan fungsi $n(u)$ tetap untuk semua kaum dan memperihalkan kadar fertiliti semulajadi pada umur u . Seterusnya parameter β mengambil nilai antara sifar ke-satu dan menyukat tahap amalan pencegahan kehamilan. Nilai β bersamaan sifar apabila tiada amalan

pengecahan dalam populasi dan bersamaan satu apabila pengecahan kehamilan dilakukan secara intensif dengan menggunakan kaedah-kaedah yang cekap. Fungsi $v(u)$ memperinci kadar mengamalkan pengecahan kehamilan mengikut umur, nilai ini juga tetap. Coale dan Trussel telah menyelidiki fungsi $n(u)$ dan $v(u)$ untuk pelbagai negara. Berikut disenaraikan nilai $n(u)$ dan $v(u)$ seperti yang dicadangkan oleh Coale dan Trussell.

Jadual. Nilai fungsi fertiliti semulajadi $n(u)$ dan fungsi pengecahan kehamilan $v(u)$

fungsi	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49
$n(u)$	0.275	0.460	0.431	0.396	0.321	0.167	0.024
$v(u)$	0.000	0.000	0.316	0.814	1.048	1.424	1.667

Kadar fertiliti umur tertentu boleh diperolehi dengan mendarab kadar fertiliti umur tertentu perkahwinan dengan pecahan orang yang berkahwin pada populasi. Pecahan orang yang telah berkahwin pada umur u dapat ditentukan berdasarkan model umur perkahwinan yang dicadangkan oleh Coale dan McNeil [2], oleh itu kadar fertiliti umur u , $f(u; M, \beta)$ bersamaan dengan

$$f(u; \beta, M) = C(u)r(u; M, \beta), \quad r(u; M, \beta) = Mn(u) \exp(-\beta v(u)) \text{ dengan } C(u) = \int_{-\infty}^u c(x)dx.$$

$$c(u) = \frac{0.19465}{\alpha} \exp \left[-\frac{0.174}{\alpha} (u - u_0 - 6.06\alpha) - \exp \left(-\frac{0.2881}{\alpha} (u - u_0 - 6.06\alpha) \right) \right].$$

Fungsi ini berbetuk gama kembar seperti yang diuraikan di atas. Dengan gantian

$$y = \exp \left[-\frac{0.2881}{\alpha} (u - u_0 - 6.06\alpha) \right]$$

maka

$$C(u) = \int_{\eta}^{\infty} \frac{1}{\Gamma(\lambda)} y^{\lambda-1} \exp(-y) dy$$

dan

$$\eta = \exp \left[-\frac{0.2881}{\alpha} (u - u_0) + 6.06 \right], \quad \lambda = \frac{0.1740}{0.2881}.$$

Model perkahwinan yang dicadangkan oleh Coale dan McNeil [2] mempunyai dua parameter utama, u_0 mewakili umur berkahwin terendah dan α faktor skala yang mengungkap bilangan tahun yang akan diambil oleh populasi berkenaan supaya pecahan yang berkahwin di populasi sama dengan pecahan yang berkahwin untuk satu tahun pada populasi piawai. Sebagai contoh jika $\alpha = 0.5$ menunjukkan kadar perkahwinan di populasi dua kali lebih cepat berbanding populasi piawai. Jika di populasi piawai mengambil masa setahun, pada populasi berkenaan mengambil masa enam bulan. Sebagai piawai populasi Swedish pada abad kesembilan belas digunakan kerana model ini telah memakai data populasi Swedish menguji kebagusan pepadanan data ketika model diperkenalkan.

3. Penganggaran parameter

Untuk memadankan model-model yang diperincikan di atas dengan data yang ada kaedah kuasa dua terkecil dimanfaatkan. Data kadar fertiliti umur tertentu untuk setiap umur daripada umur 15 tahun hingga 45 tahun biasanya dilaporkan pada setiap umur tunggal 15, 16, ..., 45 atau dilaporkan mengikut selang umur lima tahun seperti 15-19, 20-24, 25-29, 30-34, 35-39, 40-44, dan 45-49.

Data fertiliti umur tertentu Semenanjung Malaysia dilaporkan pada selang lima tahun seperti di atas. Untuk tujuan pepadanan model, selang umur akan dirujuk supaya mewakili umur 17.5, 22.5, 27.5, 32.5, 37.5, 42.5 dan 47.5 yang merupakan titik tengah selang. Data fertiliti yang sepadan dengan selang umur berkenaan akan menunjukkan kadar fertiliti umur 17.5, ..., 47.5 yang merupakan purata kadar fertiliti pada selang umur. Langkah ini diambil untuk mengelakkan penggunaan kamiran berangka. Anggaran parameter kesan ini tidak banyak terjejas.

Katahlah f_u mewakili kadar fertiliti umur u yang diperoleh daripada laporan statistik penting manakala $f(u; \theta)$ pula mewakili fungsi matematik yang hendak dipadankan. Parameter θ yang hendak dianggarkan boleh diperoleh dengan mendapatkan θ yang akan meminimumkan fungsi

$$V = \sum_{u=17.5}^{47.5} (f(u; \theta) - f_u)^2.$$

Penyelesaian fungsi ini boleh diperoleh dengan bantuan pakej statistik seperti SPSS, SPLUS, STATISTICA, SAS dan lain-lain yang menyediakan kaedah penganggaran fungsi tak linear. Dalam kertas ini penganggaran dilakukan dengan menggunakan SPSS.

4. Sumber data

Data dalam kajian ini diperoleh daripada laporan statistik penting Semenanjung Malaysia keluaran Jabatan Perangkaan Malaysia. Penduduk Semenanjung Malaysia terdiri daripada tiga kaum utama, Melayu, Cina dan India. Untuk tujuan kajian ini ketiga-tiga kaum digabung. Tahun-tahun kelahiran yang diselidiki ialah tahun 1960, 1965, 1970,

1975, 1980, 1985, 1990, dan 1995. Untuk enam tahun pertama data diambil daripada Siri Masa Perangkaan Penting Semenanjung Malaysia [9] manakala untuk dua yang terakhir sumbernya ialah Laporan Perangkaan Penting [8, 10]. Berikut disajikan data daripada laporan yang dinyatakan.

Jadual 1. Kadar fertiliti mengikut umur dan tahun

umur	Tahun laporan							
	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995
15-19	0.1139	0.0802	0.0546	0.0479	0.0349	0.0259	0.0183	0.0169
20-24	0.3062	0.2614	0.2257	0.1926	0.1757	0.1570	0.1238	0.1273
25-29	0.3007	0.3024	0.2654	0.2396	0.2349	0.2387	0.2031	0.2203
30-34	0.2409	0.2408	0.2191	0.1826	0.1790	0.1932	0.1703	0.1762
35-39	0.1602	0.1554	0.1396	0.1234	0.1050	0.1161	0.1056	0.1024
40-44	0.0681	0.0673	0.0564	0.0466	0.0410	0.0409	0.0392	0.0358
45-49	0.0187	0.0196	0.0157	0.0087	0.0054	0.0049	0.0041	0.0035
JKF	6.0435	5.6355	4.8825	4.2070	3.8795	3.8835	3.3220	3.4118

Data kelahiran dilaporkan mengikut selang lima tahun. Jumlah kadar fertiliti (JKF) berdasarkan data untuk suatu tahun laporan, seperti tersenarai pada baris terakhir Jadual 1, diperoleh dengan menjumlahkan kadar fertiliti umur tertentu kali lima. Sebagai contoh jumlah kadar fertiliti pada tahun 1970 bersamaan $4.8825 [(0.0546 + \dots + 0.0157) \times 5]$.

5. Keputusan pemadanan data

Untuk menentukan kebagusan penyuaian pemadanan, prinsip tertentu perlu diputuskan. Terdapat perbezaan prinsip antara pendekatan berangka dengan pendekatan berstatistik. Bagi pendekatan yang pertama cerapan merupakan nilai yang sebenar, oleh itu segala pemadanan yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan anggaran nilai sebenar. Justeru itu pemadanan yang terbaik ialah pemadanan yang menghampiri nilai-nilai cerapan. Dalam hubungan ini nilai cerapan akan dijadikan timbangtara atau piawai emas.

Pendekatan berstatistik menggunakan prinsip yang berbeza, data cerapan merupakan bacaan yang dicemari oleh ralat rawak. Oleh itu bacaan mempunyai dua bahagian, bahagian yang diterangkan oleh model dan kesan ralat rawak. Sekiranya tiada model yang bersesuaian maka bacaan sebenar akan sama dengan nilai min cerapan, sebaliknya jika terdapat model yang boleh menerangkan bacaan maka bacaan dijangka akan berada di atas garis yang diwakili oleh model. Kualiti pemadanan akan diasaskan kepada kebolehan model menarik keseluruhan data menghampiri garis pemadanan. Perbezaan antara bacaan dengan garis pemadanan merupakan ralat rawak. Sekiranya garis pemadanan mampu menyerap perbezaan antara data, ralat terhadap model akan lebih

kecil dibandingkan dengan ralat terhadap nilai min data. Kemampuan model diterangkan oleh pecahan ralat terhadap min yang diserap oleh model, peratusan ini diungkapkan oleh pekali penentuan, $R^2 (1 - (\text{ralat terhadap model}) / (\text{Ralat terhadap min}))$.

Pemadanan data yang dibentangkan dalam kertas ini berasaskan pendekatan berstatistik. Data cerapan tercemari oleh faktor-faktor rawak. Antara faktor yang mencemari cerapan ialah kesan penggabungan umur. Kadar fertiliti umur tertentu dinyatakan dalam selang lima tahun sedangkan fertiliti berubah mengikut umur. Oleh itu kadar dari cerapan merupakan purata fertiliti dalam selang tersebut. Tujuan pemodelan ini adalah untuk membolehkan fertiliti umur tunggal diperolehi. Ralat juga berlaku akibat data penduduk yang tidak tepat. Data penduduk hanya boleh diperolehi dari banci yang dilakukan setiap sepuluh tahun. Data banci ini juga tidak sepi dari ralat. Data yang ada adalah anggaran penduduk yang dibuat berdasarkan data banci, oleh itu kadar fertiliti yang diperolehi juga merupakan nilai anggaran.

Selain dua ralat di atas fertiliti juga dipengaruhi oleh pelbagai faktor persekitaran. Fertiliti bukan peristiwa berketentuan tetapi merupakan peristiwa rawak. Faktor sosial dan ekonomi yang melingkari kehidupan masyarakat akan mencorakkan fertiliti. Faktor sosial dan ekonomi ini sentiasa berubah dari masa ke semasa. Berdasarkan persoalan inilah pemodelan berstatistik ini lebih sesuai digunakan.

Jadual 3 menyajikan hasil anggaran yang diperolehi untuk setiap model yang diselidiki. Untuk perbandingan kesesuaian pemadanan, nilai pekali penentuan, R^2 , digunakan. Setiap model menganggar tiga parameter oleh itu nilai pekali penentuan ini boleh dibanding secara langsung untuk menilai mutu pemadanan. Pekali penentuan ini menyukat jumlah ubahan data yang dapat diterangkan oleh model yang dipadankan. Nilai pekali penentuan bersamaan satu jika data dapat dipadankan sepenuhnya dan sifar jika sebaliknya. Pemadanan boleh digolongkan amat baik jika nilai pekali penentuan melebihi 0.90. Parameter α dan β yang disajikan mewakili parameter berkenaan seperti pada model yang diterang. Baris JKF mewakili jumlah kadar fertiliti kecuali untuk model Coale dan Trussell.

Keputusan yang disajikan pada jadual 3 menunjukkan model Hadwiger memberikan hasil pemadanan yang terbaik. Pemadanan model Hadwiger mampu menerangkan lebih 98% ubahan pada data. Keputusan ini sejajar dengan pengalaman data untuk negara-negara yang pernah dikaji [7].

Model yang kedua terbaik ialah antara model gama atau model beta. Kedua-dua model dipadankan dengan mengambil umur 14 tahun sebagai umur paling rendah berkahwin. Model gama didapati memberikan pemadanan lebih baik daripada model beta untuk data sebelum tahun 1980. Selepas tahun 1980 model beta mengatasi model gama. Model beta bukan sahaja mengambil kira umur terendah berkahwin tetapi juga umur tertinggi. Perubahan mutu pemadanan oleh kedua-dua model mungkin kesan berlakunya corak umur perkawinan dengan kohort muda berkecenderungan melewati umur perkahwinan.

Jadual 3. Anggaran parameter mengikut model

Tahun	Parameter	Model fertiliti umur tertentu				
		Hadwiger	Gama	Gompertz	Beta	Coale
1960	JKF	6.2714	6.2900	6.3564	5.9390	0.6831*
	α	2.4675	3.2940	7.0894	2.2857	0.1315
	β	29.3000	0.2061	0.8292	3.4155	0.2697
	R^2	0.9825	0.9842	0.9803	0.9770	0.9810
1965	JKF	5.8053	5.8290	5.9083	5.5320	0.6310*
	α	2.6279	3.7990	6.8996	2.5568	0.1433
	β	29.8466	0.2311	0.9243	3.6102	0.1826
	R^2	0.9931	0.9892	0.9893	0.9852	0.9537
1970	JKF	5.0285	5.0460	5.1181	4.8100	0.6390*
	α	2.7223	4.1215	6.7270	2.7220	0.2828
	β	30.0000	0.2495	0.9619	3.7631	0.3548
	R^2	0.9888	0.9882	0.9849	0.9839	0.9332
1975	JKF	4.3249	4.3360	4.4012	4.1600	0.5551*
	α	2.7736	4.2539	4.4012	2.7685	0.2854
	β	29.8560	0.2600	0.9545	3.8573	0.3423
	R^2	0.9886	0.9859	0.9845	0.9839	0.9200
1980	JKF	3.9627	3.9640	4.0348	3.8330	0.5601*
	α	2.9658	4.8604	6.1819	3.0915	0.3017
	β	29.6955	0.3013	0.9715	4.3430	0.4689
	R^2	0.9953	0.9925	0.9907	0.9881	0.9387
1985	JKF	3.9722	3.9580	4.0492	3.8560	0.5880*
	α	3.0804	5.5055	6.1068	3.3202	0.3226
	β	30.2499	0.3314	1.0795	4.3917	0.4541
	R^2	0.9945	0.9901	0.9859	0.9921	0.9607
1990	JKF	3.4010	3.3870	3.4689	3.3030	0.5045*
	α	3.1179	5.7925	6.1268	3.4025	0.3317
	β	30.6511	0.3411	1.1534	4.3186	0.4049
	R^2	0.9962	0.9897	0.9844	0.9913	0.9736
1995	JKF	3.4726	3.4540	3.5339	3.3810	0.5455*
	α	3.2524	6.2241	5.8064	3.6514	0.3364
	β	30.3449	0.3738	1.1375	4.7512	0.4921
	R^2	0.9967	0.9897	0.9844	0.9892	0.9624

* Nilai M – skala faktor perkahwinan

Model Gompertz salah satu model yang awal diperkenalkan dan model ini kerap dijadikan asas untuk model piawai. Model ini memberikan pepadanan ketiga terbaik data Semenanjung Malaysia berbanding dengan model Hadwiger, Gama dan Beta. Keputusan yang diperoleh memberikan gambaran yang berbeza daripada ulasan Hoem *et al.* [7].

Pepadanan kepada model Coale dan Trussell masih juga pada tahap baik. Model ini mampu memberikan nilai pekali penentuan yang cukup baik, lebih 95%, namun demikian berbanding dengan empat model yang lain model ini jatuh ke kedudukan yang terakhir. Suatu yang tidak ada pada model-model lain, model Coale-Trussell mempunyai tafsiran demografi. Parameter model Coale-Trussell memberikan tafsiran langsung fenomena demografi bagi masyarakat yang diselidik.

Parameter M pada model Coale-Trussell menerangkan skala faktor perkahwinan dalam suatu masyarakat. Nilai M menggambarkan sejauh mana fertiliti semula jadi masyarakat lebih rendah berbanding kadar piawai yang diwakili oleh fungsi $n(u)$. Sebagai contoh pada dekad 60an kadar fertiliti semula jadi wanita Semenanjung Malaysia sekitar 65% daripada kadar piawai tetapi pada tahun 70 hingga sekarang kadar fertiliti semula jadi menghampiri separuh nilai piawai. Data ini menunjukkan satu penurunan dan menggambarkan wanita muda Semenanjung Malaysia semakin tidak subur. Perubahan ini mungkin kerana berlaku pertukaran pola perilaku amalan seks akibat perubahan corak kehidupan. Kesan-kesan lain juga mungkin turut menyumbang kepada penurunan fertiliti semula jadi seperti pemakanan, pencemaran udara, tekanan psikologi dan lain-lain. Satu kajian lanjut diperlukan untuk menerangkan perubahan ini.

Model Coale-Trussell juga memberikan gambaran perubahan corak perkahwinan dan ini ditunjukkan oleh parameter α . Data yang disajikan menunjukkan bahawa nilai α semakin meningkat. Peningkatan α menunjukkan wanita kohort muda berkahwin lebih lewat dan bilangan mereka yang melewati umur perkahwinan juga semakin ramai. Jika dibandingkan nilai α pada tahun 60 dengan selepas tahun 90 menunjukkan peningkatan tiga kali ganda. Ini menandakan untuk membolehkan pecahan perkahwinan yang sama golongan muda mengambil masa tiga tahun berbanding pada tahun 60.

Parameter ketiga yang disajikan oleh model Coale-Trussell ialah β . Nilai β memberikan gambaran tentang amal perancang keluarga atau pencegahan kehamilan dengan kaedah-kaedah yang sistematik. Data yang dibentangkan menunjukkan amalan tersebut telah meningkat empat kali ganda. Pada tahun 1995 nilai β mencecah 0.4921 berbanding pada tahun 1960 bernilai 0.1315. Statistik ini jelas menunjukkan pengamal perancang keluarga telah meningkat dengan banyak.

Berdasarkan model yang dicadangkan, setiap model mampu memadan data dengan baik. Ini menunjukkan terpulang kepada seseorang penyelidik untuk memilihnya supaya sesuai dengan persekitaran atau matlamat penyelidikan. Jika kajian bertujuan meneliti hal-hal yang berhubung dengan umur perkahwinan, amalan pencegahan kehamilan dan perubahan fertiliti semula jadi maka model Coale-Trussell amat sesuai, sebaliknya jika model untuk tujuan pelunjuran model Hadwiger lebih sesuai kerana ketepatannya.

Penghargaan. Pengarang mengucapkan terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia yang telah membiayai penyelidikan ini, kod projek S/5/99.

Rujukan

1. W. Brass, The graduation of fertility distribution by polynomial functions, *Population Studies* **14** (1960), 148-162.
2. A.J. Coale dan D.R. McNeil, The distribution by age at first marriage in a female cohort, *Journal of the American Statistical Association* **67** (1972), 743-749.
3. A.J. Coale dan T.J. Trussell, Model fertility schedules: Variations in age structure of childbearing in human populations, *Population Index* **40** (1974), 185-258.
4. P. Congdon, Statistical graduation in local demographic analysis and projection, *Journal Royal Statistical Society A* **156** (1993), 237-270.
5. S.M. Farid, On the pattern of cohort fertility, *Population Studies* **27** (1973), 159-168.
6. E. Gilije, Fitting curves to age-specific fertility rates, some examples, *Statistical Review of the Swedish National Central Bureau of Statistics* **II 7** (1969), 118-134.
7. J.M. Hoem, D. Madsen, J.L. Nielsen, E. Ohlsen dan H.O. Hansen, Experiment in modelling Danish fertility curve, *Demography* **18** (1981), 231-244.
8. Laporan Perangkaan Penting Semenanjung Malaysia, *Jabatan Statistik Malaysia*, Kuala Lumpur, Malaysia 1990.
9. Siri Masa Laporan Perangkaan Penting, *Jabatan Statistik Malaysia*, Kuala Lumpur, Malaysia, 1991.
10. Laporan Perangkaan Penting Semenanjung Malaysia, *Jabatan Statistik Malaysia*, Kuala Lumpur, Malaysia, 1996.
11. S. Mitra dan A. Romaniuk, Pearsonian type I curve and its fertility potentials, *Demography* **10** (1973), 351-365.
12. E.M. Murphy dan D.N. Nagnur, A Gompertz fit that fits: Application to Canadian fertility patterns, *Demography* **9** (1973), 35-50.
13. A. Romaniuk, A three-parameter model for birth projections, *Population Studies* **27** (1973), 467-479.
14. J.R. Weeks, *Population: An Introduction to Concepts and Issues*, 5th Ed. Belmont, California: Wadsworth Publishing Co., 1992.

Kata kunci: fertiliti, kadar fertiliti.