

## PENGGUNAAN MODEL REGRESI LINEAR DALAM KEJURUTERAAN

<sup>1</sup>Ahmad Shukri Yahaya\*, <sup>2</sup>Aminuddin Ab Ghani

<sup>1</sup>Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam, Universiti Sains Malaysia,  
Kampus Kejuruteraan, 14300 Nibong Tebal, Seberang Perai Selatan, Pulau Pinang  
Tel: (+)604-5941028, Faks: (+)604-5941029  
Mel-e: \*shukri@eng.usm.my

<sup>2</sup>Pusat Penyelidikan Kejuruteraan Sungai Dan Saliran Bandar, Universiti Sains Malaysia,  
Kampus Kejuruteraan, 14300 Nibong Tebal, Seberang Perai Selatan, Pulau Pinang  
Tel: (+)604-5941028, Faks: (+)604-5941029  
Mel-e: redac02@eng.usm.my

### ABSTRAK

Kertas kerja ini membincangkan pengalaman penulis menggunakan kaedah regresi linear untuk menyelesaikan beberapa masalah dalam bidang kejuruteraan awam. Masalah pertama yang dibincangkan ialah untuk melihat kadar penjanaaan perjalanan bagi guna tanah di Malaysia. Masalah kedua ialah untuk meramal kedalaman keruk disekitar pier. Keruk merupakan suatu proses pergerakan bahan daripada sungai yang disebabkan oleh aliran air. Jika masalah keruk dibiarkan maka kegagalan jambatan akan berlaku akibat kegagalan struktur jambatan itu. Oleh itu, kedalaman keruk memainkan peranan penting untuk mengatasi masalah kegagalan struktur jambatan. Enam persamaan untuk meramalkan kedalaman keruk dibandingkan. Keputusan kajian menunjukkan bahawa nilai pekali penentuan ( $R^2$ ) berada antara 0.045 hingga 0.700 jika semua cerapan digunakan dengan peratus ketepatan persamaan berada antara 33.7% hingga 54.2%. Masalah ketiga ialah untuk mendapatkan persamaan pengangkutan endapan di beberapa sungai di Malaysia. Proses hakisan dan pemendapan berkait rapat dengan kebolehan sungai untuk mengangkut endapan. Oleh itu, kajian mengenai endapan sungai-sungai di Malaysia dijalankan. Keputusan kajian menunjukkan bahawa persamaan pengangkutan endapan yang terbaik bagi 58 cerapan menghasilkan nilai pekali penentuan ( $R^2$ ) sebanyak 0.740 dengan nisbah kelainan setinggi 36%.

### Katakunci

Regresi linear, Keruk, Endapan, Pekali penentuan.

### 1. Pengenalan

Kaedah regresi linear berganda memang popular di kalangan penyelidik. Ini disebabkan oleh perisian statistik yang mempunyai kemampuan untuk membentuk dan memberikan output untuk kaedah tersebut.

Dalam bidang kejuruteraan, penggunaan kaedah regresi linear berganda banyak digunakan dalam Kejuruteraan Awam terutama sekali dalam masalah pengangkutan dan hidrologi. Kertas kerja ini membincangkan tiga penggunaan regresi linear dalam bidang tersebut.

### 2. Regresi linear berganda

Model regresi linear berganda boleh dituliskan dalam bentuk matriks seperti yang berikut:

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

$(n \times 1)$     $(n \times p)$     $(n \times 1)$     $(n \times 1)$

- dengan  $Y$  ialah vektor bagi pembolehubah bersandar
- $X$  ialah matriks bagi pembolehubah tak bersandar
- $\beta$  ialah vektor bagi pekali pembolehubah tak bersandar
- $\varepsilon$  ialah vektor bagi ralat

Dengan menggunakan kaedah kususdua terkecil, nilai-nilai  $\beta$  dan pekali penentuan ( $R^2$ ) boleh diperolehi. Walau bagaimanapun, model regresi linear berganda mesti memenuhi andaian-andaian yang berikut:

- i. Min bagi  $\varepsilon$  ialah sifar.
- ii. Varians bagi  $\varepsilon$  ialah pemalar.
- iii. Taburan kebarangkalian bagi  $\varepsilon$  ialah normal.
- iv. Ralat adalah tak bersandar.

### 3. Kes I: model penggunaan guna tanah di Malaysia

Sistem berkait rapat dengan guna tanah. Apabila sesebuah tanah itu dimajukan, sistem pengangkutan akan menjadi bertambah baik bagi menampung permintaan pengangkutan yang dijangka akan bertambah akibat pembangunan tersebut. Analisis impak trafik yang melibatkan penjana perjalanan yang dihasilkan oleh sesuatu pembangunan yang tertentu turut menjadi semakin penting. Oleh itu model penjana perjalanan bagi beberapa guna tanah telah dibentuk untuk meramal kadar perjalanan kenderaan yang melalui guna tanah tersebut. Penjana perjalanan boleh ditakrifkan sebagai jumlah kenderaan masuk dan keluar daripada sesebuah guna tanah yang spesifik pada suatu jangka masa yang tertentu (Highway Planning Unit, 1997).

Pada amnya, pada masa yang lampau kadar penjana perjalanan bagi guna tanah di Malaysia masih berpandukan kajian yang dibuat di Negara-negara Barat seperti Institute of Transportation Engineers (ITE) di Amerika Syarikat, Institute for Transport Studies (ITS) dan Transport and Road Research (TRRL) di United Kingdom. Oleh itu, kajian ini bertujuan menghasilkan pengkalan data bagi penjana perjalanan di Malaysia.

#### Data

Kajian ini telah dilakukan dalam tiga fasa. Fasa I dan Fasa II telahpun dilakukan pada tahun 1996 dan 2000. Terdapat lebih kurang 500 guna tanah bagi kedua-dua fasa ini yang melibatkan lima buah lokasi iaitu Kuala Lumpur, Selangor, Pulau Pinang, Kuala Terengganu dan Kucing. Lima lokasi ini dipilih berdasarkan kepada kedudukan sosio-ekonomi penduduknya serta keadaan geografi yang berbeza bagi setiap lokasi.

Sepuluh kategori guna tanah telah dikenal pasti iaitu:

- i. Perumahan
- ii. Institusi
- iii. Keagamaan
- iv. Pendidikan
- v. Perkuburan
- vi. Kemudahan Komuniti dan Rekreasi
- vii. Perdagangan
- viii. Industri
- ix. Pertanian/Perhutanan/Perikanan
- x. Terminal

## Analisis

Bagi setiap kategori guna tanah, model regresi linear mudah telah dibentuk. Jadual yang di bawah menunjukkan contoh satu model regresi linear mudah yang telah dibentuk.

Jadual 1. Model Regresi Linear bagi kategori guna tanah Kompleks Pejabat Awam/Kerajaan.

Kompleks Pejabat	1996	CP AM	$y = 0.55x + 54.47$	0.71	
Awam/Kerajaan		CP PM	$y = 0.55x + 54.48$	0.53	
20101		GP AM	$y = 0.55x + 54,49$	0.73	
		GP PM	$y = 0.55x + 54,50$	0.57	
		Harian	$y = 0.55x + 54,51$	0.65	
		Kombinasi	CP AM	$y = 1.85x + 31,33$	0.70
		Data	CP PM	$y = 1.77x + 96,87$	0.66
			GP AM	$y = 1.44x - 67.43$	0.50
			GP PM	$y = 1.29x + 81.43$	0.70
			Harian	$y = 11.91x + 424.37$	0.65

## 4. Kes II: model peramalan keruk di sekitar PIER

Keruk merupakan suatu proses hakisan bahan yang berlaku didasar sungai atau didasar sesuatu aliran. Hakisan ini merupakan suatu bentuk pemindahan jisim yang berlaku akibat daya-daya seperti daya rempuhan air. Air sungai yang mengalir telah membawa bersama butir-butir pasir serta bahan lain yang menyeret dan merempuh pier dan ini menghasilkan suatu bentuk yang dinamakan keruk.

Froehlich (1988) telah mentakrifkan keruk tempatan sebagai suatu proses perendahan dasar sungai di kawasan berdekatan hilir diakibatkan oleh keadaan ketidakseimbangan pengangkutan endapan pada struktur utama jambatan. Keruk merupakan penyebab utama kepada kegagalan jambatan-jambatan akibat daripada kegagalan struktur. Menurut Froehlich (1976) pergerakan air disebabkan banjir dan asas telah bertanggungjawab ke atas hampir separuh daripada 143 kegagalan struktur jambatan.

Enam persamaan yang dihasilkan oleh penyelidik-penyelidik yang lalu untuk meramalkan kedalaman keruk iaitu persamaan oleh (1)Laursen-Toch (2)Larras (3)Shen-I (4)Shen-II, (5)Hancu dan (6)Qadar akan dibincangkan. Bagi setiap persamaan, model regresi linear berganda telah dibentuk berdasarkan kesemua cerapan yang diperolehi. Untuk menentukan model yang terbaik, nisbah ketepatan iaitu nisbah antara nilai  $D$  sebenar dengan nilai  $\hat{D}$  yang diperolehi daripada persamaan dikira dan jika nisbah ini berada dalam julat 0.2 hingga 2 maka persamaan itu berupaya meramalkan kedalaman keruk.

## Data

Data diperolehi daripada data lapangan yang dikutip oleh Froehlich (1988). Data ini mengandungi 83 cerapan dengan enam pembolehubah seperti yang ditakrifkan di bawah:

- i.  $D$  ialah kedalaman keruk (m)
- ii.  $b$  ialah lebar pier (m)
- iii.  $y$  ialah kedalaman aliran ( $m^2/s$ )
- iv.  $Q$  ialah kadar aliran maksimum ( $m^3/s$ )
- v.  $g$  ialah pecutan graviti ( $m^2/s$ )

## Model

Model regresi linear mudah yang telah dibentuk menggunakan enam persamaan yang oleh penyelidik-penyelidik berlainan diberikan seperti yang berikut:

Jadual 2. Enam persamaan yang dipertimbangkan.

	Penyelidik	Persamaan	Nilai $R^2$	Jumlah data dlm julat $0.5 < NK < 2.0$	Peratus ketepatan persamaan
1	Laursen-Toch	$\frac{D}{b} = 0.5k \left( \frac{y}{b} \right)^{0.465}$	0.308	29	34.9%
2	Larras	$D = 0.45kb^{0.857}$	0.700	28	33.7%
3	Shen-I	$D = 0.00017(\text{Re})^{0.599}$	0.421	45	54.2%
4	Shen-II	$\frac{D}{b} = 0.721(Fr_p)^{0.158}$	0.045	45	54.2%
5	Hancu	$\frac{D}{b} = 0.721(Fr_p)^{6.484}$	0.045	45	54.2%
6	Qadar	$D = 48.18(C_0)^{0.808}$	0.419	30	36.1%

## 5. Kes III: model pengangkutan endapan di Perak

Endapan adalah sebahagian daripada bahan yang diangkut oleh aliran sungai dalam bentuk beban terampai dan beban endapan dasar. Sabahagian besar masalah kualiti air sungai berpunca daripada endapan yang memasuki sungai-sungai dan cabangnya melalui kawasan-kawasan tadahan. Oleh itu model pengangkutan telah dibentuk oleh beberapa penyelidik untuk meramalkan pengangkutan endapan di sungai.

Empat persamaan terbaik telah dibentuk untuk kajian ini berdasarkan persamaan yang telah dihasilkan oleh kajian-kajian lepas. Bagi setiap persamaan, model regresi linear berganda telah dibentuk berdasarkan kesemua cerapan yang diperolehi. Untuk menentukan model yang terbaik, nisbah kelainan iaitu nisbah antara nilai  $D$  sebenar dengan nilai  $\hat{D}$  yang diperolehi daripada persamaan dikira dan jika nisbah ini berada dalam julat 0.2 hingga 2 maka persamaan itu berupaya meramalkan kadar pengangkutan endapan sungai terbabit.

## Data

Data diperolehi daripada tiga sungai di Perak iaitu Sungai Kinta, Sungai Pari dan Sungai Riai. Sebanyak 108 data telah diperolehi untuk kajian ini. Pembolehubah yang digunakan adalah :

- i.  $\phi$  ialah parameter pengangkutan
- ii.  $\Psi$  ialah parameter aliran
- iii.  $q$  ialah kadar alir seunit lebar
- iv.  $S_s$  ialah ketumpatan endapan/ketumpatan air
- v.  $d_{50}$  ialah purata garispusat endapan yang lulus 50% dari ujian ayakan
- vi.  $g$  ialah daya graviti
- vii.  $U_*$  ialah halaju ricih
- viii.  $W_s$  ialah halaju jatuh zarah endapan

- ix.  $C_v$  ialah kepekatan endapan dalam bahagian per juta mengikut isipadu
- x.  $y_0$  ialah kedalaman aliran
- xi.  $B$  ialah lebar saluran
- xii.  $R$  ialah jejari hidraulik

## 6. Model

Model regresi linear berganda yang telah menghasilkan nilai nisbah kelainan paling baik diberikan seperti jadual yang di bawah:

Jadual 3. Persamaan pengangkutan endapan untuk sungai.

Persamaan	Nisbah Kelainan	$R^2$
$\phi = 0.242\Psi^{-0.988}$	47%	0.581
$\frac{q_j}{\sqrt{g(S_s - 1)d_{50}^3}} = 0.151 \left( \frac{V}{\sqrt{g(S_s - 1)d_{50}}} \right)^{0.275} \left( \frac{U_*}{W_s} \right)^{1.561}$	44%	0.556
$\frac{q_j}{\sqrt{g(S_s - 1)d_{50}}} = 47.75(C_v)^{0.134} (D_{gr})^{-0.425}$	36%	0.740
$\frac{q_j}{\sqrt{g(S_s - 1)d_{50}}} = 0.00014 \left( \frac{B}{y_0} \right)^{0.575} \left( \frac{R}{d_{50}} \right)^{1.613} (C_v)^{0.186} \left( \frac{U_*}{W_s} \right)^{-1.212}$	55%	0.934

## 7. Kesimpulan

Kertas kerja ini telah membincangkan penggunaan model regresi dalam kejuruteraan iaitu dalam masalah pengangkutan dan masalah hidrologi.

Bagi model penggunaan guna tanah di Malaysia, model-model regresi linear mudah yang telah dibentuk boleh membantu jurutera meramalkan jumlah kenderaan yang melalui sesuatu guna tanah supaya kemudahan infrastruktur kawasan guna tanah boleh disediakan dengan teratur.

Model peramalan keruk di sekitar pier boleh meramalkan kedalaman keruk berdasarkan parameter-parameter yang telah ditetapkan. Didapati bahawa model oleh Larras menghasilkan nilai  $R^2 = 0.700$  tetapi mempunyai peratusan ketepatan persamaan hanya 33.7%. Model Shen-I menghasilkan nilai  $R^2 = 0.421$  tetapi dengan peratusan ketepatan persamaan sebanyak 54.2%. Ini menunjukkan bahawa kadar peramalan bagi model Shen-I lebih baik daripada model Larras.

Model pengangkutan endapan boleh meramalkan kadar pengangkutan endapan di beberapa sungai di Perak. Didapati bahawa model regresi yang berikut:

$$\frac{q_j}{\sqrt{g(S_s - 1)d_{50}}} = 0.00014 \left( \frac{B}{y_0} \right)^{0.575} \left( \frac{R}{d_{50}} \right)^{1.613} (C_v)^{0.186} \left( \frac{U_*}{W_s} \right)^{-1.212}$$

menghasilkan nilai  $R^2 = 0.934$  dan mempunyai nisbah kelainan sebanyak 55%.

## **Rujukan**

- [1] Ahmad Shukri Yahaya dan Aminuddin Ab Ghani, 1999. Comparing Bridge Pier Scour Equations Using Statistical Techniques, Proceedings of The World Engineering Congress (Civil Engineering), 63-66.
- [2] Ariffin, J., Ab Ghani, A., Zakaria, N.A., Yahaya, A.S. & Abdul-Talib, S., 2001. Evaluation of Equations on Total Bed Material Load, 9<sup>th</sup> International Symposium On River Sedimentation, Cairo, Egypt.
- [3] Froehlich, D.C., 1988. Analysis of Onsite Measurement of Scour at Piers, Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineering, 534-539.
- [4] Highway Planning Unit, 1997. Technical Report Number 1 – Site Summary, Trip Generation Manual.
- [5] Institute of Transportation Engineering, 1991. Trip Generation, 5<sup>th</sup> Edition, ITE,USA.
- [6] Simons,D.B. & Senturk, F.,1992. Sediment Transport Technology: Water And Sediment Dynamics, Colorado: Water Resources Publication.