

Penggunaan Algoritma Genetik bagi Menentukur Model Anjakan Mod Pengangkutan

Siti Hajar, Riza Atiq, Amiruddin Ismail, dan Hassan Basri

ABSTRAK

Model Logistik biasa digunakan untuk memodelkan anjakan penggunaan kenderaan. Kaedah yang mudah bagi menentukur model ini ialah dengan melakukan penjelmaan logaritma dan kemudian menyelesaikannya dengan kaedah regresi lurus. Walau bagaimanapun masalah penjelmaan logaritma ialah perbezaan besar beberapa ribu kali ganda di antara set-set data menjadi tidak ketara. Oleh yang demikian, algoritma genetik telah digunakan untuk tujuan penentukuran model Logistik kerana algoritma ini dapat menyelesaikan masalah yang kompleks dengan lebih cekap di samping kesesuaiannya untuk penyelesaian masalah berbagai pembolehubah yang tidak lurus. Penggunaan algoritma genetik di dalam kajian ini adalah bertujuan untuk menentukur model anjakan penggunaan kereta persendirian kepada penggunaan bas. Model yang telah dihasilkan menunjukkan anggaran anjakan sangat hampir dengan yang sebenar dengan sekaitan melebihi 98%.

Katakunci: Pisah ragaman, anjakan mod kepada pengangkutan awam, fungsi logistik.

ABSTRACT

The Logistic model is frequently used for modeling transport modal shift. Logarithmic transformation together with linear regression are usually used to calibrate the model. However, the problem with logarithmic transformation is that a large difference between data sets of a few thousand times would become small. Therefore, genetic algorithm is used to calibrate the Logistic model because of its ability to solve complex problems efficiently and suitability for solving multi variate non-linear problems. In this study, genetic algorithm is used to calibrate modal shift model from private cars to buses. The result of this study has shown that the calibrated model is highly correlated to the actual modal shift with correlation greater than 98%.

Keywords: modal split, modal shift to public transportation, logistic function.

PENGENALAN

Kesesakan jalan raya di bandar raya telah menjadi lumrah dalam kehidupan seharian dan Kuala Lumpur adalah antara bandar raya yang termasuk dalam kategori ini. Kuala Lumpur mempunyai keluasan seluas 243.6 km persegi dengan jumlah penduduk seramai 1.4 juta orang dan ini menjadikan Kuala Lumpur sebagai sebuah bandar yang mempunyai kepadatan penduduk yang

tinggi. Kebanyakan penduduk di sekitar Kuala Lumpur lebih gemar menggunakan kenderaan persendirian untuk bergerak ke destinasi yang dituju dan ke tempat kerja. Kehadiran kenderaan persendirian di Kuala Lumpur yang semakin bertambah telah menyumbang kepada kesesakan jalan raya. Kajian yang dilakukan oleh Japan International Cooperation Agency (JICA) 1999 mendapati bahawa 60% daripada pengangkutan di Kuala Lumpur dilakukan dengan menggunakan kenderaan persendirian. Ini bermakna sistem pengangkutan di bandar ini bergantung kepada kenderaan persendirian. Kadar pemilikan kenderaan persendirian ialah 375 kenderaan bagi setiap seribu penduduk. Pada masa hadapan trip kereta persendirian diramalkan akan meningkat dengan ketara daripada 57.4% pada tahun 1997 kepada 69.9% pada tahun 2020 (Kajian Pelan Perspektif Wilayah Lembah Klang II, 1998-2000). Oleh itu, kajian ini bertujuan membina suatu model pengangkutan yang dapat memberikan peratus peralihan mod kereta persendirian kepada bas berdasarkan kepada penambahan kos penggunaan kereta dan pengurangan perjalanan menggunakan bas.

KAEDAH KAJIAN

Untuk kajian ini, kaedah menggunakan keadaan pilihan telah dijalankan di Kuala Lumpur dengan kira-kira 100 responden rawak yang ditemu-duga. Dalam kajian kes ini, responden terdiri daripada penghuni dan pekerja di Kuala Lumpur dan pengguna kenderaan persendirian menuju ke tempat kerja. Parameter kajian ialah:

1. kos dan masa sehala dari rumah ke tempat kerja dengan menggunakan kereta,
2. kos dan masa perjalanan sehala dari rumah ke tempat kerja dengan menggunakan bas,
3. tahap kenaikan kos kereta yang menyebabkan responden beralih daripada kereta kepada bas,
4. tahap pengurangan masa bas yang menyebabkan responden beralih daripada kereta kepada bas,
5. masa yang diambil dari rumah ke hentian bas terdekat,
6. masa yang diambil dari pejabat ke hentian bas terdekat,
7. pendapatan bulanan.

Jawapan responden dikategorikan mengikut pendapatan sebelum di analisis. Data yang diperolehi disemak mengikut julat pendapatan dari segi kemunasabahan dan hubungan antara peranjakan mod dengan perubahan masa dan kos. Data yang diperolehi bagi julat pendapatan antara RM 1500 hingga RM 2500 didapati paling munasabah dan memberikan hubungan yang tinggi di antara peranjakan mod dengan perubahan masa dan kos. Hubungan yang tinggi ditunjukkan oleh pekali penentuan, R^2 yang hampir dengan satu. Oleh itu, nilai R^2 memainkan peranan yang amat penting dalam memilih kategori pendapatan yang akan digunakan (Riza Atiq 1994). Jadual 1 memberikan nilai R^2 di antara anjakan mod dengan perubahan masa kos perjalanan. Julat pendapatan yang lain didapati kurang sesuai digunakan kerana bilangan data yang sedikit dan jawapan tidak munasabah.

Seterusnya, analisis data dilakukan yang mana sampel dikategorikan mengikut kadar penambahan kos menggunakan kereta dan kadar pengurangan

perjalanan menggunakan bas manakala purata masa diambil di antara rumah ke hentian bas dan purata masa diambil di antara pejabat ke hentian bas merupakan data sampingan bagi kajian yang mana data bagi kedua-dua purata masa ini tidak tetap mengikut pendapatan dan pengurangan masa perjalanan bas tetapi analisis statistik yang telah dilakukan. Jadual 2 menunjukkan peratus nilai sebenar para pengguna kereta persendirian yang akan beranjak menggunakan perkhidmatan bas jika kos menggunakan kereta bertambah manakala Rajah 1 memplotkan peranjakan itu. Ini menunjukkan semakin ramai pengguna kereta akan beralih menggunakan bas apabila kadar kos perjalanan kereta semakin bertambah.

JADUAL 1. Nilai R^2 bagi julat pendapatan

Julat pendapatan, RM	R^2
500 – 1500	0.7866
500 – 2000	0.7029
500 – 2500	0.5809
500 – 3000	0.5526
1000 – 2000	0.8516
1000 – 2500	0.7842
1000 – 3000	0.6706
1500 – 2500	0.9127
1500 – 3000	0.7371
2000 – 3000	0.8195

JADUAL 2. Peratus nilai sebenar para pengguna kereta persendirian yang akan beralih menggunakan perkhidmatan bas

Penambahan kos kereta, RM	Peratus beralih ke bas
1	2.564%
2	7.692%
3	12.821%
4	17.949%
5	23.077%
6	28.205%
7	30.769%

Nota: Masa perjalanan dari rumah ke hentian bas dan dari hentian bas ke pejabat ialah di antara 10 hingga 15 minit.

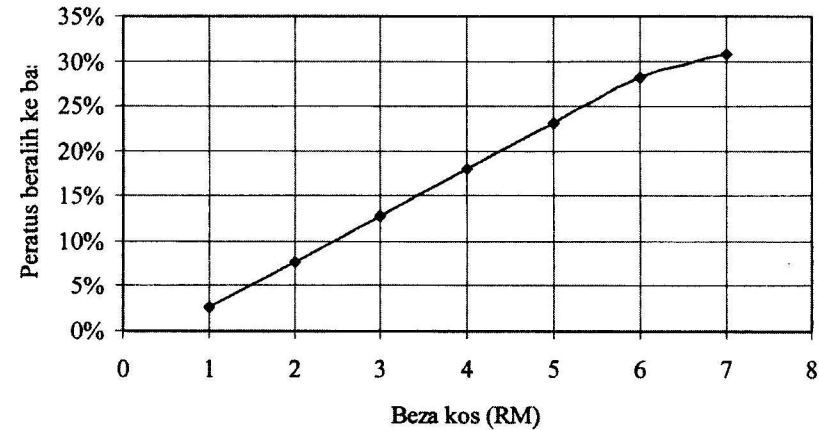
Jadual 3 pula menunjukkan peratus nilai sebenar pengguna yang akan beranjak kepada bas apabila masa pengurangan perjalanan menggunakan bas semakin bertambah manakala Rajah 2 memplotkan peranjakan tersebut.

Rajah 2 menunjukkan menunjukkan semakin ramai pengguna kereta yang akan beralih menggunakan bas apabila masa perjalanan menggunakan bas semakin berkurangan. Ini menunjukkan pengguna kereta sanggup meninggalkan kereta mereka jika masa perjalanan bas dapat dipendekkan.

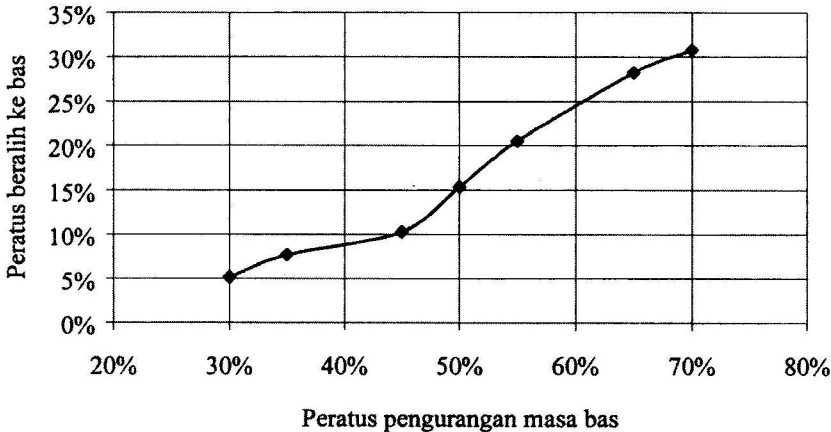
JADUAL 3. Peratus nilai sebenar pengguna yang akan beralih ke bas apabila masa pengurangan perjalanan menggunakan bas semakin bertambah

Peratus pengurangan masa perjalanan bas	Peratus beralih ke bas
30%	5.130%
35%	7.690%
45%	10.260%
50%	15.380%
55%	20.510%
65%	28.210%
70%	30.770%

Nota: Masa perjalanan dari rumah ke hentian bas dan dari hentian bas ke pejabat ialah di antara 10 hingga 15 minit.



RAJAH 1. Penambahan kos melawan peratus beralih ke bas

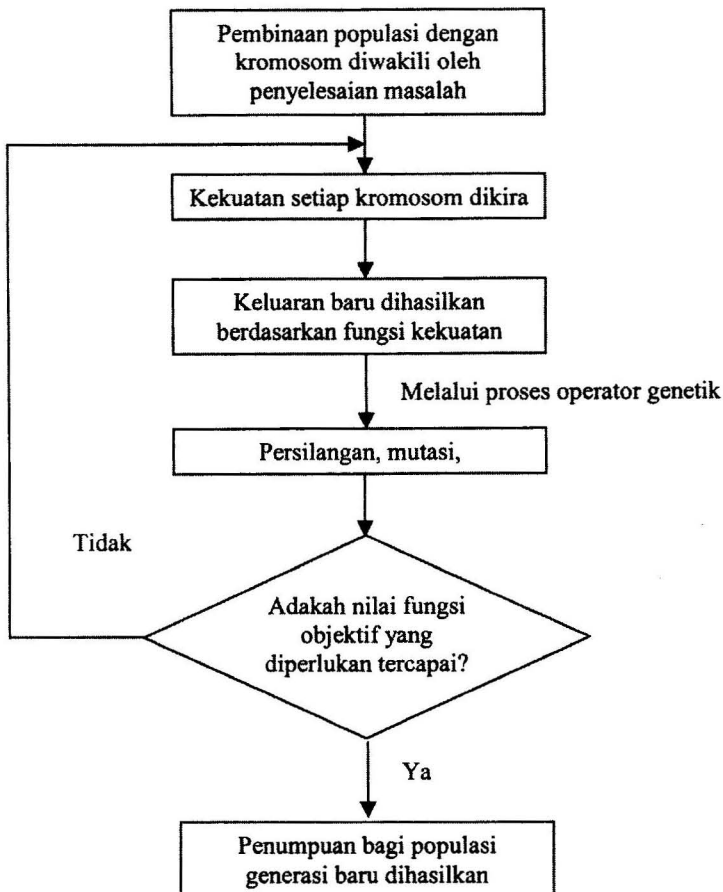


RAJAH 2. Peratus pengurangan masa perjalanan bas melawan peratus beralih ke bas

PENENTUKURAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIK

ASAS ALGORITMA GENETIK

Algoritma genetik dipilih sebagai model pengangkutan di dalam kajian ini kerana ianya telah digunakan dengan jayanya dalam menyelesaikan beberapa masalah (Hou et al. 1994) dan amat berkesan serta cekap dalam menyelesaikan masalah yang kompleks (Gen & Cheng 1997). Algoritma Genetik merupakan algoritma yang diinspirasi dari Teori Darwin berhubung dengan evolusi dan ianya telah diasaskan oleh John Holland pada tahun 1960-an. Algoritma genetik (AG) yang dicipta oleh Holland adalah kaedah untuk memindahkan daripada satu populasi kromosom yang diwakili oleh satu penyelesaian di dalam populasi kepada satu populasi baru secara pemilihan semula jadi dengan menggunakan operator pemilihan, persilangan, mutasi dan penyongsangan. Dengan mendefinisikan masalah yang hendak diselesaikan dan pemboleh ubah yang diwakili oleh kromosom, maka operasi AG adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3 (Mitohell 1996). Proses yang berulang ini dikenali sebagai generasi (Lingas 2001) dan penghasilan generasi yang baru amat dipengaruhi oleh saiz populasi, kebarangkalian persilangan dan mutasi terhadap kromosom.



RAJAH 3. Penjanaan algoritma genetik

PENGHASILAN POPULASI

Kaedah algoritma genetik dihasilkan apabila satu populasi bagi kromosom berevolusi bagi menghasilkan populasi yang baru. Kromosom yang terdapat di dalam populasi diwakili oleh pemboleh ubah bagi penyelesaian masalah (Chakroborty et al. 1995). Dalam kajian kes ini, bagi meminimumkan perbezaan di antara peratus anggaran dengan peratus sebenar bagi para pengguna kereta persendirian yang akan beralih menggunakan perkhidmatan bas maka kromosom-kromosom di dalam populasi akan membawa maklumat berkenaan dengan penambahan kos menggunakan kereta, peratus pengurangan masa perjalanan bas, purata masa O-B/stop, purata masa D-B/stop dan peratus beralih ke bas. Penetapan bagi saiz populasi merupakan perkara yang perlu diambil perhatian kerana saiz populasi yang terlalu kecil akan menyebabkan kesukaran dalam mendapatkan kadar penumpuan.

Jika populasi terlalu besar pula akan menyebabkan kadar penumpuan bertambah, ini bermaksud masa pengiraan akan bertambah dengan bertambahnya saiz populasi (Pattnaik et al. 1998). Oleh itu, untuk kajian ini saiz populasi ditetapkan kepada 50. Goldberg, 1989 menyarankan saiz populasi adalah 30 ke 50 kromosom.

FUNGSI KEKUATAN

Kaedah yang lebih besar yang melibatkan generasi dalam populasi penyelesaian adalah mencari fungsi objektif dan fungsi kekuatan dengan menggunakan operator genetik (Pattnaik et al. 1998). Individu dalam populasi akan berevolusi bagi mencari nilai bagi fungsi objektif yang mana ianya digunakan bagi mengira nilai kekuatan pada setiap individu di dalam populasi. Fungsi kekuatan digunakan untuk menghasilkan individu yang mempunyai kekuatan yang maksimum di dalam populasi. Selalunya fungsi kekuatan adalah fungsi objektif bagi permasalahan. Dalam kajian ini, fungsi objektif ialah perbezaan peratusan di antara peratus sebenar dengan peratus model bagi anjakan mode kereta persendirian ke bas. Fungsi objektif bagi kajian ini adalah seperti berikut:

$$\text{Fungsi objektif, } Z = \min \sum_{i=1}^n |P_{\text{sebenar}} - P_{\text{model}}|, \quad (1)$$

yang mana P ialah peratus anjakan mode dari kereta persendirian ke bas

$$P = \frac{1}{1 + \text{Dexp}(P_a x_1 + P_b x_2 + P_c x_3 + P_d x_4)}, \quad (2)$$

dengan D , P_a , P_b , P_c , P_d = pemalar, x_1 = penambahan kos menggunakan kereta, x_2 = peratus pengurangan masa perjalanan bas, x_3 = purata masa O-B/stop, x_4 = purata masa D-B/stop.

Nilai-nilai pemalar yang diperolehi daripada model regresi dimasukkan ke dalam persamaan (2) dan ini menghasilkan persamaan (3) yang akan memberikan model bagi kajian ini.

$$P = \frac{1}{1 + 0.171 \exp(-0.221x_1 - 1.392x_2 + 0.393x_3 + 0.004x_4)} \quad (3)$$

OPERATOR GENETIK

Operator genetik digunakan bagi menghasilkan populasi yang baru yang mana penghasilan populasi yang baru ini berdasarkan kepada kekuatan individu di dalam populasi. Bagi penghasilan populasi baru, individu akan melalui proses operator genetik iaitu pemilihan, persilangan, mutasi dan penyongsangan.

PEMILIHAN

Selepas pengkodan seperti ditetapkan, langkah seterusnya adalah membuat pemilihan, iaitu pemilihan individu di dalam populasi diambil kira bagi menghasilkan keluaran baru bagi generasi seterusnya yang mana setiap individu dalam populasi mempunyai nisbah kekuatan tersendiri. Pemilihan dilakukan untuk mendapatkan individu yang mempunyai lebih kekuatan di dalam populasi supaya individu ini dapat menghasilkan keluaran baru yang lebih baik. Individu dengan nilai kekuatan yang tinggi mempunyai kemungkinan yang tinggi untuk dipilih bagi penghasilan generasi yang seterusnya (Chakroborty et al. 1995). Kaedah yang mudah bagi pelaksanaan kekuatan ialah menerusi pemilihan menggunakan kaedah roda judi berat sebelah (Goldberg, 1989). Oleh itu, pemilihan yang dilaksanakan dalam kajian ini adalah berdasarkan kepada kaedah roda judi berat sebelah. Dalam kaedah ini sebanyak N pusingan dilakukan. Putaran yang lengkap bagi individu dalam populasi akan menghasilkan suatu nilai jangkaan sehingga nilai ini lebih besar atau sama dengan nilai kekuatan. Semasa dalam pemilihan, algoritma genetik akan memilih beberapa individu yang terbaik pada setiap generasi. Individu seperti ini mungkin hilang jika tidak dipilih untuk dihasilkan semula atau akan musnah menerusi persilangan atau mutasi. Oleh itu, individu yang nilai anggarannya sama dengan nilai kekuatan akan dikekalkan daripada mengalami persilangan dan ini dapat memperbaiki penghasilan algoritma genetik.

PERSILANGAN

Persilangan memainkan peranan yang penting dalam penjanaan algoritma genetik. Tujuan persilangan ialah untuk menukar maklumat di antara dua kromosom untuk mendapatkan kromosom yang lebih baik berbanding dengan induknya. Persilangan menukar beberapa bahagian bagi dua kromosom, kesan daripada persilangan di antara dua kromosom akan menghasilkan kromosom yang mempunyai sifat yang hampir sama dengan kromosom asal. Titik bagi persilangan dipilih secara rawak dan dua induk akan bersilang pada satu tempat dan menukar maklumat bagi menghasilkan dua keluaran baru. Semua sifat pada induk pertama ditiru dan peniruan sifat pada induk kedua berlaku selepas berlakunya titik pindah silang. Jika tiada pindah silang, keluaran yang terhasil meniru sama sekali sifat-sifat induknya dan jika berlaku pindah silang, keluaran yang terhasil mempunyai sebahagian daripada sifat-sifat induknya. Bagi kadar persilangan yang berlaku pada

kadar 100%, individu yang terhasil telah melalui pindah silang. Pada kajian ini kadar persilangan adalah pada kadar 90%. Biasanya kadar persilangan berlaku pada kadar 45% hingga 96% (Grefenstette 1986). Pada Rajah 4 menunjukkan proses persilangan yang berlaku bagi menghasilkan keluaran baru.

Kromosom 1	1	13.440	11.406	0.026
Kromosom 2	2	12.190	11.089	0.077

Induk

Kromosom 1	1	13.440	11.406	0.077
Kromosom 2	2	12.190	11.089	0.026

Keluaran baru

RAJAH 4. Persilangan antara dua kromosom

MUTASI

Mutasi berlaku selepas proses persilangan pada dua individu, ia mengubah keluaran baru yang dihasilkan oleh persilangan secara rawak, iaitu dengan mengubah kod yang terdapat di dalam kromosom, ini ditunjukkan pada Rajah 5. Walaupun mutasi merupakan salah satu operasi bagi penghasilan keluaran baru tetapi ia tidaklah terlibat secara langsung dalam penghasilan keluaran baru. Mutasi beroperasi melibatkan kebarangkalian yang dikenali sebagai kebarangkalian mutasi. Kebarangkalian mutasi selalunya pada nilai yang kecil iaitu di antara 1% dan 5% (Grefenstette 1986). Kebarangkalian yang kecil ini adalah bagi mengelakkan proses mutasi ini berlaku terlalu aktif sehingga mengganggu proses persilangan.

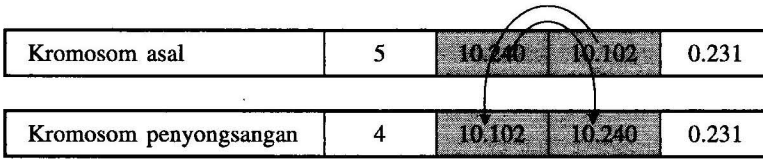
Kromosom asal	3	11.260	10.481	0.128
---------------	---	--------	--------	-------

Kromosom bermutasi	3	11.260	10.233	0.128
--------------------	---	--------	--------	-------

RAJAH 5. Proses mutasi

PENYONGSANGAN

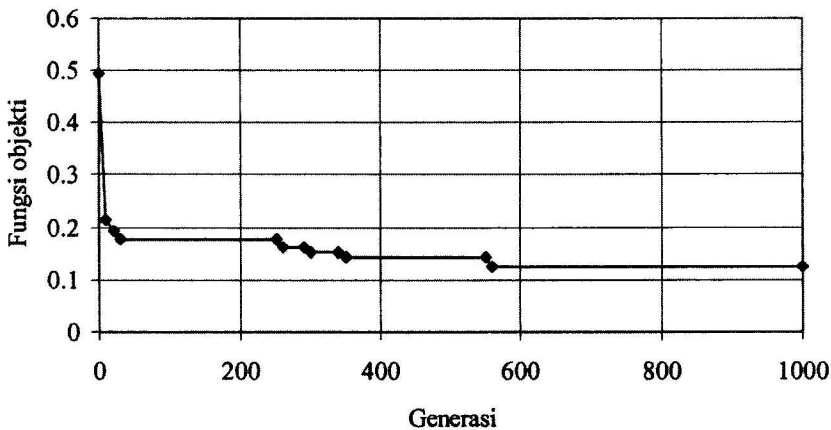
Selain daripada mutasi, kedudukan kod pada kromosom yang sama juga boleh bertukar kedudukan bagi menghasilkan keluaran yang baru, ianya dikenali sebagai penyongsangan. Rajah 6 menunjukkan proses penyongsangan pada kromosom yang sama. Akibat daripada berlakunya proses ini, maka suatu populasi yang baru terhasil dan proses ini akan berulang bagi menghasilkan generasi yang baru mengikut kitaran algoritma genetik. Akhirnya evolusi akan berlaku sehingga pada satu tahap yang mana penumpuan akan terhasil.



RAJAH 6. Proses penyongsangan

KEPUTUSAN

Setelah kromosom-kromosom melalui proses penjanaan algoritma genetik, maka ianya akan menghasilkan nilai-nilai bagi fungsi objektif. Bagi mendapatkan fungsi objektif ini, maka generasi yang terhasil hendaklah stabil iaitu ianya akan menumpu pada suatu nilai yang tetap. Daripada kajian yang dijalankan didapati bahawa dengan 50 bilangan kromosom, penumpuan telah bermula pada generasi di antara 350 ke 550 dan penumpuan selanjutnya berlaku di antara 550 ke 1000. Pada Rajah 7 menunjukkan penumpuan oleh generasi yang berlaku. Daripada kajian ini, didapati bahawa generasi sehingga ke 1000 telah mengalami penumpuan dan stabil. Maka generasi yang ke 1000 diambil sebagai had penumpuan bagi mendapatkan fungsi objektif untuk kajian ini dan pada had penumpuan ini memberikan nilai-nilai pemalar bagi persamaan (2).



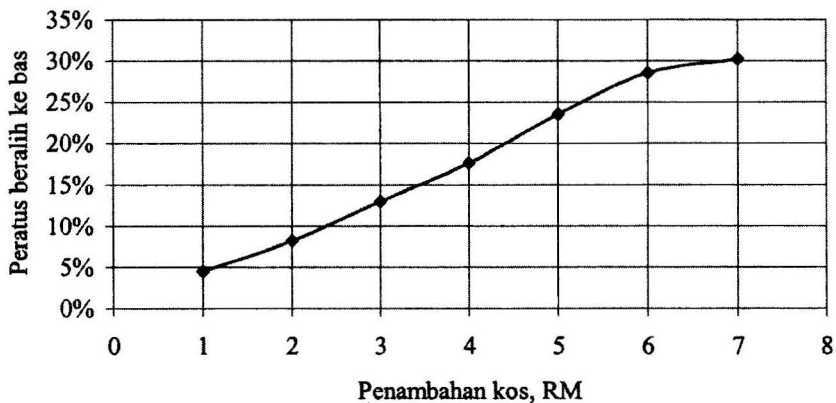
RAJAH 7. Generasi melawan fungsi objektif

Nilai-nilai tersebut adalah seperti berikut: $D = 0.169$, $P_a = -0.173$, $P_b = -0.977$, $P_c = 0.370$, $P_d = 0.003$

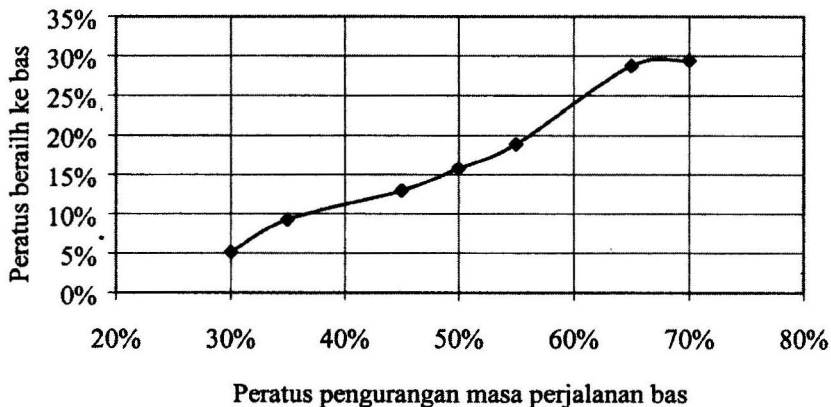
Bagi mendapatkan peratus anggaran daripada model algoritma genetik, maka persamaan (4) digunakan dengan memasukkan nilai-nilai pemalar daripada penjanaan algoritma genetik ke persamaan (2).

$$P = \frac{1}{1 + 0.169 \exp^{(-0.173x_1 - 0.977x_2 + 0.370x_3 + 0.003x_4)}}, \quad (4)$$

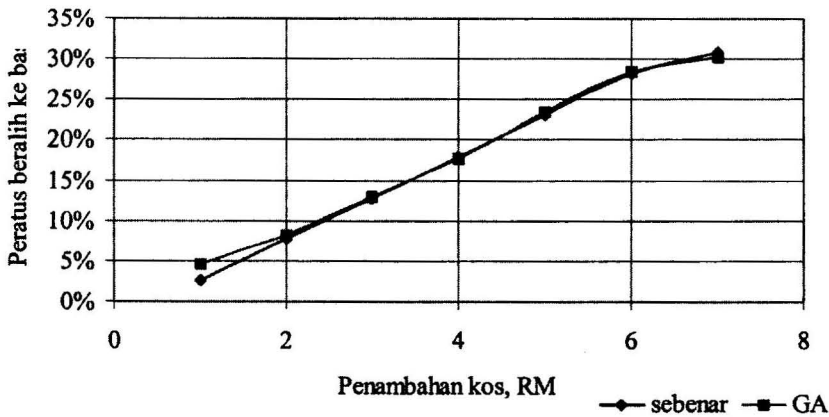
Daripada persamaan (4), maka peratus anggaran bagi anjakan mode kereta persendirian ke bas berdasarkan beza kos penggunaan kereta dan peratus pengurangan masa perjalanan bas adalah seperti yang ditunjukkan pada Rajah 8 dan Rajah 9. Setelah peratus anggaran bagi anjakan mode kereta persendirian kepada bas diperolehi, ianya akan dibandingkan dengan peratus sebenar. Perbandingan ini dilakukan adalah bertujuan untuk mengetahui sama ada pengguna algoritma genetik di dalam model pengangkutan dapat memberikan gambaran bagi keadaan sebenar. Pada Rajah 10 dan 11, menunjukkan perbezaan diantara nilai sebenar dengan nilai anggaran hasil daripada penjaan dengan menggunakan algoritma genetik. Pada Rajah 10 dan 11 bentuk graf peratus anggaran menunjukkan maksud yang sama dengan bentuk graf bagi peratus sebenar. Pada Rajah 10 didapati bahawa apabila penambahan kos semakin bertambah maka semakin bertambah peratus pengguna kereta yang akan beralih ke bas. Begitu juga pada Rajah 11 yang menunjukkan semakin bertambah masa pengurangan perjalanan bas, semakin tinggi peratus beralih ke bas.



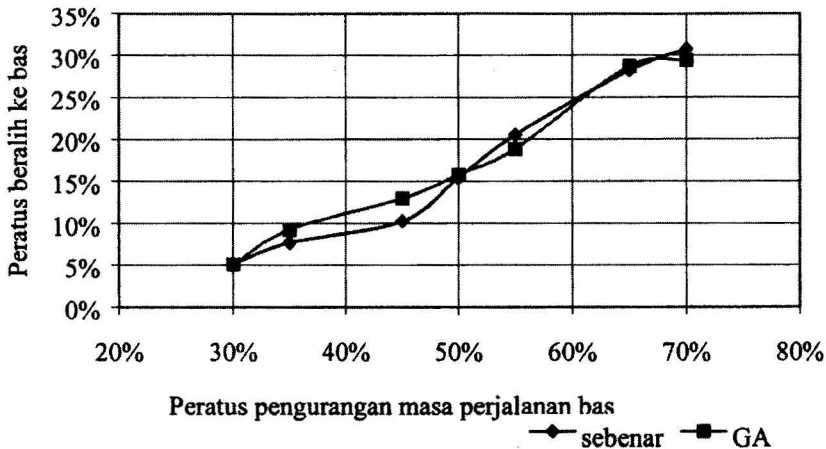
RAJAH 8. Penambahan kos melawan peratus beralih ke bas bagi algoritma genetik



RAJAH 9. Peratus pengurangan masa perjalanan bas melawan peratus beralih ke bas bagi algoritma genetik



RAJAH 10. Perbandingan di antara peratus sebenar dan AG bagi penambahan kos melawan peratus beralih ke bas



RAJAH 11. Perbandingan di antara peratus sebenar dan AG bagi peratus pengurangan masa perjalanan bas melawan peratus beralih ke bas

PERBINCANGAN

Daripada Rajah 10 & 11, walaupun didapati bentuk graf di antara anjakan yang dianggarkan dan anjakan sebenar mempunyai bentuk yang sama, namun begitu ketepatan keputusan yang diperolehi daripada penjaan algoritma genetik perlu diuji. Ini adalah bertujuan untuk mengetahui sejauh manakah model yang ditentukan dengan algoritma genetik dapat memodelkan keadaan sebenar di lapangan. Oleh itu, ujian statistik seperti ujian-t, ujian F dan regresi mudah perlu dilakukan untuk menguji kesahan model yang telah dibina.

Untuk ujian-t & F, nilai t & F perlulah berada di dalam kawasan genting taburan bagi membuktikan bahawa ujian-ujian tersebut adalah benar. Bagi ujian regresi mudah, nilai di anjakan yang diperhatikan dan anjakan yang dianggarkan hendaklah dapat menghasilkan satu graf garis lurus yang mempunyai kecerunan menghampiri 1.0 dan persilangan yang menghampiri sifar. Di samping itu juga, nilai R^2 yang diperolehi hendaklah menghampiri

nilai 1 bagi menunjukkan ketepatan hasil kajian. Jika ketiga-tiga ujian statistik yang dilakukan terhadap peratus anggaran kajian ini memenuhi syarat-syarat ujian statistik tersebut, maka peratus anggaran ini dapat mewakili peratus sebenar kajian.

UJIAN-t DAN UJIAN -F

Ujian-t dan ujian- F digunakan apabila bilangan sampel yang dikaji kurang daripada 30 (n,30) (Mohd Anuar 1988). Kedua-dua ujian ini biasa digunakan untuk melihat sama ada dua set data mempunyai perbezaan yang signifikan atau tidak. Kedua-dua set data yang akan diuji adalah diberikan dalam Jadual 4 & 5.

JADUAL 4. Anjakan yang diperhatikan dan anjakan anggaran penggunaan kereta kepada penggunaan bas apabila kos perjalanan berkereta bertambah

Penambahan kos kereta	Anjakan yang diperhatikan	Anjakan anggaran
1	2.564%	4.493%
2	7.692%	8.162%
3	12.821%	12.989%
4	17.949%	17.604%
5	23.077%	23.545%
6	28.205%	28.506%
7	30.769%	30.172%

JADUAL 5. Anjakan yang diperhatikan dan anjakan anggaran penggunaan kereta kepada penggunaan bas apabila masa perjalanan bas dikurangkan

Peratus pengurangan masa perjalanan bas	Peratus sebenar	Peratus algoritma genetik
30%	5.130%	5.138%
35%	7.690%	9.267%
45%	10.260%	12.951%
50%	15.380%	15.762%
55%	20.510%	18.858%
65%	28.210%	28.722%
70%	30.770%	29.432%

Hasil daripada kedua-dua ujian ini adalah seperti berikut pada jadual 6 dan 7. Oleh itu, keputusan menunjukkan bahawa nilai t dan nilai F bagi kedua-dua keadaan berada di dalam nilai kritikal.

Jadual 6 dan 7 yang memberikan hasil ujian-t dan ujian-F menunjukkan bahawa tiada perbezaan yang signifikan antara anjakan yang dianggarkan dengan menggunakan model yang telah dibina dengan yang diperhatikan.

REGRESI MUDAH

Dalam kajian ini, regresi linear dua pembolehubah digunakan iaitu mencari hubungan linear bagi persamaan

JADUAL 6. Hasil ujian statistik dari segi penambahan kos

Ujian statistik	Nilai kritikal	Nilai yang diperolehi
$T_{0.025,12}$	-2.179, 2.179	0.951
$F_{0.05,1,12}$	4.75	0.896

JADUAL 7. Hasil ujian statistik dari segi pengurangan masa perjalanan menggunakan bas

Ujian statistik	Nilai kritikal	Nilai yang diperolehi
$T_{0.025,12}$	-2.179, 2.179	0.953
$F_{0.05,1,12}$	4.75	0.851

$$y = a + \beta x \quad (5)$$

dengan y = pemboleh ubah yang bergantung kepada persamaan, x = pemboleh ubah bebas, a = persilangan pada paksi y , dan β = kecerunan persamaan.

Dengan menggunakan *bivariate linear regression* pekali dapat menganggarkan hubungan di antara y dengan x (Zikmund 1994). Dalam kajian ini nilai diwakili oleh anjakan yang diperhatikan dan nilai diwakili anjakan yang x dianggarkan dengan model yang telah dibina. Apabila data dari Jadual 4 dan 5 diplot, graf yang terhasil adalah seperti pada Rajah 12 dan 13.

Pada Rajah 12 dan 13, pengkaji perlu mendapatkan satu garis lurus yang terbaik pada graf tersebut dan ini dikenali sebagai kaedah *least-squares*. Garis lurus yang terbaik ini akan mewakili hubungan di antara x dan y . Teknik *least-squares* akan memberikan nilai a dan b yang paling kecil berdasarkan kepada garis lurus yang terbaik (Zikmund 1994). Oleh itu, didapati persamaan garis lurus bagi Rajah 12 adalah

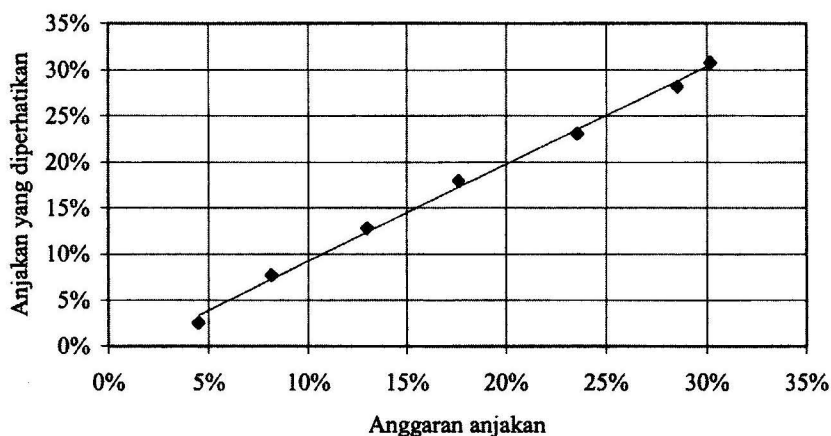
$$y = 1.055x - 0.013, \quad (7)$$

dengan $R^2 = 0.997$ dan persamaan garis lurus bagi Rajah 13 adalah

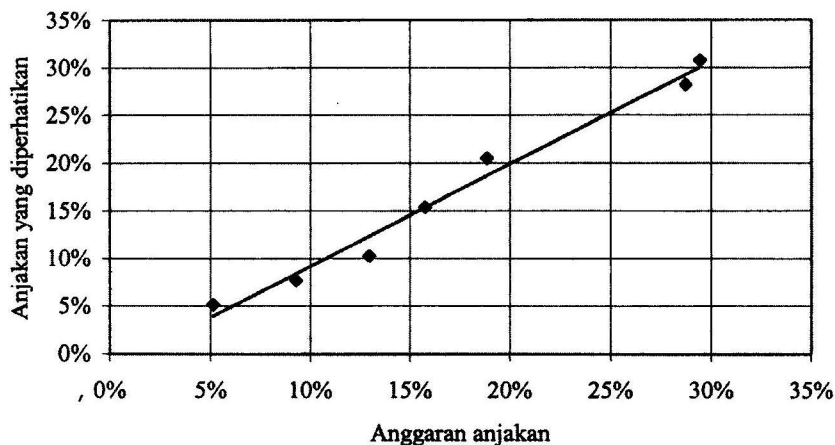
$$y = 1.073X - 0.016, \quad (8)$$

dengan $R^2 = 0.981$.

Bagi mengetahui sesuatu model regresi mudah dapat menerangkan keadaan sebenar maka penerangan dengan R^2 digunakan. Nilai R^2 berada di antara 0 dan 1. Nilai R^2 yang lebih hampir dengan 1 menunjukkan ketepatan model algoritma genetik. Dari segi penambahan kos didapati model AG dapat menerangkan 99.7% berdasarkan kepada R^2 nya yang bernilai 0.997 dan dari segi pengurangan masa perjalanan bas didapati ia dapat menerangkan 98.1% keadaan sebenar dengan R^2 nya yang bernilai 0.981. Oleh kerana nilai R^2 pada kedua-dua keadaan hampir dengan 1, maka ia menunjukkan ketepatan model algoritma genetik bagi mewakili keadaan sebenar.



RAJAH 12. Nilai di antara peratus sebenar dan peratus algoritma genetik dari segi penambahan kos kereta



RAJAH 13. Nilai di antara peratus sebenar dan peratus algoritma genetik bagi pengurangan masa perjalanan bas

UJIAN KEPEKAAN

Daripada ketiga-tiga ujian statistik yang dijalankan didapati bahawa model algoritma genetik yang dimodelkan dapat menyatakan keadaan sebenar dengan sekaitannya yang hampir dengan 100%. Bagi mengetahui parameter manakah yang akan memberi pengaruh yang amat besar dalam peranjakan mode dari kereta persendirian kepada bas, maka ujian kepekaan perlu dilakukan. Dalam kajian ini 4 parameter yang diuji bagi mengetahui pengaruh peranjakan mode iaitu:

1. penambahan kos menggunakan kereta
2. peratus pengurangan masa perjalanan bas
3. purata masa O-B/stop
4. purata masa D-B/stop

Salah satu daripada parameter ini akan memberikan peningkatan peratusan beralih ke bas apabila peningkatan sebanyak 10% dilakukan pada setiap

parameter. Ujian kepekaan dibahagikan kepada 2 kes. Kes pertama berdasarkan kepada penambahan kos kereta persendirian dan kes kedua berdasarkan kepada pengurangan masa perjalanan bas.

KES PERTAMA

Berdasarkan kepada data kajian iaitu pada Jadual 2. Ujian kepekaan dilakukan dengan menambahkan 10% pada salah satu parameter peranjakan mode dan menetapkan parameter-parameter yang lain, iaitu 10% ditambah pada kos penggunaan kereta persendirian manakala parameter-parameter lain ditetapkan dan sebaliknya. Hasil daripada ujian kepekaan yang dijalankan adalah seperti di Jadual 8. Didapati bahawa penambahan kos memberikan peratus beralih ke bas yang lebih ketara berbanding dengan faktor-faktor yang lain. Ini menunjukkan penambahan kos memberikan kesan yang amat tinggi dalam mempengaruhi anjakan mode para pengguna kereta persendirian kepada bas.

JADUAL 8. Penambahan 10% pada salah satu parameter dan peratus kenaikannya dari segi penambahan kos penggunaan kereta

Parameter	Peratus kenaikan
Penambahan kos kereta, RM	4.567%
Jarak O-B/stop, minit	2.781%
Jarak D-B/stop, minit	4.479%

KES KEDUA

Daripada Jadual 3, data kajian ini akan digunakan untuk ujian kepekaan dari segi pengurangan perjalanan menggunakan bas. Pada kes ini, ianya juga akan melibatkan penambahan 10% bagi salah satu parameter. Hasil daripada ujian kepekaan yang dijalankan adalah seperti di Jadual 9. Didapati bahawa dengan 10% penambahan peratus pengurangan masa perjalanan bas memberikan peratus beralih ke bas yang lebih ketara berbanding dengan parameter-parameter yang lain. Ini menunjukkan bahawa pengurangan masa perjalanan bas memberi kesan yang besar bagi mempengaruhi pengguna kereta persendirian beralih ke bas.

JADUAL 9. Penambahan 10% pada salah satu parameter dan peratus kenaikannya dari segi pengurangan perjalanan menggunakan bas

Parameter	Peratus kenaikan
Peratus pengurangan masa perjalanan bas	5.283%
Jarak O-B/stop, minit	3.197%
Jarak D-B/stop, minit	5.119%

KESIMPULAN

Hasil daripada kajian lapangan didapati bahawa penambahan kos kereta dan pengurangan masa perjalanan bas mempengaruhi para pengguna untuk beralih menggunakan bas. Dari segi penambahan kos, semakin meningkat kos bagi pengguna kereta maka semakin ramai pengguna yang akan beralih menggunakan bas. Pengguna kereta juga akan beralih menggunakan bas jika masa perjalanan menggunakan bas lebih cepat berbanding dengan masa perjalanan menggunakan kereta. Oleh itu bagi mententurkan model anjakan mode pengangkutan bagi kajian ini maka, penggunaan algoritma genetik telah digunakan bagi membandingkan model logistik ini dengan keadaan sebenar. Melalui penjanaan algoritma genetik ini didapati nilai peratusan iaitu keputusan analisis yang diperolehi dapat diterima bagi mewakili keadaan sebenar, ini dibuktikan melalui ujian statistik iaitu ujian-t, ujian F dan regresi mudah yang mana ketiga-tiga ujian ini membuktikan ketepatan model algoritma genetik. Daripada hasil ujian kepekaan pula bagi kes pertama, penambahan 10% pada salah satu parameter (penambahan kos, O-B/stop dan D-B/stop) didapati bahawa penambahan kos sebanyak 10% akan memberikan peratus beralih ke bas yang lebih tinggi berbanding dengan parameter-parameter yang lain. Untuk kes kedua pula, penambahan 10% bagi peratus pengurangan masa perjalanan bas memberikan peratus beralih ke bas yang lebih tinggi berbanding dengan parameter yang lain (jarak O-B/stop dan jarak D-B/stop). Oleh itu, secara keseluruhannya kajian ini menunjukkan bahawa model algoritma genetik dapat mewakili keadaan sebenar dalam menentukan anjakan mode pengangkutan.

RUJUKAN

- Ahmad Mahdzan. 1991. *Kaedah Penyelidikan Sosioekonomi, Suatu Pengenalan*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Chakraborty, P., Deb K. & Subramanyam, P. S. 1995. Optimal scheduling of urban transit systems using Genetic Algorithms. *Journal of Transportation Engineering* 124 (4): 544-552.
- Gen, M. & Cheng, R. 1997. *Genetic Algorithms and Engineering Design*. New York: John Wiley.
- Goldberg, D. E. 1989. *Genetic Algorithms in Search. Optimization and Machine Learning*, Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Co.
- Grefenstette, J. J. 1996. Optimisation of control parameters for genetic algorithms. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 16(1): 122-128.
- Hou, E., Ansari, N. & Ren, H. 1994. A genetic algorithm for multiprocessor scheduling. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems* 5(2): 113-120.
- Anon. 1999. Kajian Pelan Perspektif Wilayah Lembah Klang II 1998-2020, hlm.,42-43.
- Lingras, P. 2001. Statistical and Genetic Algorithms classification of highways. *Journal of Transportation Engineering* 127(3): 237-242.
- Levin & Rubin. 1994. *Statistics for Management*, 5th Edition. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Mitchell, M. 1996. *An Introduction to Genetic Algorithms*, Cambridge. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology Press.
- Mohd Anuar Hj Md Amin. 1988. *Teori Ekonometri*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

- Pattnaik, S. B., Mohan, S. & Toni, V. M. 1998. Urban bus transit route network design using Genetic Algorithm. *Journal of Transportation Engineering* 124(4): 368-375.
- Riza Atiq Abdullah O.K. Rahmat. 1994. *Model Pengangkutan Bandar: Pendekatan Secara Teori dan Amali*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Zikmund, W. G. 1994. *Business Research Methods*. Fort Worth.: The Dryden Press.

Siti Hajar
Riza Atiq
Amiruddin Ismail
Hassan Basri
Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur
Fakulti Kejuruteraan
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi Selangor D.E.