



**PEMODELAN HIDROLOGI - HIDRAULIK ALIRAN AIR SONGSANG DAN  
ANALISIS SAIZ PARTIKEL SEDIMEN SUNGAI CHINI, PAHANG**  
(Modeling the Hydrologic-Hydraulic of Backwater Flow and Sediment Particle Saiz Analysis  
in Sungai Chini, Pahang)

Mohd Ekhwan Toriman, Mohd Khairul Amri Kamarudin, Nor Azlina Abd Aziz, Muhamad Barzani Gasim, Mushrifah Hj Idris & Nor Rohaizah Jamil

**ABSTRAK**

Aliran air songsang merupakan aliran abnormal waktu banjir akibat kemasukan air sungai utama ke anak sungai. Kemasukan air Sungai Pahang beserta sedimen terampai yang banyak telah menyumbang terhadap pemendapan sedimen yang aktif dan bersaiz halus di Sungai Chini. Artikel ini membincangkan hasil kajian mengenai penentuan saiz bahan sedimen yang telah dijalankan di Sungai Chini pada dua musim yang berbeza iaitu musim normal (16/8/08) dan musim hujan (4/12/08). Sebanyak tiga stesen persampelan telah dipilih. Parameter yang telah diguna bagi tujuan kajian adalah berdasarkan kepada jenis taburan saiz partikel sedimen (g). Pengelasan mengikut saiz bahan telah dikira dan ditentukan melalui nilai skala Phi ( $\phi$ ) bagi mengira pelbagai nilai statistik seperti median, min (M), sisihan piawai (D) dan pencongan (S). Nilai luahan sungai ( $m^3/s$ ) dan beberapa data hidraulik lain juga dikira bagi pemodelan simulasi dengan menggunakan perisian XP-SWMM. Simulasi dijalankan bertujuan melihat aliran sebenar yang berlaku ketika kajian dijalankan serta mengenalpasti masalah semasa yang timbul. Keputusan kajian yang diperolehi dengan saiz partikel yang ditunjukkan oleh nilai statistik Min (M) adalah jenis butiran yang kasar, iaitu di antara phi  $\phi$  0.00 ke phi  $\phi$  1.00. Sisihan Piawai (D) menunjukkan tahap keseragaman endapan yang buruk dan sangat buruk, iaitu di antara phi  $\phi$  1.00 ke phi  $\phi$  4.00 dan Pencongan (S) adalah bersaiz butiran yang sederhana hingga ke sangat halus (phi  $\phi$  +0.10 ke phi  $\phi$  +1.00).

**Katakunci:** Pemendapan sedimen, saiz partikel sedimen, aliran songsang, Simulasi, Skala Phi

**ABSTRACT**

Backwater flow refers to the occurrence of abnormal flood waters causing by inflow water from major to tributary streams. At Sungai Chini, inflow from Sungai Pahang brings high suspended sediments which contributed to active sediment fine deposition. This article discusses the results on sediment size determination that was carried out in Sungai Chini in two different seasons, namely normal season (16/8/08) and rainy season (4/12/08). Three sampling stations were selected. Parameters used in this study are based on grain size distribution (g). Different size of material classifications were determined and calculated using Phi scale ( $\phi$ ) in order to calculate their median, mean (M), standard deviation (D) and skewness (S). River flow estimation ( $m^3/s$ ) and some other hydraulic data were also calculated for modeling and simulation using XP-SWMM software. Simulations carried out aimed to evaluate the actual flow that occurred during the study period as well as to identify current problems that arise. The results indicate that the grain sizes as showing in mean's statistic is rough grain with phi  $\phi$  0.00 to phi  $\phi$  1.00. Meanwhile, the standard deviation (D) indicates of poor and very poor deposition, between phi  $\phi$  1.00 to phi  $\phi$  4.00, and skewness (S) shows grains size between moderate to very fine, which is between phi  $\phi$  +0.10 to phi  $\phi$  +1.00.

**Keywords:** Sediment deposition, particle size, back-flow, Simulation, Phi Scale

## PENGENALAN

Sungai merupakan salah satu bentuk fizikal bumi yang dinamik dan sering mendapat perhatian pengkaji. Pengaruh dan fungsinya amat penting kepada persekitaran fizikal dan manusia. Dalam konteks ini, sungai bukan sahaja sebagai pusat perkembangan tamadun manusia, malahan juga berfungsi sebagai medium pengangkutan dan pemendapan bahan mendak. Pemendapan sungai paling banyak berlaku di hilir sungai kerana aliran sungai adalah paling perlahan di bahagian ini. Selain itu, proses pemendapan sedimen di muara sungai dipengaruhi oleh pelbagai faktor seperti proses pengangkutan, luahan sungai, halaju air, jenis aliran sungai dan bentuk geometri sungai. Sedimen atau enapan merupakan bahan yang terhakis dan diangkut menerusi regim air untuk sampai ke tempat pemendapan. Sedimen terampai biasanya mempunyai bahan koloid yang bersaiz mikro, memerlukan hanya halaju sungai yang rendah untuk mengangkut dari satu titik ke satu titik. Manakala beban dasar sedimen merupakan beban yang bergaris pusat antara 0.2 mm hingga ke 2 mm, bergantung kepada struktur asas batuan dan tanah di sekitar kawasan tersebut (Noorazuan et al. 2001). Struktur sedimen pula merupakan struktur yang terbentuk semasa pengenapan atau sejurus selepas bahan sedimen itu dienapkan serta sebelum sedimen termampat.

Pepejal terlarut adalah larut di dalam air. Ia terbentuk daripada pelbagai jenis garam yang dipanggil jumlah pepejal terlarut. Oleh kerana ia terikat secara kimia dengan air, pepejal terlarut bergerak bersama-sama air (Thornes 1979). Jumlah pepejal terlarut terdiri daripada mineral, bahan inorganik, dan nutrien yang terlarut di dalam air. Ia terutamanya terdiri daripada bahan inorganik seperti ion bikarbonat, kalsium, magnesium, kalium, natrium, dan lain-lain. Komponen-komponen yang minor pula adalah seperti ion ferum, kuprum, zink, dan mangan. Sumber semula jadi pepejal terlarut adalah batu-batan dan tanah. Apabila terdedah kepada air, mineral dalam batuan atau tanah akan melarut sehingga takat tertentu, maka nilai jumlah pepejal terlarut adalah tinggi kerana kehadiran mineral yang mudah larut dalam air. Di kawasan di mana dasarnya terdiri daripada batuan sangat granit, biasanya nilai jumlah pepejal terlarut adalah rendah (Creek Connections 1999).

Tanah dari segi pedologi adalah hasil daripada beberapa faktor dan proses pembentukan tanah yang selalunya saling bertindak di mana-mana sahaja di muka bumi. Mengikut pendapat ahli sains tanah, terdapat lima faktor pembentukan tanah iaitu batuan induk, iklim, tumbuhan dan kehidupan am, topografi dan masa (Othman & Shamsuddin 1982). Secara umumnya, tanah terdiri daripada bahan-bahan seperti kerikil, pasir, kelodak, lempung atau campuran bahan tersebut (Bujang et al. 1991). Zarah tanah dapat dikelaskan kepada tiga bahagian iaitu pasir, kelodak dan lempung. Tanah pasir terhasil daripada proses luluhawa fizikal dan kimia yang mempunyai saiz yang pelbagai iaitu daripada 63  $\mu\text{m}$  hingga 2.00 mm. Bentuk butiran pasir kadang kala membulat atau bersegi serta tidak bersifat plastik dan melekit apabila basah (Bujang et al. 1991).

Dalam bidang geologi, pengetahuan tentang taburan saiz butiran adalah penting dalam mengetahui keliangan dan ketelapan sesuatu batuan itu, sama ada baik atau tidak sebagai penakung air, minyak atau gas. Selain aspek penerangan ini ada juga aspek tafsirannya. Ini digunakan dalam analisis saiz butiran untuk mentafsir sekitaran pengendapan sedimen kuno. Falsafah pendekatan ini ialah sekitaran moden membentuk parameter populasi sesuatu butiran. Contohnya, perbezaan antara endapan glasier dengan pasir gurun moden. Jika perbezaan ini dapat dikesan secara kuantitatif ada kemungkinan analisis saiz butiran bagi sampel sedimen kuno dapat dibandingkan dengannya. Setelah mendapat persamaan yang paling hampir maka boleh mengetahui sekitaran pengendapannya (Felix 2000).

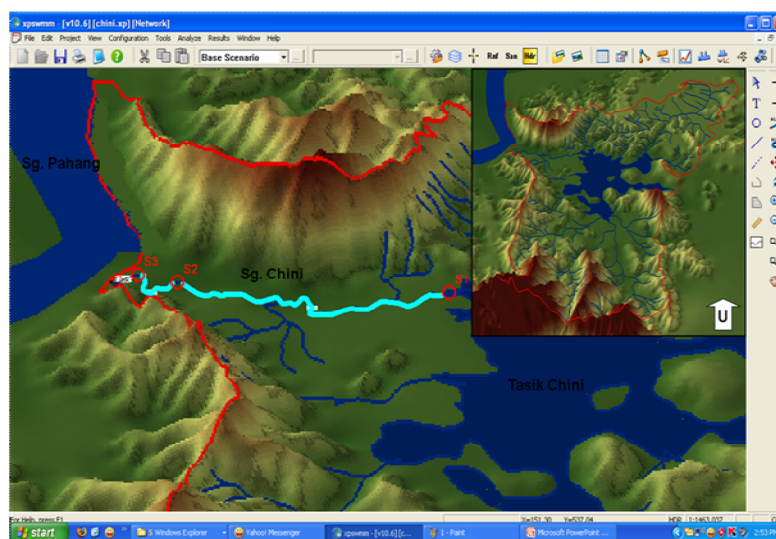
Pengukuran nilai min boleh menerangkan purata bahan sampel yang dikaji. Nilai saiz bahan yang tinggi atau rendah adalah bergantung kepada kekasaran dan kehalusan komposisi

bahan sampel yang dominan. Saiz min sesuatu butiran menjadi suatu petunjuk bandingan akan daya berat yang perlu diimbangi oleh daya aliran yang perlu dikenakan sebelum pengangkutan oleh air dan angin boleh berlaku. Dengan menganggap bahawa terdapat suatu julat saiz butiran yang sama, maka saiz min suatu endapan menggambarkan tenaga aliran. Butiran yang kasar menggambarkan tenaga aliran yang tinggi sementara yang halus menggambarkan tenaga aliran yang rendah (Leeder 1982). Sisihan piawai sesuatu endapan adalah ukuran tahap keseragaman endapan, tindakan arus semasa pengangkutan dan pegenapan butiran. Dengan itu, nilai sisihan piawai boleh dijadikan penentuan pemilihan saiz bahan. Jika nilai sisihan piawai rendah, maka pemilihannya adalah baik dan sebaliknya (Felix 2000).

Nilai pencongan pula menggambarkan berbagai saiz sedimen di dalam sampel. Kiraan pencongan yang halus akan menunjukkan kadar bahan kasar yang tinggi di dalam sampel. Dengan itu, pencongan bagi suatu sampel agak sensitif terhadap sekitaran pegenapan. Sebahagian pasir sungai menunjukkan pencongan positif kerana banyaknya butiran halus yang diendapkan selepas sungai surut akibat banjir. Pasir pantai pula menunjukkan pencongan negatif kerana butiran halus diasingkan (Felix 2000). Justeru itu, kajian yang dijalankan di Sungai Chini, Pahang bertujuan untuk melihat secara spesifik tentang taburan saiz butiran sedimen yang dihasilkan pada dua musim yang berbeza dan pemodelan simulasi menggunakan perisian XP-SWMM dibuat bagi menerangkan jenis taburan saiz butiran dan meringkaskan kejadian sebenar yang berlaku ketika kajian dijalankan bagi kedua-dua musim.

## BAHAN DAN KAEDAH

Sungai Chini terletak di garis lintang  $3^{\circ}26'36.41''\text{U}$ - $3^{\circ}27'03.26''\text{U}$  dan  $102^{\circ}54'31.94''\text{T}$ - $102^{\circ}53'35.49''\text{T}$  Sungai Chini yang panjangnya 4.8 km merupakan satu-satunya sungai yang menghubungkan Sungai Pahang dan Tasik Chini (Rajah 1 & Jadual 1). Air dari Tasik Chini hanya mengalir keluar ke Sungai Pahang melalui Sungai Chini (Mohd Ekhwan et al. 2009). Oleh itu, Tasik Chini juga boleh dikunjungi melalui pengangkutan air melalui sungai dari Kampung Belimbing yang terletak di utara Sungai Pahang (Sulong & Mohd Ekhwan 2006).



Rajah 1: Peta 3D pemodelan XP-SWMM bagi lokasi persampelan di sungai Chini

Jadual 1: Lokasi kerja ukur hidraulik yang dijalankan di Sungai Chini

Stesen (Sg. Chini)	Garis Lintang	Garis Bujur
Hulu Sg.(S1)	3°26'36.413" U	102°54'31.946" T
Tengah Sg.(S2)	3°26'36.400" U	102°54'31.900" T
Hilir Sg.(S3)	3°27'03.268" U	102°53'35.497" T

Pada tahun 1995, satu empangan kecil (baraj) telah dibina di kuala Sungai Chini untuk menakung air tasik bagi tujuan pelancongan. Empangan tersebut telah menyebabkan pengaliran air tasik menjadi kurang dinamik. (Mohd Khairul Amri et al. 2009). Impak dari pembinaan baraj di Sungai Chini serta peningkatan aktiviti manusia seperti pertanian, perlombongan dan pembalakan, ekosistem semulajadi Tasik Chini mula menunjukkan tanda kemerosotan seperti sebaran tumbuhan akuatik ekor kucing (*Cabomba furcata*), kemerosotan kualiti air, pengurangan tumbuhan teratai, pengurangan jumlah ikan serta peningkatan bakteria koliform dan *E. Coli* (Shuhaimi et al. 2005; Mushrifah & Ahmad Abas 2005).

Aktiviti pembangunan tanah untuk eko-pelancongan, perladangan dan pembalakan yang berterusan serta tidak mesra alam juga telah memberi kesan negatif serta menyebabkan berlakunya hakisan tanah yang menyumbang kepada kemasukan sedimen yang berlebihan ke dalam tasik. Begitu juga bagi hutan hujan tropika yang mengelilingi lembangan Tasik Chini sudah menjadi hutan sekunder kerana telah dibalok. Ini mengakibatkan degradasi tanah, gangguan kepada ciri fizikal-kimia tanah dan juga hakisan tanah. Selain itu, penyusutan isipadu air tasik yang serius ketika musim kemarau turut menyumbang kepada proses endapan sedimen.

Bagi kaedah kajian secara insitu, persampelan kajian telah mengambil kira beberapa parameter seperti kelajuan aliran sungai, kelebaran sungai dan kedalaman sungai yang digunakan bagi mengukur nilai luahan. Beberapa alatan telah diguna pakai seperti pencekup sedimen dan beg plastik bagi tujuan pengambilan sampel sedimen dasar. Tiga replikasi sampel telah di ambil bagi tiap-tiap stesen dan hasil kajian ditunjuk mengikut purata replikasi tersebut. Meter arus, tolok penyukat kedalaman, pita pengukur dan pancang digunakan bagi pengukuran keratan rentas sungai dan had laju air di setiap stesen (teknik pengambilan data mengikut prosidur sebagai mana yang telah dijelaskan oleh Wan Ruslan (1994). Kesemua sampel yang diambil kemudiannya dianalisis di makmal. Bagi nilai luahan (Q), data keratan rentas dan had laju air di setiap stesen pada kedua-dua musim serta data-data yang berkaitan juga telah diambil bagi tujuan penghasilan model simulasi di dalam kajian ini.

Proses pengayakan sedimen akan dijalankan di dalam makmal dengan menyerakkan sedimen di atas plastik bersih dan dibiarkan kering pada suhu bilik. Semasa proses pengeringan yang dijalankan, gumpalan sampel sedimen dipecahkan kepada bahagian-bahagian yang lebih kecil untuk mempercepatkan proses pengeringan. Sampel sedimen dibiarkan kering kemudian dihancurkan dengan menggunakan penumbuk lesung. Sampel tanah tersebut ditimbang sebanyak 100 (g) dan diayak selama 15 minit dengan menggunakan penggongcang mekanikal. Saiz dulang pengayak yang digunakan di dalam kajian ini adalah 2.0 mm, 0.71 mm, 0.180 mm, 0.045 mm dan pan.

Setelah semua sampel tanah dikelaskan serta diasingkan mengikut saiz, sampel tanah tersebut akan dipindahkan ke dalam piring petri dan ditimbang dengan menggunakan neraca elektronik dua titik perpuluhan (teknik penganalisan ini mengikut prosidur sebagai mana yang telah dijelaskan oleh Gerald & Kenneth (1982). Berat setiap saiz sampel tanah akan

memberikan peratusan saiz tanih. Skala yang akan digunakan di dalam kajian ini adalah mengikut skala Udden-Wentwor.

Menurut kaedah Udden-Wentworth (Udden 1914; Wentworth 1922), untuk memudahkan penganalisan, pembinaan satu graf arimetik ordinat dengan menggunakan nilai berat yang didapati haruslah dibuat. Skala paksi-x adalah dalam nilai micrometer ( $\mu\text{m}$ ). Paksi-y adalah nilai skala peratus kumulatif (0 hingga 100%) menggunakan satu skala linear (Rajah 2). Lengkung kumulatif digunakan untuk menentukan nilai micrometer ( $\mu\text{m}$ ). Saiz phi kemudian ditentukan dengan melihat jadual Grades Size of Sedimentary Particles (Simon & Kenneth 2001) untuk mengetahui setiap nilai phi: (phi pada 5%, phi pada 16% dan sebagainya. di mana % merujuk untuk peratus kumulatif). Kertas graf yang menggunakan skala log (logarithmic scale) telah digunakan bagi tujuan kajian ini.

Beberapa nilai Phi ( $\phi$ ) ditentukan untuk mengira pelbagai nilai statistik bagi beberapa parameter seperti Median, Min (M), Sishan Piawai (D) dan Pencongan (S). Nilai statistik seterusnya diperolehi dengan menggunakan persamaan tertentu seperti yang ditunjukkan di jadual 2 di bawah. Bagi menentukan jenis saiz taburan min melalui nilai Phi ( $\phi$ ) yang diperolehi pula, jadual 3 digunakan sebagai rujukan. Jadual 4 untuk menentukan tahap keseragaman endapa bagi nilai Phi ( $\phi$ ) Sishan Piawai dan jadual 5 pula digunakan untuk menentukan saiz sedimen nilai Phi ( $\phi$ ) bagi pencongan.

$\phi 5, \phi 16, \phi 25, \phi 50, \phi 75, \phi 84 \text{ \& } \phi 95$

Jadual 2 : Nilai phi yang didapati melalui pengiraan daripada analisis pengayakan

Peratus	$\phi 5$	$\phi 16$	$\phi 25$	$\phi 50$	$\phi 75$	$\phi 84$	$\phi 95$
Nilai Phi	-1.65	-1.23	-1.05	-0.95	1.45	2.3	3.7

\* Contoh bagi satu stesan

i. Median =  $\phi 50$  [1]

ii. Min (M) =  $\frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$  [2]

Jadual 3 : Penerangan jenis butiran bagi nilai min

Jenis Butiran (min)	Nilai Phi
batu besar	-12 ke -8 phi
batu	-8 ke -6 phi
batu kecil	-6 ke -2 phi
pasir	-2 ke -1 phi
butiran sangat kasar	-1 ke 0.0 phi
butiran kasar	0.0 ke 1.0 phi
butiran sederhana	1.0 ke 2.0 phi
butiran halus	2.0 ke 3.0 phi
butiran sangat halus	3.0 ke 4.0 phi
kelodak kasar	4.0 ke 5.0 phi
kelodak sederhana	5.0 ke 6.0 phi
kelodak halus	6.0 ke 7.0 phi

iii. 
$$\text{Sishan Piawai (D)} = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6.6} \quad [3]$$

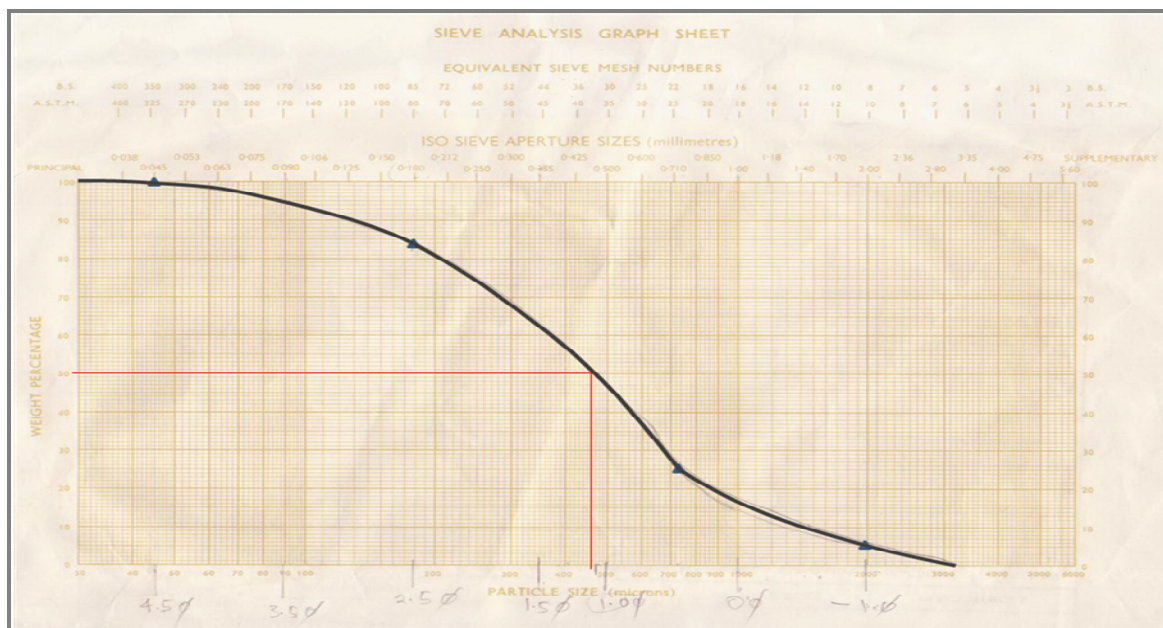
Jadual 4: Penerangan tahap keseragaman endapan bagi sisihan piawai

Tahap Keseragaman	Nilai Phi
sangat baik	< 0.35 phi
baik	0.35 ke 0.50 phi
sederhana baik	0.50 ke 0.71 phi
sederhana	0.71 ke 1.0 phi
buruk	1.0 ke 2.0 phi
sangat buruk	2.0 ke 4.0 phi
buruk ekstrem	> 4.0 phi

iv. 
$$\text{Pencongan (S)} = \frac{\phi 84 + \phi 16 - 2(\phi 50)}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 95 + \phi 5 - 2(\phi 50)}{2(\phi 95 - \phi 5)} \quad [4]$$

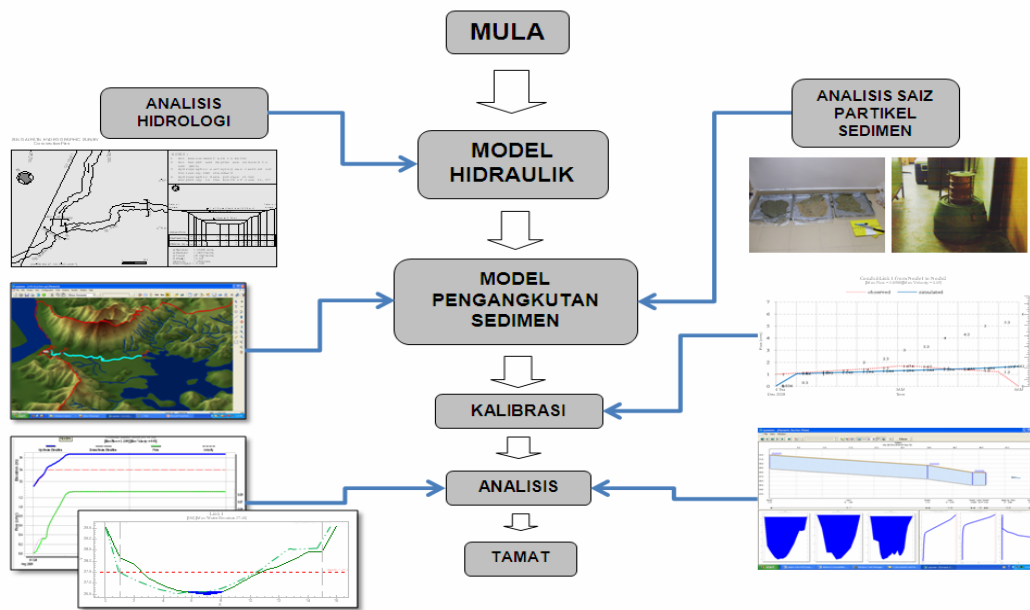
Jadual 5 : Penerangan saiz sedimen bagi nilai pencongan

Saiz Sedimen	Nilai phi
sangat halus	+1.00 ke +0.30
halus	+0.30 ke +0.10
sederhana	+0.10 ke -0.10
kasar	-0.10 ke -0.30
sangat kasar	-0.30 ke -1.00



Rajah 2 : Graf saiz butiran tanah menggunakan skala log yang diperolehi melalui pengiraan analisis pengayakan

Data yang diperolehi secara in-situ di lapangan juga akan dianalisis dan digunakan bagi menjalankan model XP-SWMM. Model ini kemudiannya akan menerangkan corak aliran dan masalah sedimentasi yang terdapat di dalam sistem aliran Sungai Chini. Dalam kajian ini juga, dua mod permodelan akan digunakan iaitu hidrologi dan hidraulik. Input utama model pula ialah data luahan, perubahan fizikal keratan rentas sungai dan aras limpahan air. Proses pemodelan pemendapan sedimen ini umumnya merangkumi tiga fasa utama iaitu analisis hidrologi, hidraulik dan pemendapan sedimen. Analisis hidrologi dan hidraulik perlu dikalibrasi terlebih dahulu sebelum proses menganalisis pemendapan sedimen dilakukan. Prosedur dalam menghasilkan model pemendapan sedimen menggunakan perisian XP-SWMM ini telah diringkaskan seperti berikut (Rajah 3).



Rajah 3: Carta alir bagi simulasi pemodelan XP-SWMM

## HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Bagi tujuan kajian ini, pengukuran saiz butiran sedimen menggunakan ukuran nilai phi ( $\phi$ ) yang diperkenalkan oleh Wentworth telah digunapakai. Parameter yang ditentukan adalah median, min, sisihan piawai dan pencongan. Nilai median adalah nilai pertengahan dalam satu set data yang disusun dalam susunan berpangkat. Nilai median di S3 pada musim normal menunjukkan nilai yang tertinggi, iaitu phi 0.37. Manakala, S1 pada musim normal menunjukkan median yang terendah, iaitu phi -0.95. Pada Jadual 6, nilai min yang dianalisis pada setiap stesen di sekitar Sungai Chini pada musim normal dan hujan adalah terdiri daripada jenis butiran yang kasar. Walau bagaimanapun, nilai min di musim hujan sudah menghampiri phi 1 iaitu di S3 (nilai min 0.74 $\phi$ ) yang menunjukkan jenis butiran sederhana dan menuju kepada butiran halus dan kelodak (Rujuk Jadual 3). Hal ini menunjukkan pemendapan sedimen terampai di Sungai Chini adalah berlaku lebih banyak dan aktif ketika musim hujan. Umumnya, hujan akan menyebabkan berlakunya proses hakisan. Kesan dari tenaga kinetik yang terhasil daripada hentaman titik-titik hujan serta kuasa mekanikal air larian permukaan akan menyebabkan berlakunya hakisan dipermukaan tanah dan akhirnya dibawa oleh air larian permukaan terus ke sungai sebagai sedimen (Sharifah Mastura et al. 2003 dan Mohd Khairul Amri et al. 2009).

Jadual 6: Taburan saiz butiran sedimen

Musim	Musim Normal (16/8/08)			Musim Hujan(4/12/08)		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
<b>Stesen/ Parameter</b>						
<b>Median</b> ( $\phi 50$ )	- 0.95	- 0.49	0.37	0.17	-0.5	0.35
<b>Min</b>	0.04	0.23	0.32	0.5	0.11	0.74
(Jenis butiran)	(butiran kasar)	(butiran kasar)	(butiran kasar)	(butiran kasar)	(butiran kasar)	(butiran kasar)
<b>Sisihan Piawai</b>						
(Tahap keseragaman)	1.69 (buruk)	2.18 (buruk)	2.18 (sangat buruk)	1.85 (buruk)	1.93 (buruk)	1.97 (buruk)
<b>Pencongan</b>						
(Saiz sedimen)	0.082 (sederhana)	0.41 (sangat halus)	0.03 (sederhana)	0.3 (sangat halus)	0.46 (sangat halus)	0.44 (sangat halus)

Di Jadual 6, Sisihan piawai sesuatu endapan adalah ukuran tahap keseragaman endapan atau pemilihan saiz sedimen oleh tindakan arus semasa pengangkutan dan pengendapan butiran. Hakisan yang bersifat memilih mungkin menghasilkan butiran halus yang seragam (Fexil 2000). Dengan itu, hasil sisihan piawai yang dianalisis pada kesemua stesen menunjukkan tahap keseragaman endapan yang buruk dan sangat buruk, iaitu di antara phi 1.0 ke 4.0 phi. Daripada jadual yang ditunjukkan, tahap keseragaman saiz sedimen yang terdapat di Sungai Chini adalah stabil. Ini menunjukkan hakisan semulajadi yang berlaku di sepanjang sungai ini adalah bersifat memilih, struktur dasar dan tebing yang terdiri daripada pelbagai jenis lapisan tanah dan juga impak daripada aktiviti pergerakan bot bagi tujuan pelancongan.

Bentuk saiz sedimen yang ditunjukkan melalui analisis pencongan pula adalah bersaiz butiran yang sederhana hingga ke sangat halus iaitu +1.00 ke +0.10. Saiz sedimen melalui nilai pencongan menunjukkan kebanyakan adalah sangat halus, iaitu di antara phi +1.00 ke phi +0.30. Manakala saiz butiran yang paling tinggi ialah di S3 pada musim normal, yang merupakan nilai pencongan yang tertinggi iaitu 0.03 Phi (saiz sedimen yang sederhana). Pencongan bagi suatu sampel agak sensitif terhadap sekitaran pengendapan. Sebahagian pasir sungai menunjukkan pencongan positif kerana kebanyakan butiran halus yang diendapkan selepas sungai surut akibat banjir atau hujan, manakala pasir pantai menunjukkan pencongan negatif kerana butiran halus akan mudah diasingkan (Felix 2000).

Hasil kajian turut menunjukkan terdapat pencongan positif di sepanjang Sungai Chini bagi kedua-dua musim yang dikaji, dimana aliran sungai adalah agak perlahan dan ini menggalakan lagi proses pemendapan sedimen terampai yang berlaku. Walau bagaimanapun, pada musim normal, S1 dan S3 menunjukkan saiz sedimen yang sederhana, iaitu 0.082 dan 0.03 yang sudah hampir menjadi negatif dan memudahkan sedimen terampai diasingkan serta dialir terus ke hilir sungai. S1 yang merupakan hulu kepada Sungai Chini dan kawasan baraj (empangan kecil) di S3 merupakan faktor utama kepada nilai pencongan yang sedemikian pada musim normal. Bagi musim hujan, baraj di S3 sudah tidak berfungsi kerana ditenggelami air dan berlakunya aliran songsang sehingga ke S1.

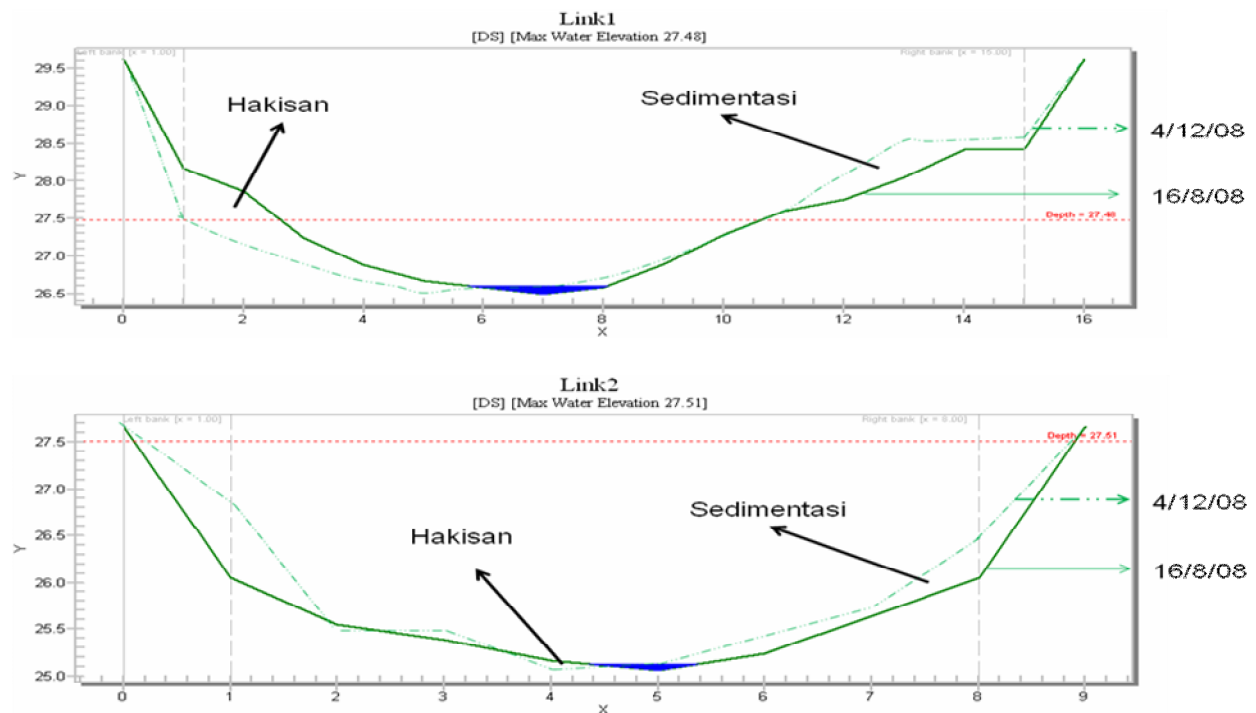
Menurut Mustaffa (2005), nilai muatan sedimen terampai harian yang tinggi adalah disebabkan oleh nilai luahan yang tinggi. Peningkatan aras air berlaku sewaktu musim hujan menjadikan tanah tebing semakin lembut dan mudah terhakis, seterusnya menyumbang terhadap penghasilan sedimen terampai dan akhirnya kepada pemendapan sedimen dasar di

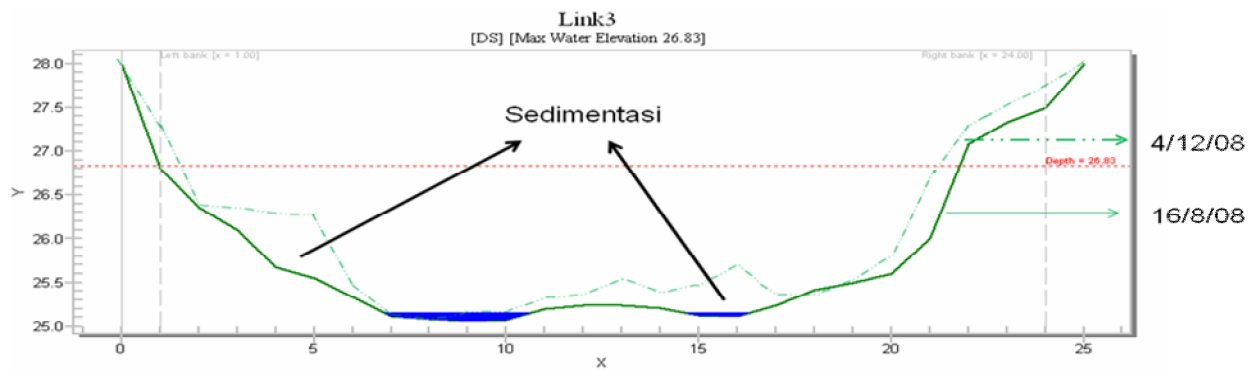


sungai tersebut. Alur sesebuah sungai juga boleh dianggap sebagai lekukan yang paling berkesan untuk mengangkut air dan mendakan yang dibekalkan oleh lembangan saluran atau legeh. Melalui aktiviti hakisan, pengangkutan dan pemendapan oleh air yang mengalir, ianya mampu mempengaruhi dan mengubah bentuk saluran sesebuah sistem sungai (Strahler 1978).

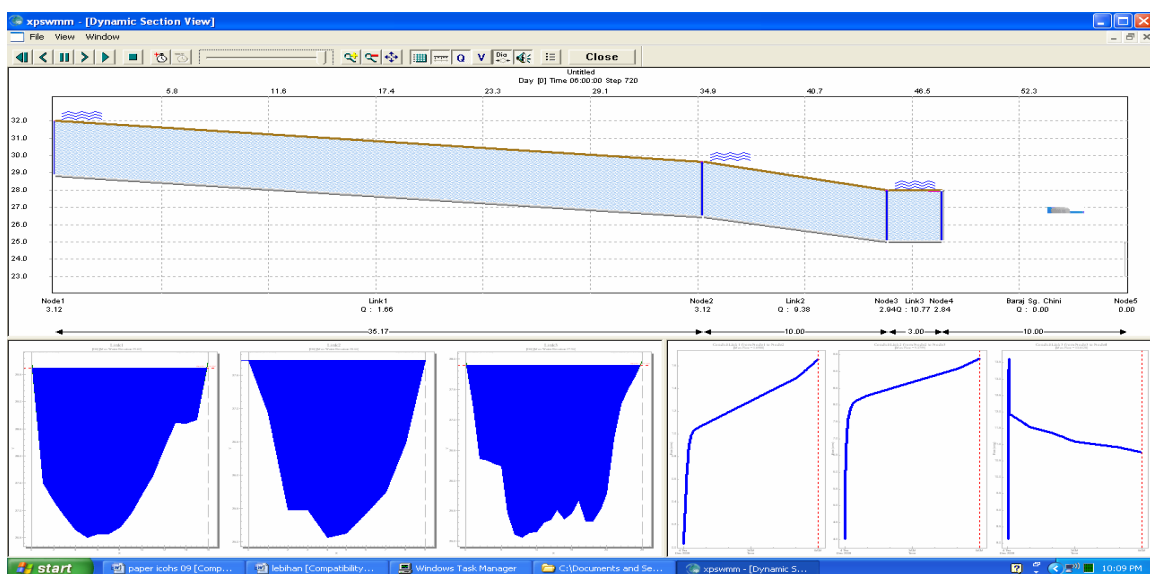
Satu simulasi pemodelan hidraulik menggunakan perisian XP-SWMM telah dijalankan bagi melihat dan membuktikan hasil kajian dengan situasi sebenar yang berlaku di lapangan ketika kajian dijalankan. Bagi kejadian hakisan dan pemendapan sedimen dasar, Rajah 4 menunjukkan perubahan keratan rentas yang telah dimodelkan bagi kedua-dua musim. Bagi S3 dengan nilai min 0.74 $\phi$  yang merupakan nilai tertinggi bagi min bermaksud jenis butiran yang paling halus diantara kesemua stesen dan musim. Hal ini menunjukkan berlakunya pemendapan sedimen yang terbanyak dan ini dapat dibuktikan lagi dengan simulasi pemodelan yang telah dibuat.

Pada teorinya, nilai min sesuatu saiz partikel menjadi suatu petunjuk bandingan akan daya berat yang perlu diimbangi oleh daya aliran yang perlu dikenakan sebelum pengangkutan oleh air boleh berlaku. Dengan menganggap bahawa terdapat suatu julat saiz partikel yang sama, maka saiz min suatu endapan menggambarkan tenaga aliran. Butiran yang kasar menggambarkan tenaga aliran yang tinggi sementara yang halus menggambarkan tenaga aliran yang rendah (Felix 2000). Di dalam kajian ini, musim hujan yang semestinya mempunyai kadar aliran yang lebih tinggi pada musim normal menunjukkan keputusan yang songsang. Hal ini disebabkan terdapatnya fenomena aliran songsang (backflow) menyebabkan nilai luahan yang tinggi tetapi aliran air sedikit perlahan yang memudahkan proses pemendapan berlaku di Sungai Chini ketika setiap kali musim hujan (Rajah 5).



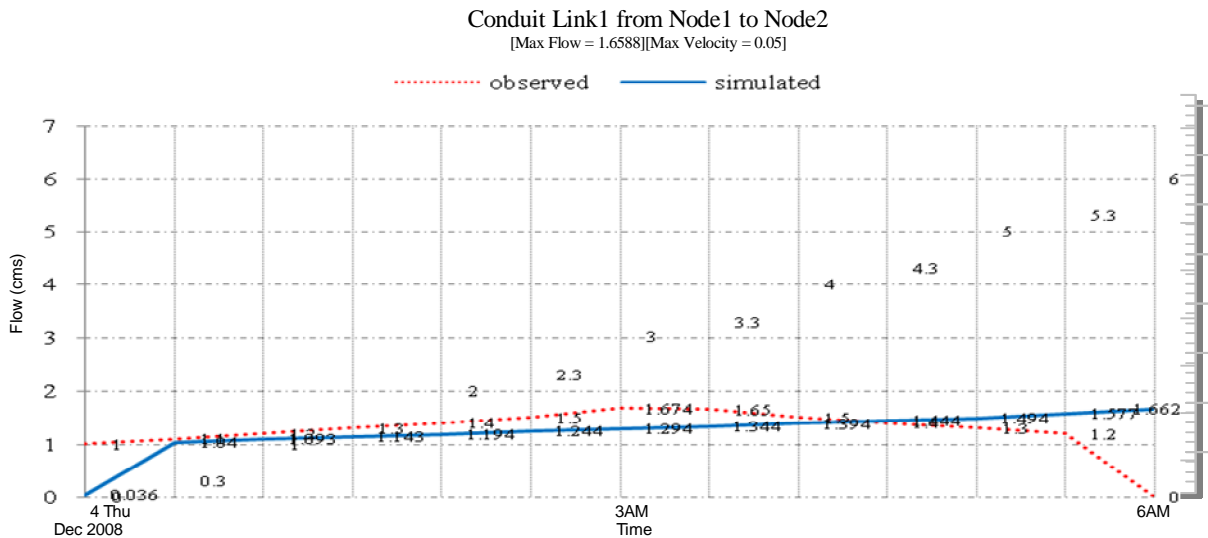


Rajah 4 : Perubahan keratan rentas Sungai Chini hasil simulasi menggunakan XP-SWMM



Rajah 5: Senario luahan menunjukkan aliran songsang (*back-flow*) mengikut 'nod' dan 'line'

Fenomena aliran songsang (*backflow*) yang berlaku ke atas Sungai Chini merupakan antara punca utama kepada proses pemendapan sedimen yang tinggi ketika musim hujan. Ini dapat dibuktikan menerusi simulasi hidraulik yang telah dimodelkan. Rajah 4 menunjukkan senario luahan mengikut 'nod' dan 'line' yang dapat merumuskan pergerakan perubahan air ketika simulasi dijalankan bagi musim hujan. Pada minit ke-3 simulasi yang dijalankan didapati nod di stesen 3, iaitu di bahagian hilir sungai adalah nod yang pertama akan ditenggelami air apabila banjir berlaku. Keputusan analisis juga mendapati kadar luahan ( $Q$ ) adalah  $13.67 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan halaju ( $v$ )  $1.34 \text{ m/s}$ . Seterusnya, nod yang ditenggelami air adalah nod 2 pada tempoh waktu 5 jam 56 minit dengan luahan  $9.37 \text{ m}^3/\text{s}$  dan halaju  $0.89 \text{ m/s}$ . Manakala sehingga simulasi tamat dijalankan iaitu selama 6 jam, nod 1 juga ditenggelami air dengan kadar luahan yang agak rendah berbanding nod 1 dan nod 2, iaitu  $1.66 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan halaju ( $v$ )  $0.05 \text{ m/s}$ . Nisbah nilai luahan yang tinggi dengan had laju air yang rendah dan tempoh masa yang lama bagi nod 2 dan nod 1 untuk tenggelam adalah disebabkan wujudnya fenomena aliran songsang ketika simulasi dijalankan. Nilai dicerap dengan simulasi yang dijalankan adalah tidak menunjukkan perbezaan yang ketara (Rajah 6), di mana simulasi ini berhampiran dengan keadaan sebenar semasa lapangan dijalankan iaitu pada 4/12/08. Walau bagaimanapun, Rajah 6 merupakan luahan ( $Q$ ) bagi Link 1 iaitu dari nod 1 ke nod 2 yang mewakili bagi validasi sepanjang simulasi dijalankan.



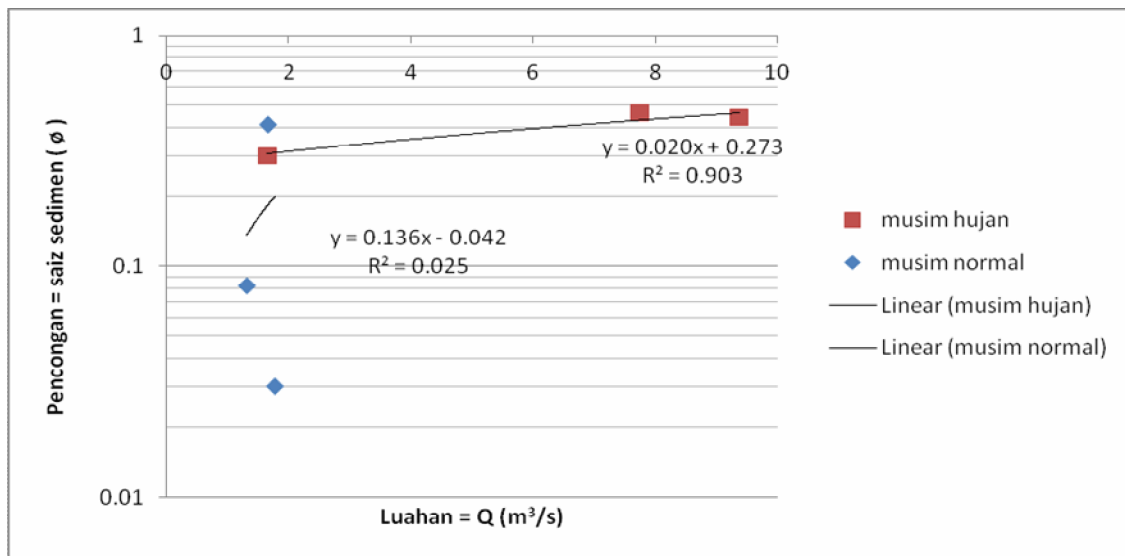
Rajah 6: Perbezaan luahan (Q) dicerap dan luahan (Q) disimulasi menggunakan XP-SWMM

Pada musim hujan, fenomena aliran songsang yang menyebabkan nilai luahan yang tinggi tetapi aliran air yang perlahan akan memudahkan proses pemendapan berlaku seterusnya akan memberi kesan terhadap nilai min dan bentuk saiz sedimen yang ditunjukkan melalui analisis pencongan pada nilai phi sedimen dasar. Dengan simulasi ini juga, dapat dinyatakan bahawa Tasik Chini merupakan antara penebat banjir semulajadi (kolam takungan banjir semulajadi) bagi Sungai Pahang. Ketika di nod 3 dan Link 3 banjir, simulasi menunjukkan di Tasik Chini iaitu di Nod 1 dan Link 1 masih boleh menampung air dari Sungai Pahang yang akhirnya menyebabkan berlakunya aliran songsang iaitu air sungai mengalir ke tasik yang dapat menghalang, menahan dan mengurangkan banjir yang akan berlaku di hilir Sungai Pahang bagi beberapa tempoh masa tertentu.

Permasalahannya, kemasukan air Sungai Pahang adalah beserta sedimen terampai yang tinggi. Tambahan pula, terdapat baraj yang tidak mempunyai fungsi untuk mengatasi masalah sedimentasi yang akhirnya memerangkap dan menghalang sedimen keluar bersama air Sungai Pahang ketika kembali pada musim normal yang akhirnya menyebabkan proses pemendapan sedimen berlaku dengan lebih aktif ketika musim hujan. Ketika ini juga, baraj tidak lagi berfungsi kerana telah ditenggelami air dan berlakunya aliran songsang. Pada musim normal, baraj hanya berfungsi bagi mengawal aras air bagi tujuan pergerakan bot umumnya. Kesannya, sedimen akan terperangkap dan termendap di sekitar kawasan ini (Link 3 Rajah 4).

Secara puratanya, hasil kajian menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan terhadap nilai phi (pencongan) dengan luahan (luahan yang tinggi menunjukkan musim hujan dan sebaliknya). Seperti di dalam penerangan di Jadual 7 di atas, nilai pencongan (saiz sedimen) yang lebih besar menunjukkan pada musim hujan bermaksud saiz sedimen yang lebih halus. Di dalam Rajah 7, pada musim hujan kadar aliran dan nilai pencongan adalah signifikan iaitu R2 0.903 yang menunjukkan hubungan yang jelas dimana semakin tinggi aliran semakin halus saiz sedimen yang termendap dan sebaliknya pada musim normal. Fenomena ini adalah signifikan dengan fenomena aliran songsang yang berlaku ketika musim hujan di Sungai tersebut. Kesan dari aktiviti pergerakan bot bagi tujuan pelancongan telah menyebabkan berlakunya hakisan tebing antara penyumbang terhadap penghasilan sedimen. Aktiviti guna tanah yang berleluasa sehingga mewujudkan kawasan terbuka yang

terdedah kepada hujan di sekitar lembangan ini juga antara penyebab penambahan sedimen terampai ke dalam aliran ini.



Rajah 7: Hubungan nilai pencongan dan luahan (Q) bagi kedua-dua musim di Sungai Chini

## KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, Sungai Chini mempunyai jenis butiran yang kasar dan menuju ke arah jenis butiran sederhana pada musim hujan, mempunyai tahap keseragaman yang buruk dan sangat buruk serta saiz sedimen yang sederhana hingga ke sangat halus. Pemandapan sedimen yang aktif dan amat ketara pada musim hujan terutamanya di S3 hulu Sungai Chini yang ditunjukkan melalui perubahan keratan rentas sungai yang telah di simulasikan adalah amat membimbangkan.

Saiz sedimen dasar yang halus biasanya akan menyebabkan aliran menjadi perlahan dan ini akan menyebabkan pemandapan sedimen berlaku dengan lebih cepat dan aktif. Kewujudan fenomena aliran songsang yang membawa sedimen terampai yang tinggi memburukkan lagi keadaan. Baraj yang berada di hulu Sungai Chini hanya berfungsi sebagai pengawal paras air menyebabkan sedimen terperangkap dengan banyaknya. Jika berterusan, peratusan kecekatan dan kemungkinan kehilangan Sungai Chini adalah amat tinggi. Seperti yang telah sedia maklum, Sungai Chini merupakan satu-satunya aliran keluar dan penghubung kepada Tasik Chini dan Sungai Pahang. Kemusnahan Sungai Chini telah memberi kesan langsung kepada khazanah negara terutamanya Tasik Chini. Justeru itu, beberapa inisiatif dan langkah pemuliharaan haruslah diambil dengan segera bagi mengatasi masalah yang dikenalpasti.

## Rujukan

Bujang, K.H., Ahmad, J. & Shukri, M. 1991. *Pengenalan Mekanikal Tanah*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

Creek connections. 1999. Total Dissolved Solids Information Sheet. (*atas talian*) <http://creekconnections.alleg.edu/classroomresources/chemistry/TDSSheet.htm>.

- Felix Tongkul. 2000. *Sedimentologi*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia. Bangi, Malaysia.
- Gerald M. Friedman & Kenneth G. Johnson. 1982. *Exercises in Sedimentology*. New York Chichester Brisbane Toronto Singapore.
- Leeder, M.R. 1982. *Sedimentology*. London: Chapman & Hall.
- Mohd Ekhwan Toriman, Mushrifah Idris, Nor Rohaizah Jamil, Muhammad Barzani Gasim, Pua Hock Wei, Nor Azlina Abd Aziz & Mohd Khairul Amri Kamarudin. 2009. Temporal Variation in the Sediment Yield the Tasik Chini Feeder Rivers and the Influences of Human Activities. Dlm Jumaat H. Adam, Muhammad Barzani Gasim & Zaini Sakawi. (Pnyt). *Bio-Kejurutryaan & Kelestarian Ekosistem*. Penerbit UKM, hlm 221-235.
- Mohd Khairul Amri Kamarudin, Mohd Ekhwan Toriman, Sharifah Mastura S.A., Mushrifah Hj. Idris, Nor Rohaizah Jamil and Muhammad Barzani Gasim. 2009. Temporal Variability On Lowland River Sediment Properties And Yield. *American Journal of Environmental Sciences* 5(5): 657-663, 2009.
- Mushrifah Idris & Ahmad Abas Kutty. 2005. Tren of Physico-chemical Water Quality. Dlm. Mushrifah Idris, Khatijah Hussin & Abdul Latiff Mohamad (pnyt.). *Sumber Asli Tasik Chini*. Bangi: Penebit Universiti Kebangsaan Malaysia, hlm. 20-29.
- Mustaff Omar. 2005. Dampak pembangunan ekopelancongan dan pertanian ke atas kehidupan komuniti orang asli. Dlm. Mushrifah Idris, Khatijah Hussin & Abdul Latiff Mohamad (pnyt.). *Sumber Asli Tasik Chini*, Bangi: Penebit Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia, hlm. 134-144.
- Noorazuan Md Hashim, Jalaluddin M. Saad, Noor Farizam Othman, Wong Ka Mei & Hani Ab Rani. 2001. Kajian Angkutan Sedimen Dan Beban Dasar Sungai Di Lembangan Sungai Hijau Bukit Fraser. Dlm A. Latif, Zuriati Zakaria, Zaidi M. Isa, Kamarudin Mat Salleh, Noorazuan Md Hashim dan Laily Din. (Pnyt). *Bukit Fraser: Persekitaran Fizikal, Biologi dan sosio-ekonomi*. Penerbit UKM. Malaysia, hlm 11-21.
- Othman, Y. & Shamsuddin, J. 1982. *Sains Tanah*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka. Malaysia.
- Sharifah Mastura., Sabry Al-Toum and Othman Jaafar. 2003. Rainsplash Erosion: A Case Study in Telaka River Catchment, East Selangor, Malaysia. *Geografia* Vol. 1 Issue 4, hlm 44-59.
- Shuhaimi-Othman, M., Lim Eng Chong, Mushrifah Idris & Shahrudin Idrus 2005. Kualiti Air Dan Logam Berat di Tasik Chini, Pahang. *Prosiding Seminar IRPA RMK-8*, Kategori EAR:Jilidii:216-220.
- Simon J. Blott. & Kenneth Pye. 2001. *Gradistat: A Grain Size Distribution and Statistics Package For The Analysis of Unconsolidated Sediments*. UK.
- Strahler, A.N. 1978. Terj. *Geografi Fizikal*. New York: John Wiley & Sons Inc.

Sulong, M. & Mohd Ekhwan, T. 2006. Implikasi struktur kunci air ke atas aktiviti pelancongan dan penduduk di sekitar Sungai Chini dan Tasik Chini, Pahang. *Journal E-Bangi*. 1 (1): 1-13.

Thornes, J. 1979. *River Channels*. London Macnaillan Education.

Udden JA. 1914. Mechanical composition of clastic sediments. *Bulletin of the geological society of America*. US.

Wan Ruslan Ismail. 1994. *Pengantar Hidrologi*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kementerian Pendidikan Malaysia. Kuala Lumpur. Malaysia.

Wentworth CK. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of geology*.

Mohd Ekhwan Toriman<sup>1</sup>, Mohd Khairul Amri Kamarudin<sup>2</sup> & Nor Azlina Abd Aziz<sup>1</sup>, Muhammad Barzani Gasim<sup>2</sup>, Mushrifah Hj Idris<sup>2</sup> & Nor Rohaizah Jamil<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan Dan Persekitaran,  
Fakulti Sains Sosial Dan Kemanusiaan  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
Email: [amri.ukm@gmail.com](mailto:amri.ukm@gmail.com), [ikhwan@ukm.my](mailto:ikhwan@ukm.my)

<sup>2</sup>Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
Email: [dr.zani@ukm.my](mailto:dr.zani@ukm.my), [norrohaizahjamil@yahoo.com](mailto:norrohaizahjamil@yahoo.com)