

Permodelan Fizikal bagi Kajian Muara Sungai Langat

Suraya Sharil, Othman A. Karim dan Sharifah Mastura Syed Abdullah

Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur
Fakulti Kejuruteraan
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 Bangi, Selangor
email: jannah@vlsi.eng.ukm.my

Received Date: 7th April 2005 Accepted Date: 20th July 2006

ABSTRAK

Kajian ini meneliti perilaku plum sedimen semasa memasuki laut. Ia menggunakan model fizikal dan teknik penderiaan jauh. Namun begitu, kertas ini hanya membincangkan penggunaan model fizikal dalam kajian sedimen terampai di kawasan Muara Sg. Langat. Permodelan muara Sg. Langat adalah diasaskan daripada kriterium Froude. Reka bentuk model adalah jenis dasar tetap dan herot. Pencirian model muara Sg. Langat terdiri daripada panjang ombak (L), tinggi ombak (H), tempoh ombak (T), halaju aliran (V) dan laju perambatan ombak (c). Analisis prototaip dibuat dengan menskala besarkan data pencirian model muara Sg. Langat. Keputusan analisis menunjukkan terdapat kesan skala pada data tinggi ombak (H). Simulasi serakan plum sedimen dalam model fizikal menunjukkan kepentingan peranan ombak terhadap kelakuan serakan tersebut.

Kata kunci : model fizikal, penderiaan jauh, Sg. Langat, sedimen, Froude, skala herot

ABSTRACT

This study examines the sediment plume behaviour as it enters the sea. It uses the physical model and remote sensing techniques. This paper will only discuss the application of physical model in suspended sediment study at Sg. Langat estuary. Sg. Langat estuary model was built according to Froude criterion. It was designed as a fixed bed using distorted scale model. Sg. Langat estuary model was characterized into wavelength (L), wave height (H), wave period (T), current velocity (V) and wave celerity (c). Prototype analysis was made using calculated data from physical model using upscale equation. It shows that, there exists a scale effect on wave height (H) data. Sediment plume dispersion simulation in physical model proved the importance of wave in sediment movement.

Keywords : physical model remote sensing, Sg. Langat, sediment, Froude, distorted scale

PENGENALAN

Permodelan fizikal merupakan salah satu kaedah yang digunakan oleh jurutera atau saintis dalam mengendalikan masalah yang berkaitan dengan hidraulik. Kebanyakan fenomena hidraulik adalah kompleks untuk digambarkan keseluruhannya melalui persamaan matematik. Maka permodelan fizikal adalah alternatif untuk mendapatkan maklumat yang perlu dalam proses menghasilkan satu reka bentuk yang efisien dan terbaik. Asas bagi pemodelan fizikal adalah untuk mendapatkan kesan yang serupa dengan prototaip. Walau bagaimanapun, adalah sukar untuk mendapatkan model yang sama. Oleh itu, penyelidik perlu bijak melihat kepada objektif dan keperluan penyelidikan bagi memastikan pembolehubah utama projek tidak diabaikan. Dalam hal ini, pengalaman serta asas ilmu bidang yang sedang dikaji akan membantu dalam membuat keputusan tersebut.

MODEL MUARA SG. LANGAT

Kawasan kajian yang dimodelkan meliputi kawasan 1500 m lebar dan 3000 m panjang. Manakala saiz lembangan ombak di makmal Kejuruteraan Pantaidan Sumber Air (KPSA), Fakulti Kejuruteraan, UKM adalah 6.1m x 12.2m x 0.9m. Reka bentuk model adalah jenis dasar tetap dan herot di mana skala mengufuk tidak sama dengan skala menegak. Persamaan (1) dan (2) menunjukkan skala mengufuk adalah 1:500 dan skala menegak adalah 1:50. Pemilihan model dasar tetap adalah wajar kerana pengkajian tertumpu kepada kelakuan sedimen terampai. Manakala model herot berdasar kepada had ruang serta pencirian prototaip yang mempunyai lebar yang luas berbanding dengan tahap, kedalamannya yang cetek. Menurut Curran (1985) kandungan lempung dan kelodak dalam air boleh meningkatkan serakan dan pantulan tenaga elektromagnet pada bahagian cahaya nampak. Kehadiran klorofil dalam air akan meningkatkan pantulan pada panjang gelombang hijau, manakala panjang gelombang biru dan merah akan kurang terpantul. Bahan pewarna seperti tannin yang terkandung dalam tinja akan menyebabkan pantulan panjang gelombang warna merah meningkat.

Lembangan ombak turut dilengkapi dengan penjana ombak dan tangki sedimen. Pasir kasar dan batu kerikil yang terletak di kiri dan kanan

model adalah untuk mengurangkan kesan balikan ombak. Rajah 1 adalah rajah skematik model Sg. Langat. Titik persampelan ditandakan pada grid merujuk kepada koordinat x dan y. Titik 22 misalnya merujuk kepada koordinat baris ke-2 dan jalur ke-2. Rajah 2 pula menunjukkan gambar model serta kedudukannya dalam lembangan ombak. Ia terdiri daripada beberapa komponen iaitu; (1) tangki, (2) salur air, (3) model, (4) peredam ombak dan (5) penjana ombak.

$$N_x = \frac{x_m}{x_p} = \frac{1}{500} \quad (1)$$

$$N_y = \frac{y_m}{y_p} = \frac{1}{50} \quad (2)$$

dengan

N_x - skala mengufuk

N_y - skala menegak

m - model

p - prototaip

Penskalaan aliran seperti halaju model adalah berdasarkan kepada kriterium Froude. Terdapat empat pencirian utama yang mesti diambil kira (Novak & Cabelka 1981; Sharp 1981), iaitu:

1. Nombor Froude (Fr) bagi model dan prototaip adalah:

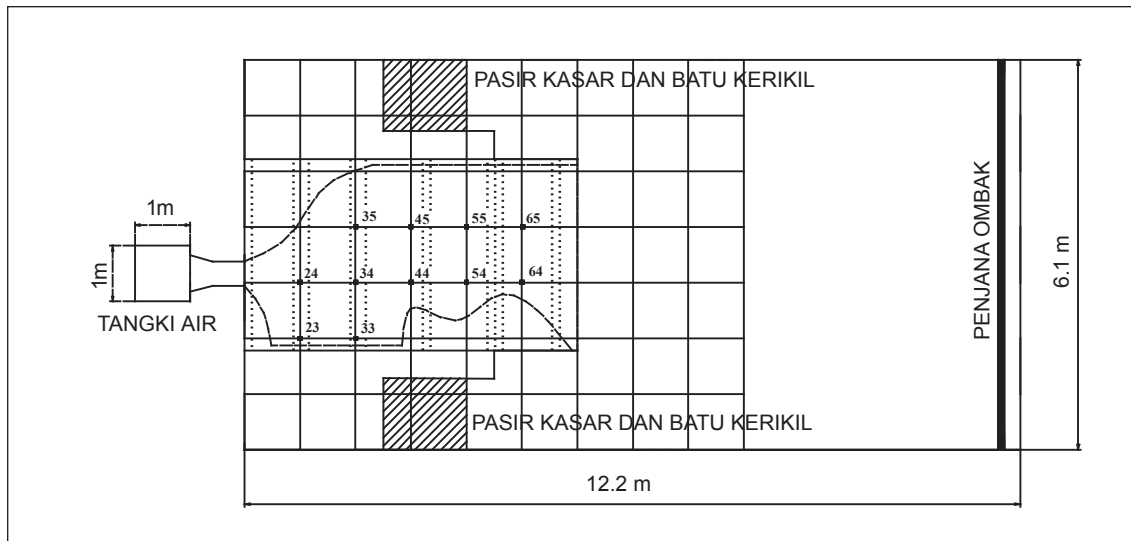
$$N_{FR} = \left[\frac{(Fr)_m}{(Fr)_p} \right] = 1$$

2. Aliran air dalam keadaan gelora. Ini dapat dipastikan sekiranya Nombor Reynold (R_e) adalah lebih besar daripada 800. Aliran gelora mengelakkan berlakunya daya ketegangan permukaan pada model. Daya ketegangan permukaan perlu dielakkan kerana asas anggapan penskalaan adalah daya graviti dan inersia yang merupakan daya-daya utama bagi aliran.

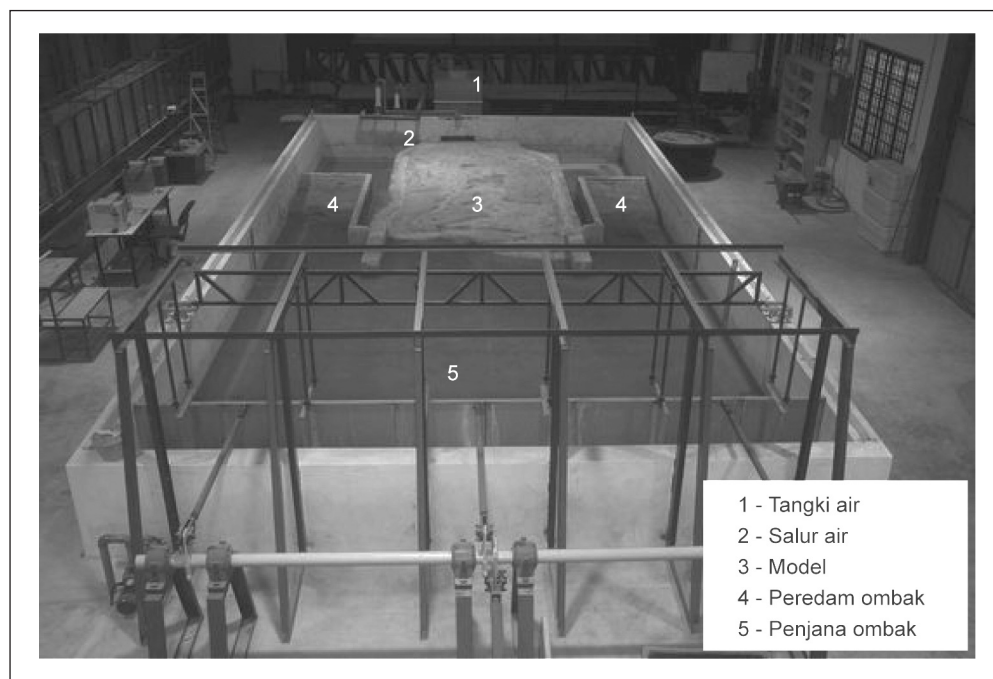
3. Penskalaan kekasaran dasar penting untuk memastikan aliran model mengikut aliran di prototaip.

4. Model dan prototaip dianggap mempunyai lebar yang besar dengan berbanding kedalaman air yang cetek.

Bagi model herot, penskalaan halaju, V , berdasar kepada pencirian kedalaman dan persamaan Froude.



Rajah 1. Rajah skematik model muara Sg. Langat



Rajah 2. Model fizikal muara Sg. Langat dalam lembangan ombak

$$Fr = \frac{V}{(gy)^{1/2}}$$

Apabila $N_{Fr} = 1$, maka

$$\frac{V_m}{V_p} = \left(\frac{y_m}{y_p} \right)^{1/2} \quad (3)$$

dengan

V - halaju aliran
 y - kedalaman

Manakala pengiraan nombor Reynold bagi aliran dalam model adalah,

$$(Re)_m = \frac{V_m y_m}{\nu_m} \quad (4)$$

dan i_m adalah kelikatan kinematik

Penskalaan kekasaran dasar didapati dengan menggunakan persamaan Manning;

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (5)$$

Nisbah model kepada prototaip diperolehi melalui

$$\frac{V_m}{V_p} = \frac{n_p}{n_m} \left(\frac{R_m}{R_p} \right)^{2/3} \left(\frac{S_m}{S_p} \right)^{1/2} \quad (6)$$

Dari persamaan (3) didapati

$$\left(\frac{y_m}{y_p} \right)^{1/2} = \frac{n_p}{n_m} \left(\frac{R_m}{R_p} \right)^{2/3} \left(\frac{y_m/x_m}{y_p/x_p} \right)^{1/2} \quad (7)$$

Skala jejari hidraulik adalah hampir dengan skala kedalaman. Anggapan ini adalah benar bagi model yang mempunyai lebar luas berbanding dengan tahap kedalaman yang cetek. Penskalaan bagi kekasaran adalah

$$\frac{n_m}{n_p} = \left(\frac{y_m}{y_p} \right)^{1/6} e^{1/2} \quad (8)$$

dengan

$e^{1/2}$ - nisbah skala menegak dan skala mengufuk

n - pekali kekasaran Manning

Penskalaan pencirian ombak seperti halaju, tinggi, tempoh dan panjang ombak adalah berdasarkan kepada kriterium Froude dan

Strouhal. Penskalaan pencirian tersebut dihasilkan dengan beberapa pertimbangan berikut:

1. Tiga jenis laju perambatan ombak yang dipertimbangkan adalah air cetek, air dalam dan air pertengahan seperti berikut:

i. $c = \sqrt{gy}$ apabila $y < 0.05L$, laju perambatan ombak air cetek.

ii. $c = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ apabila $y > 0.5L$, laju perambatan ombak air dalam.

iii. $c = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi y}{L}}$ apabila $0.05L < y < 0.5L$, laju perambatan ombak air pertengahan.

dengan

c - laju perambatan ombak (m/s)

y - kedalaman air (m)

L - panjang ombak (m)

g - pecutan graviti (m/s²)

2. Panjang ombak model mesti lebih panjang daripada 0.017m untuk mengelakkan kesan skala daya ketegangan permukaan air, iaitu:

$$L \geq 0.017m \quad (9)$$

3. Panjang ombak dan laju perambatan ombak dihubungkan melalui persamaan:

$$L = cT \quad (10)$$

4. Kesan biasan daripada arus dapat dihasilkan semula dalam model herot sekiranya penskalaan aliran mengikut kriterium Froude.

5. Kesan pembelauan hanya boleh dimodel dengan baik pada model tak herot. Terdapat kesan skala yang dihasilkan oleh pembelauan ombak pada model herot.

6. Penskalaan halaju orbit mengikut kriterium Froude di mana, skala tinggi ombak sama dengan skala kedalaman.

Melalui perincian yang dinyatakan, maka skala laju perambatan ombak (c), panjang ombak (L), tempoh ombak (T) serta tinggi ombak (H) boleh diterbitkan. Persamaan (11) adalah penskalaan bagi laju perambatan ombak, persamaan (12) adalah penskalaan panjang ombak, persamaan (13) penskalaan tempoh ombak dan persamaan (14) adalah penskalaan tinggi ombak.

$$N_c = (N_L)^{1/2} = (N_y)^{1/2} = N_T \quad \text{dan} \quad N_H = N_h$$

$$\frac{c_m}{c_p} = \left(\frac{y_m}{y_p} \right)^{1/2} \quad (11)$$

$$\frac{L_m}{L_p} = \left(\frac{y_m}{y_p} \right)^{1/2} \quad (12)$$

$$\frac{T_m}{T_p} = \left(\frac{y_m}{y_p} \right)^{1/2} \quad (13)$$

$$\frac{H_m}{H_p} = \frac{y_m}{y_p} \quad (14)$$

PENCIRIAN MODEL MUARA SG. LANGAT

Melalui beberapa siri ujikaji yang telah dijalankan, pencirian aliran dan ombak bagi model muara Sg. Langat dapat diringkaskan dalam Jadual 1. Data halaju air (V), laju perambatan ombak (c), tempoh ombak (T) dan tinggi ombak (H) diperoleh melalui ujikaji, manakala panjang ombak (L) diperoleh melalui pengiraan dengan menggunakan persamaan (7). Secara umumnya didapati halaju aliran dan perambatan ombak meningkat apabila kekuatan ombak bertambah. Manakala tempoh ombak, tinggi ombak dan panjang ombak semakin menurun dengan pertambahan kekuatan ombak.

Data ini adalah penting untuk menunjukkan tahap kemampuan model di samping perlu untuk analisis kesan skala. Pada kebiasaannya data lapangan digunakan untuk mengesahkan data makmal. Disebabkan ketiadaan data lapangan, maka data makmal diskala besarkan sebagai data prototaip ramalan. Melalui data prototaip ramalan kesan skala dikenalpasti (Jadual 2).

UJIKAJI SIMULASI SERAKAN PLUM SEDIMEN

Model fizikal muara Sg. Langat dibahagikan kepada grid bersaiz 1 m x 1 m. Grid ini digunakan sebagai koordinat titik persampelan. Rajah 1 menunjukkan nombor titik persampelan iaitu titik 23, 24, 33, 34, 35, 44, 45, 54, 55, 64 dan 65. Pada setiap titik tersebut, satu sampel plum sedimen diambil. Sampel ini digunakan untuk menguji kepekatan sedimen terampai. Jadual 3 menunjukkan kepekatan plum sedimen pada setiap titik sampel mengikut tahap kekuatan penjana ombak. Garisan keratan rentas dibuat

untuk melihat perubahan kepekatan sedimen terampai pada titik persampelan 24, 34, 44 dan 54.

Rajah 3 menunjukkan perubahan kepekatan sedimen daripada titik 24 hingga 54 pada kekuatan penjana ombak 200 ppm, hingga 400 ppm. Pada 200 ppm, kepekatan sedimen paling tinggi pada titik 54. Manakala pada kelajuan 250 ppm kepekatan sedimen terampai tertinggi pada titik 44. Seterusnya pada kelajuan 300 ppm dan 350 ppm kepekatan tertinggi masing-masing berlaku pada titik 24 dan titik 44. Pada kelajuan 400 ppm kepekatan tertinggi adalah pada titik 24 dan 34. Secara keseluruhan, didapati peningkatan kekuatan ombak, menyebabkan kepekatan sedimen terampai tertumpu di kawasan berhampiran alur keluar muara sungai. Ini menunjukkan kepentingan peranan ombak dalam serakan sedimen terampai. Prandle et al. (2000) menggunakan model berangka yang menggabungkan kesan ombak dan pasang surut terhadap profil menegak sedimen terampai pada satu titik. Hasil simulasi model dibandingkan dengan kepekatan yang direkod pada satu titik di kawasan kajian. Pada ombak lebih tinggi daripada biasa, nilai simulasi kepekatan sedimen terampai adalah lebih besar berbanding dengan nilai kepekatan sedimen sebenar. Walaupun kajian ini masih belum berjaya sepenuhnya untuk mesimulasi kepekatan sedimen terampai pada semua keadaan dengan jitu, namun, kajian ini menunjukkan kepentingan peranan iklim ombak terhadap sebarang kepekatan sedimen terampai.

KESIMPULAN

Hasil ujikaji yang telah dijalankan kepada model muara Sg. Langat menunjukkan tahap prestasi model tersebut. Kesan skala utama turut dikenalpasti. Didapati nilai tinggi ombak (H) adalah besar disebabkan oleh model jenis herot. Selain itu, kajian ini turut mendapati kepentingan peranan ombak dalam proses serakan sedimen terampai di kawasan muara sungai. Ia adalah penting untuk dijadikan sebagai asas semasa menganalisis hasil ujikaji seterusnya yang menggunakan model tersebut. Walau bagaimanapun, masih banyak penyelidikan perlu dilakukan bagi menghasilkan model yang lebih baik pada masa akan datang.

Jadual 1. Rumusan pencirian aliran dan ombak model muara Sg. Langat

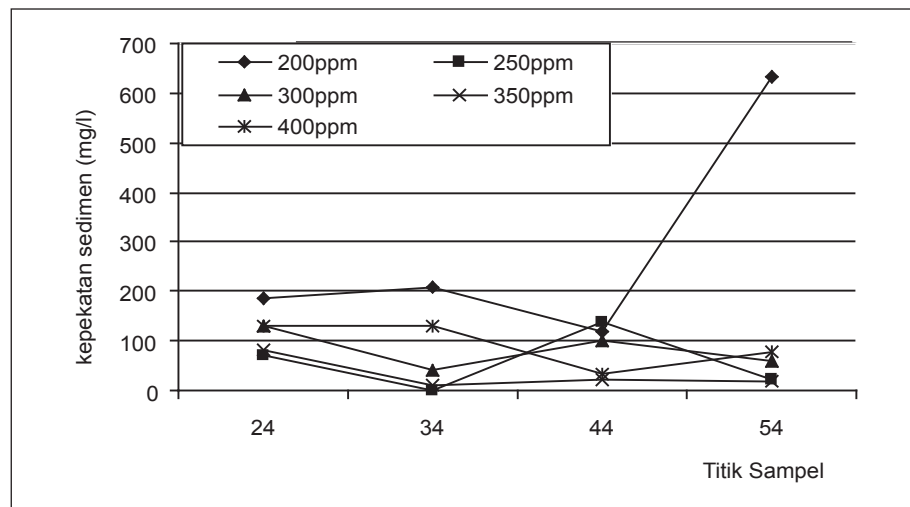
Kekuatan penjana ombak (ppm)	Purata halaju aliran, V (ms ⁻¹)	Halaju ombak, c (ms ⁻¹)	Tempoh ombak, T (s)	Tinggi ombak, H (m)	Panjang ombak, L (H)
200	0.1258	0.152	5.282	16.922	0.803
250	0.1811	0.153	4.168	16.683	0.638
300	0.2045	0.167	3.544	16.150	0.592
350	0.2145	0.187	2.960	15.653	0.553
400	0.2209	0.235	2.525	15.457	0.442

Jadual 2. Nilai ramalan pencirian prototaip

Bil	Purata halaju aliran, (ms ⁻¹)	Halaju ombak, (ms ⁻¹)	Tempoh ombak, T (s)	Tinggi ombak, H (m)	Panjang ombak, L (m)
1.	0.8895	1.07	37.3	8.46	5.69
2.	1.2810	1.08	29.5	8.34	4.52
3.	1.4460	1.18	25.1	8.08	4.19
4.	1.5167	1.32	20.9	7.83	3.91
5.	1.5620	1.66	17.9	7.73	3.13

Jadual 3. Kepekatan sedimen terampai pada setiap lima set ujikaji

Titik persampelan	Kepekatan TSS (mg/l)				
	200	250	300	350	400
23	726.67	-	100.00	23.33	53.30
24	186.67	70.00	130.00	83.33	130.00
33	606.67	-	563.33	26.67	53.40
34	206.67	83.33	40.00	10.00	130.00
35	546.67	-	93.33	26.67	120.00
44	120.00	136.67	100.00	23.33	33.30
45	6.67	113.33	640.00	53.33	130.00
54	633.33	23.33	60.00	20.00	80.00
55	513.33	60.00	43.33	120.00	16.70
64	320.00	33.33	-	20.00	-
65	620.00	16.67	76.67	13.33	16.70



Rajah 3. Kepekatan sedimen terampai melawan titik sampel

RUJUKAN

Curran, P.J. (1985). Principles of Remote Sensing. Longman Group (FE) Ltd, Hong Kong.

Novak, P. & Cabelka, J. 1981. *Models in hydraulic engineering. physical principles and design applications*. Boston: Pitman Advanced Publishing Program.

Prandle, D., Hargreaves, J. C., McManus, J. P. Campbell, A. R. Duwe, K. Lane, A. Mahnke, P. Shimwell, S. & Wolf. J. 2000. Tide, wave and suspended sediment modelling on an open coast-Holderness. *Coastal Engineering* 41: 237-267.

Sharp, J. J. 1981. *Hydraulic modelling*. London: Butterworth & Co. Ltd.

Zaitul Zahira Ghazali, Pereira J. J. & Juhari Mat Akhir. 2002. Perubahan zon pinggir pantai dan implikasinya di Kuala Langat Malaysia. *Simposium Penyelidikan Lembangan Langat 2001*, h1m. 217 - 233.