

**PERAMALAN KEDALAMAN KERUK DI SEKITAR PIER MENGGUNAKAN
KAEDAH REGRESI TEGUH**

By

Ahmad Hakimi Mohamed

Thesis submitted to

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

To fulfill the requirement of graduation

BACHELOR DEGREE IN CIVIL ENGINEERING

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dan peramalan terkini dalam melakukan kajian terhadap fenomena semulajadi terhadap keruk di sekitar pier semakin meluas. Ini adalah kerana faktor peramalan sangat penting bagi mewujudkan satu kombinasi rekabentuk yang selamat, ekonomi serta seimbang. Keruk terbentuk hasil daripada aliran bergelora yang dihalang oleh pier sesuatu jambatan dan menyebabkan proses degredasi pada pier di dasar sesuatu sungai berlaku dalam suatu jangkamasa yang panjang. Fenomena keruk yang wujud di sekitar pier pada sesuatu jambatan akan mengganggu kekuatan struktur yang direkabentuk jurutera lalu menyebabkannya gagal. Tetapi, kaedah peramalan ini tidak dapat digunakan untuk mendapatkan suatu nilai yang tepat disebabkan faktor persekitaran yang sentiasa berubah. Oleh sebab itu, ia tidak sesuai untuk diaplikasikan untuk semua keadaan. Di samping itu, melalui peramalan yang dibuat, risiko untuk sesuatu jambatan mengalami kegagalan adalah sangat rendah sekiranya faktor peramalan ini diambilkira semasa rekabentuk dibuat. Kajian telah dilakukan oleh Simon dan Senturk (1992), Kafi dan Annan (1995) dimana mereka telah berjaya membangunkan beberapa persamaan bagi tujuan peramalan. Mereka berpendapat sekiranya pekali bagi pemalar dan eksponen bagi persamaan ini diterbitkan dengan menggunakan data lapangan, ketepatannya adalah semakin tinggi. Berdasarkan cadangan tersebut, Ab. Ghani dan Nalluri (1996) telah membangunkan beberapa persamaan baru bagi mengatasi setiap kelemahan yang wujud untuk mendapatkan nilai kejituan yang lebih tinggi berpandukan data lapangan tersebut. Melalui kajian ini, analisis akan dilakukan dengan menggunakan perisian S-PLUS melalui tiga kaedah regresi teguh.

ABSTRACT

Over the decades, excessive local scour around bridge piers have been the major contribution factors for bridges deficiencies and failures. Technological breakthroughs in modern engineering have provided efficient tools for construction experts and engineers in making statistical analysis, to find the best method to deal with this phenomenon. The analysis is crucial since it would provide the quantitative evaluations to designers, which would help them to model a structure that combined safety, balances and economics. There are many reasons why scour became a major concern in designing bridges. Bridges that become inundated during floods have slightly pressurized flow that impacts bridge piers and creates an aggravated scour condition. Bridge failure mode which induced by scour is relatively complex since it involved a combination of factors such as the combined effects of three dimensional river bed degradation, localize scour due to channel constriction at the bridge opening, and the accelerated flow and generation of vortices at the bridge opening which caused local scour around bridge piers and abutments. Due to the seriousness of the scour problem, bridge design will take into consideration all factors available. Equations were developed by subject matter experts, to make forecasting to eliminate or minimize its impact on the structure. Unfortunately, the ever changing environmental phenomena have made those equations not suitable to be applied to all conditions. Studies by Simon & Senturk (1992) and Kafi & Alam (1995) have proposed various scour equation which have been developed in the literature. It is found that the precision and accuracy of laboratory-based equations can improved if the coefficient and exponent of these equations were derived using field data. Apart from that, the equations are dependent to several factors; flow criteria such as flow depth, flow velocity and vortex velocity, shape of the pier and

size of sediment. Based on the suggestion by Kafi & Alam (1995), Ab.Ghani & Nalluri (1996), new equations were developed to predict pier scour using the available field data. In this study, analysis has been made by using S-PLUS with 3 method of analysis.

ISI KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	ABSTRAK	i
	ABSTRACT	ii
	ISI KANDUNGAN	iv
	SENARAI RAJAH	vii
	SENARAI JADUAL	ix
	SENARAI SIMBOL	x
	PENGHARGAAN	
 BAB 1 : PENGENALAN		
	1.0 Definisi Keruk	1
	1.1 Fenomena Pembentukan Keruk	2
	1.2 Keruk Dasar Hidup	2
	1.3 Keruk Air Jernih	3
	1.4 Keruk Tempatan	3
	1.5 Keruk Pada Jambatan	6
	1.6 Hakisan Di Sekitar Pier	7
	1.7 Objektif Kajian	10
	1.8 Skop Kajian	10

BAB 2 : KAJIAN LITERATUR

2.0 Pengenalan	12
2.1 Pembentukan Keruk	12
2.2 Fasa Proses Kejadian Keruk	15
2.2.1 Fasa Awalan	15
2.2.2 Fasa Pembentukan	15
2.2.3 Fasa Penstabilan	16
2.2.4 Fasa Keseimbangan	16
2.3 Kajian Terhadap Keruk Pada Jambatan	17
2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Kedalaman Keruk	18
2.4.1 Peningkatan Tekanan Aliran	18
2.4.2 Keluasan Tapak / Saiz Tiang	20
2.4.3 Sudut Aliran	20
2.4.4 Asas Terdedah	22
2.4.5 Bentuk Pier	23

BAB 3 : METODOLOGI

3.0 Pendahuluan	26
3.1 Kaedah Regresi Teguh MM	28
3.2 Kaedah Median Berganda Terkecil	30
3.3 Kaedah Trim Berganda Terkecil	32

BAB 4 : KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.0 Keputusan	34
4.1 Faktor Mempengaruhi Keruk	35
4.2 Penilaian Menggunakan Perisian S-PLUS	41
4.2.1 Kaedah Median Terkecil Berganda	42
4.2.2 Kaedah Trim Terkecil Berganda	46
4.2.3 Kaedah Regresi Teguh MM	50
4.3 Perbandingan Penjumlahan Reja Berganda bahagi Cerapan Antara Kaedah Regresi Teguh MM, LTS dan LMS	53

BAB 5 : KESIMPULAN

5.0 Kesimpulan	60
----------------	----

SENARAI RAJAH

RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
Rajah 1.1	Ujian makmal menunjukkan bentuk keruk dasar hidup	3
Rajah 1.2	Ujian makmal menunjukkan bentuk keruk air jernih	4
Rajah 1.3	Sistem vortex ladam (Horshoe vortex)	5
Rajah 1.4	Kedudukan keruk pada struktur jambatan	7
Rajah 1.5	Bentuk aliran yang menyebabkan hakisan di sekitar pier	8
Rajah 1.6	Runtuhan yang berlaku pada jambatan Schoharie Creek	9
Rajah 1.7	Runtuhan jambatan yang menghubungkan Pulau South Padre	9
Rajah 2.1	Keruk pada jambatan di New Zealand	13
Rajah 2.2	Gambarajah aliran dan pembentukan keruk berlaku	14
Rajah 2.3	Kedudukan aliran yang mempunyai tekanan tinggi	19
Rajah 2.4.1	Graf cerapan apabila aliran tidak bersudut	21
Rajah 2.4.2	Graf cerapan apabila aliran bersudut	21
Rajah 2.5	Sudut tuju aliran	22
Rajah 2.6	Gambaran rekabentuk pier	23
Rajah 2.7.1	Hubungan di antara kedalaman keruk dan kedalaman aliran bagi pier berbentuk hidung tajam	24
Rajah 2.7.2	Hubungan di antara kedalaman keruk dan kedalaman aliran bagi pier berbentuk bulat	25
Rajah 2.8	Keruk pada tiang berbentuk bulat	25
Rajah 4.1.1	Graf kedalaman keruk melawan lebar pier	36

Rajah 4.1.2	Graf kedalaman keruk melawan kedalaman aliran	37
Rajah 4.1.3	Graf kedalaman keruk melawan halaju aliran	38
Rajah 4.1.4	Graf kedalaman keruk melawan saiz sedimen	39
Rajah 4.1.5	Graf kedalaman keruk bahagi kelebaran pier melawan kedalaman aliran bahagi saiz sedimen.	40
Rajah 4.4.1	Plot Kebarangkalian Normal bagi Reja untuk Persamaan Aminuddin (a) (LMS)	56
Rajah 4.4.2	Plot Penyesuaian terhadap Reja bagi Persamaan Aminuddin (a) (LMS)	56
Rajah 4.4.3	Plot Kebarangkalian Normal bagi Reja untuk Persamaan Aminuddin (b) (LMS)	56
Rajah 4.4.4	Plot Penyesuaian terhadap Reja bagi Persamaan Aminuddin (b) (LMS)	56
Rajah 4.4.5	Plot Kebarangkalian Normal bagi Reja untuk Persamaan Aminuddin (a) (LTS)	57
Rajah 4.4.6	Plot Penyesuaian terhadap Reja bagi Persamaan Aminuddin (a) (LTS)	57
Rajah 4.4.7	Plot Kebarangkalian Normal bagi Reja untuk Persamaan Aminuddin (b) (LTS)	57
Rajah 4.4.8	Plot Penyesuaian terhadap Reja bagi Persamaan Aminuddin (b) (LTS)	57
Rajah 4.4.9	Plot Kebarangkalian Normal bagi Reja untuk Persamaan Aminuddin (a) (MM)	58

Rajah 4.4.10	Plot Penyesuaian terhadap Reja bagi Persamaan Aminuddin (a) (MM)	58
Rajah 4.4.11	Plot Kebarangkalian Normal bagi Reja untuk Persamaan Aminuddin (b) (MM)	58
Rajah 4.4.12	Plot Penyesuaian terhadap Reja bagi Persamaan Aminuddin (b) (MM)	58

SENARAI JADUAL

JADUAL	MUKA SURAT
Jadual 4.1 Penilaian terhadap nilai reja berganda	35
Jadual 4.2.1 Keputusan Kaedah Median Terkecil Berganda	42
Jadual 4.2.2 Keputusan Kaedah Trim Berganda	46
Jadual 4.2.3 Keputusan Kaedah Regresi Teguh MM	50
Jadual 4.3 Perbandingan Jumlah Reja Berganda Bahagi Cerapan	53
Jadual 4.6 Nilai Reja Persamaan Terbaik	55

SENARAI SIMBOL

D_s	=	kedalaman keruk
b	=	lebar pier
d	=	purata diameter bahan dasar
g	=	pecutan graviti
q	=	luahan keamatan
K	=	pemalar bergantung kepada bentuk pier
Y	=	kedalaman aliran
Q	=	halaju aliran maksimum.
C_o	=	kekuatan vortek
d_{50}	=	saiz endapan dasar
Re	=	nombor Reynold
Fr	=	nombor Froude
v	=	halaju aliran
y	=	vektor tindakbalas
β	=	vektor parameter
X	=	matriks malar
ε	=	vektor kesilapan
p	=	bilangan parameter digunakan dalam persamaan
n	=	bilangan data cerapan
e_i	=	sampel tertinggal yg ke- i
h_{ii}	=	nilai sistem tuas

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, syukur kehadiran Ilahi kerana dengan limpah kurnia dan rahmatnya, penulis dapat menjalankan dan menyiapkan projek tahun akhir ini dengan sempurna walaupun menghadapi pelbagai masalah. Berkat usaha dan ketekunan, laporan projek tahun akhir ini berjaya disiapkan yang perlu dikemukakan kepada Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam untuk memenuhi syarat pengijazahan Ijazah Pertama Kejuruteraan Awam. Di sini penulis terlebih dahulu ingin mengucapkan ribuan terima kasih dan menyampaikan penghargaan yang tidak terhingga kepada Penyelia Projek Tahun Akhir iaitu Prof. Madya Ahmad Shukri Yahaya kerana kesudian beliau memberikan bimbingan dan penyeliaan yang sepenuh hati sepanjang tempoh menghasilkan projek ini. Tanpa pertolongan beliau yang sangat berharga ini, projek ini sememangnya tidak boleh dilengkapkan dengan sempurna.

Terima kasih juga diucapkan kepada Dr. Aminuddin Abdul Ghani di atas kesudiannya memberi bimbingan sepanjang perjalanan projek ini. Sekalung penghargaan yang teristimewa juga buat ibu dan ayah serta seluruh ahli keluarga di atas segala doa, restu, sokongan dan kesabaran kalian. Akhir kata, sekali lagi diucapkan setinggi-tinggi terima kasih buat semua pihak yang terlibat samada secara langsung atau tidak dalam membantu saya menyiapkan Projek Tahun Akhir ini.

BAB 1

PENGENALAN

1.0 Definisi Keruk

Fenomena kejadian keruk merupakan antara faktor yang mungkin mengundang kepada kemusnahan terhadap sesuatu struktur jambatan. Masalah ini penting untuk dikenalpasti dan diambilkira semasa proses merekabentuk dibuat agar ianya dapat menahan hakisan serta pembentukan keruk yang terhasil akibat perubahan bentuk aliran. Secara amnya, keruk adalah tinggalan bentuk lubang yang terhasil apabila pengangkutan sedimen (pasir dan batu-batu kecil) berlaku di dasar sungai. Walaupun ia terbentuk adalah secara perlahan, tetapi tindakan pembentukan keruk ini berlaku dengan lebih cepat apabila berlakunya peningkatan terhadap halaju aliran serta aras air sungai. Ini kerana kekuatan aliran yang tinggi mampu untuk mengangkut sedimen-sedimen yang termendak di dasar ini.

Oleh sebab itu, pelbagai langkah dan kaedah yang berkesan boleh diimplementasikan bagi mengawasi kewujudan keruk di dasar sesuatu sungai dan meletakkannya di bawah langkah berjaga-jaga untuk diambil tindakan yang segera.

1.1 Fenomena Pembentukan Keruk

Kebanyakan penilaian dibuat melalui kajian terhadap fenomena semulajadi keruk disamping membangunkan beberapa persamaan serta kaedah bagi meramalkan kedalaman keruk (hidrologi dan hidraulik), kajian terhadap keadaan dan juga jenis aliran yang direntangkan oleh jambatan dan mengaplikasikan ilmu pengetahuan ini.

Secara lazimnya, proses pembentukan keruk mengambil masa yang sangat panjang dan ianya boleh mengecut dalam keadaan tertentu bergantung kepada perubahan kelajuan aliran sungai dan kedudukan aras bagi sesuatu dasar. Peningkatan aliran di pengaruhi oleh perubahan bentuk keadaan tebing sungai yang semakin mengecil dan sempit akan mengundang kepada pengecutan keruk yang sangat ketara. Penilaian terhadap keruk juga melibatkan kesan kepada perubahan aliran air semasa proses keruk terbentuk. Aliran yang semakin laju ini akan mengangkut sedimen yang termendak di dasar justeru mengakibatkan aras dasar menjadi rendah sehingga ke satu tahap, kadar aliran air keluar dan masuk pada struktur menjadi malar dan saiz zarah sedimen menjadi besar dan berat sehingga aliran tidak mampu membawanya. Keruk tempatan boleh dibahagikan dalam dua keadaan atau jenis iaitu keruk dasar hidup dan juga keruk air jernih.

1.2 Keruk Dasar Hidup

Ia melibatkan lintasan yang berlaku di bahagian bawah aliran yang menghampiri aras dasar pada bahagian hulu aliran. Di dalam kebanyakan kes yang berlaku, keadaan ini banyak terjadi pada sungai yang mempunyai dasar yang agak kasar serta berbatuan kerikil halus dan kecil. Rajah 1.1 menunjukkan contoh bentuk keruk dasar hidup yang terbentuk melalui ujian makmal.



Rajah 1.1 : Contoh ujian makmal menunjukkan bentuk keruk dasar hidup (FHWA,2003)

1.3 Keruk Air Jernih

Berlaku dalam keadaan di mana pergerakan bahan dasar pada hulu lintasan aliran adalah sangat perlahan dan lemah tetapi wujudnya pecutan aliran berhampiran pier dan juga tembok yang mengakibatkan pergerakan bahan dasar terjadi. Pada kebiasaannya, saiznya adalah lebih besar daripada keruk dasar hidup dan dalam keadaan tertentu, akan menjadi bertambah besar apabila berlakunya banjir yang meningkatkan halaju aliran dan aras air sungai. Rajah 1.2 menunjukkan contoh bentuk keruk air jernih yang terbentuk melalui ujian makmal.



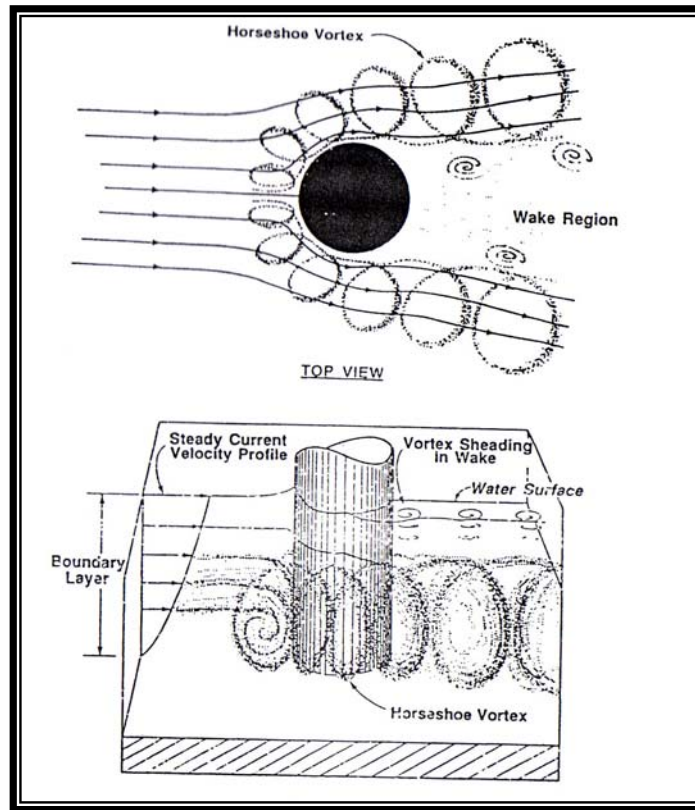
Rajah 1.2: Ujian makmal menunjukkan bentuk keruk air jernih (FHWA,2003)

1.4 Keruk Tempatan

Keruk tempatan didefinisikan sebagai proses yang menyebabkan dasar sungai menjadi rendah pada bahagian hilir akibat pengangkutan sedimen pada dasar sungai yang tidak seimbang menerusi tiang pada struktur jambatan (Breusers dan Raudkivi, 1991). Menerusi kajian yang dilakukan, faktor asas dan juga banjir merupakan penyebab utama ke atas berlakunya kegagalan terhadap lebih separuh daripada 143 kes (Smith 1976).

Secara umumnya, keruk tempatan berlaku apabila wujudnya sistem vortex pada pier jambatan. Ini kerana, bentuk kedudukan pier pada sesuatu jambatan itu mempengaruhi arah serta kelajuan aliran yang menyebabkan bahan yang termendak di dasar diangkut lalu membentuk keruk. Paksi vortex pula berkeadaan mengufuk dan mengelilingi pier serta dalam keadaan berkelajuan tinggi pada dasar. Kenaikan pada paksi vortek pula adalah dalam paksi menegak.

Sistem vortex dalam berlaku apabila aliran yang melepasi jambatan dalam bentuk tiga dimensi secara berasingan serta lapisan ricih berputar keatas. Ia akan membentuk aliran seakan dalam kuda seperti pada rajah 1.3.

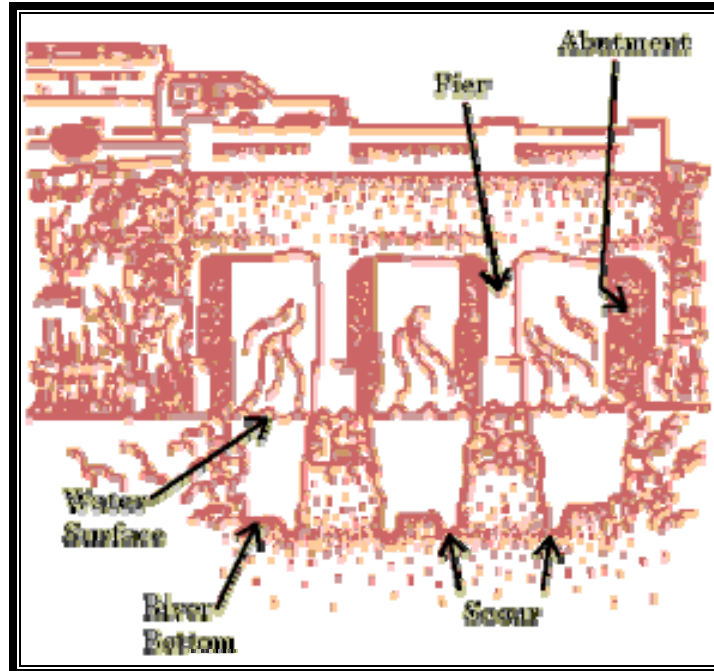


Rajah 1.3 : Sistem vortex ladam (Horseshoe vortex)

1.5 Keruk Pada Jambatan

Melalui kajian yang telah dilakukan, kewujudan keruk sering didapati pada 3 bahagian kritikal jambatan yang mengganggu kekuatan strukturnya iaitu :

- i) Di sekitar pier dan juga pada dinding asas pada tebing. Dan pada kebiasaannya, aliran air bergerak laju mengelilingi pier untuk membentuk keruk tempatan.
- ii) Melalui ruang antara jambatan yang terbuka di mana pengecutan keruk wujud apabila aliran air semakin laju pada saluran yang semakin sempit daripada ruang sungai. Ia akan memburukkan lagi keadaan sekiranya berlakunya keadaan banjir yang meningkatkan aras air sungai.
- iii) Melalui bahagian aliran yang luas yang melibatkan bahagian atas dan juga bawah aliran yang melalui jambatan di mana ia melibatkan satu jangkamasa proses yang sangat panjang yang akan menyebabkan dasar sungai menjadi rendah. Biasanya, pengangkutan sedimen merupakan faktor utama yang mengundang kepada keadaan ini berlaku. Ia dapat dihuraikan melalui Rajah 1.2



Rajah 1.4 : Kedudukan keruk pada struktur jambatan (USGS 1987)

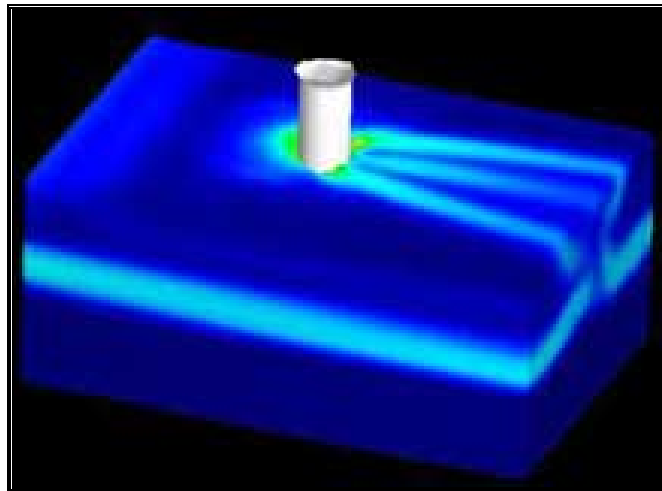
1.6 Hakisan Di Sekitar Pier

Proses hakisan yang berlaku di sekitar pier jambatan akan mengakibatkan kerosakan yang serius pada struktur jambatan. Adakalanya, kaedah secara empirik digunakan untuk meramalkan keadaan sesuatu keruk dengan keberkesanan yang agak terhad. Secara ringkasnya, hakisan yang berlaku di sekitar pier dapat ditunjukkan seperti dalam rajah 1.3 di mana dapat dilihat pembentukan keruk atau lubang berlaku dengan lebih dalam di bahagian belakang tiang yang menghalang aliran.

Di bahagian inilah kelajuan aliran adalah tinggi dan seterusnya meningkatkan tekanan aliran . Pusaran air yang terbentuk akan menyebabkan keruk menjadi semakin besar dan dalam. Manakala di bahagian bawah pier pula, aliran air tenang akan terbentuk

dan ini akan mengimbangkan kelajuan aliran yang menyebabkan hakisan dan mendakan berlaku secara serentak dan menghasilkan hakisan yang berlaku secara perlahan-lahan.

Rajah 1.4 dan 1.5 menunjukkan jambatan yang runtuh akibat daripada fenomena keruk dan mengakibatkan kegagalan struktur.



Rajah 1.5 : Bentuk aliran yang menyebabkan hakisan di sekitar pier
(Flow Science 2004)



Rajah 1.6 : Runtuhan yang berlaku pada jambatan Schoharie Creek (USGS 1987)



Rajah 1.7 : Runtuhan jambatan yang menghubungkan Pulau South Padre, Texas (STBD, 2001)

1.7 Objektif Kajian

Objektif utama kajian ini dilakukan adalah bagi :

- a) Mengenalpasti sifat dan keadaan keruk yang berlaku pada substruktur sesuatu jambatan.
- b) Membuat penilaian serta mendapatkan model regresi dan analisis statistik untuk keadaan keruk dengan menggunakan data lapangan yang telah disediakan.
- c) Membangunkan beberapa persamaan baru yang dapat meramalkan kedalaman keruk dengan lebih cekap dan efisien.

1.8 Skop Kajian

Analisis yang dibuat terhadap kajian ini membabitkan penilaian yang dibuat dengan menggunakan data lapangan daripada kajian Ilmiah Landers dan Mueller(1996). Dalam meramalkan kedalaman keruk ini, perisian yang digunakan adalah S-Plus, Microsoft Excel dan juga Statistical Product And Service Solutions (SPSS). Kaedah yang digunakan pula adalah melalui kaedah Regresi Teguh dengan penggunaan 3 kaedah iaitu Regresi Teguh MM, Kaedah Median Terkecil Berganda, dan Kaedah Trim Terkecil Berganda. Diharapkan, melalui kajian yang dijalankan ini, persamaan –persamaan baru yang ditemui serta dibangunkan dapat diaplikasikan sepenuhnya dalam bidang kejuruteraan awam. Selain itu, pemahaman terhadap fenomena unik ini dapat dipertingkatkan lagi serta dapat diambil langkah pencegahan di masa akan datang.

Di samping itu, melalui model yang dihasilkan ia dapat dijadikan panduan untuk membuat analisis terhadap keadaan sesuatu keruk dan seterusnya model atau kaedah terbaik dapat dipilih di dalam penentuan dan juga peramalan keadaan sesuatu keruk.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.0 Pengenalan

Fenomena keruk yang kerap berlaku pada struktur jambatan merupakan ancaman terbesar yang harus dihadapi apabila sesuatu rekabentuk jambatan itu dibuat. Ini kerana, ia bukan sahaja boleh menyebabkan berlakunya kerugian, tetapi boleh mengancam keselamatan pengguna sekiranya faktor analisis terhadap keruk ini diabaikan.

2.1 Pembentukan Keruk

Pembentukan keruk terjadi akibat daripada beberapa faktor, antaranya adalah seperti pembentukan keruk yang mengambil jangkamasa yang sangat panjang, pengecutan keruk, perubahan kelajuan aliran sungai dan perubahan terhadap aras “streambed”. Pengecutan keruk yang berlaku adalah disebabkan keadaan tebing sungai yang semakin sempit dan mengecil dan secara tidak langsung akan mengundang kepada peningkatan halaju aliran.

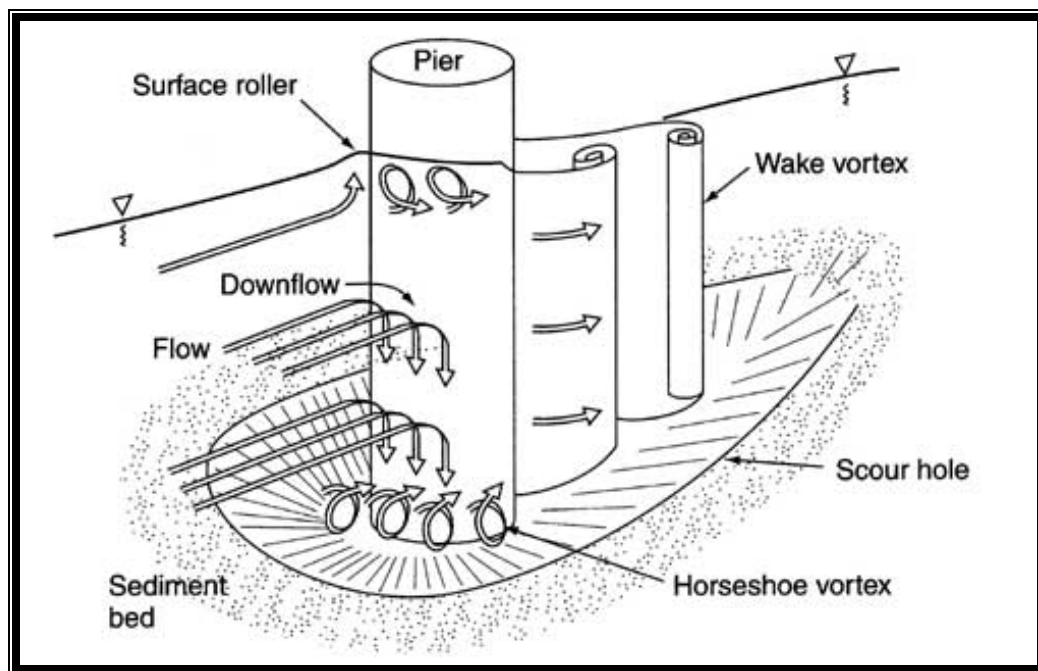
Rajah 2.1 menunjukkan pembentukan keruk yang berlaku di jambatan



Rajah 2.1 : Keruk pada jambatan di New Zealand (Melvin and Coleman,2000)

Keruk adalah antara salah satu faktor yang mengundang kepada berlakunya kegagalan terhadap struktur bawah jambatan. Kajian terhadap keruk dilakukan dengan menilai dari aspek kejuruteraan terutamanya kesan keruk terhadap jambatan yang sedia ada, merekabentuk jambatan baru atau yang akan diganti agar ia terhindar dari ancaman keruk supaya jambatan dapat digunakan dengan selamat. Penilaian juga dibuat melalui kajian terhadap fenomena semulajadi keruk disamping membangunkan beberapa persamaan serta kaedah bagi meramalkan kedalaman keruk (hidrologi dan hidrolik), kajian terhadap keadaan dan juga jenis aliran yang direntangkan oleh jambatan dan mengaplikasikan ilmu pengetahuan ini. Penilaian terhadap keruk juga melibatkan kesan kepada perubahan aliran air semasa proses keruk terbentuk.

Aliran yang semakin laju akan mengangkut sedimen yang termendak di dasar justeru mengakibatkan “streambed” menjadi rendah sehingga ke satu tahap, kadar aliran air keluar dan masuk pada struktur menjadi malar dan saiz zarah sedimen menjadi besar dan berat sehingga aliran tidak mampu membawanya (Melville , B. W. & Coleman, 2000). Keruk terbahagi kepada dua iaitu keruk dasar hidup dan juga keruk air jernih. Rajah 2.2 menunjukkan bagaimana pembentukan keruk berlaku.



Rajah 2.2 : Gambarajah aliran dan pembentukan keruk berlaku

2.2 Fasa Proses Kejadian Keruk

Di dalam fasa kejadian keruk, ia melibatkan penggunaan skala model bersama nombor Froude (Breusers 1996 dan Dietz 1969), Zanke (1978) telah menetapkan bahawa wujudnya empat fasa semasa di dalam proses pembentukan keruk tempatan. Fasa-fasa tersebut adalah :

2.2.1 Fasa Awalan

Dalam fasa ini, kajian telah mendapati aliran air yang wujud di dalam lubang keruk adalah hampir seragam dalam arah longitud. Proses hakisan yang kritikal wujud di dalam fasa ini. Melalui kajian yang dilakukan terhadap endapan halus telah menunjukkan berlakunya fenomena permulaan keruk. Di samping itu, beban dasar di cerun keruk akan terampai. Didapati bahawa sebahagian besar daripada partikel akan terampai di dalam aliran disebabkan wujudnya keseimbangan dalaman di antara fluks yang meresap ke atas dan fluks konvektif yang meresap ke bawah. Selain itu, bahagian partikel yang masih tinggal akan terampai disebabkan kewujudan aliran gelora berhampiran dasar dan sebahagian lagi akan mengalami rayap lompat dan kemudiannya diangkut sebagai beban dasar.

2.2.2 Fasa Pembentukan

Fasa ini masih lagi mengekalkan ciri-ciri yang terdapat pada fasa awalan di mana bentuk lubang keruk adalah sama tetapi kedalamannya akan bertambah. Tetapi sebaliknya yang berlaku pada nisbah kedalaman maksimum serta jarak dari hujung struktur kawalan dasar di mana wujudnya lubang keruk, ia adalah konsisten. Melalui kajian yang telah dilakukan oleh Hoffmans pada tahun 1990, didapati bahawa kawasan hilir, cerun keruk berada di dalam keseimbangan manakala proses pembentukan masih lagi berlaku di kawasan hulu. Dapat disimpulkan bahawa halaju aliran berkadar songsang dengan masa apabila hampir kepada dasar tetapi tenaga gelora akan bertambah.

2.2.3 Fasa Penstabilan

Dalam fasa ini, kadar pembentukan maksimum terhadap keruk akan terus berlaku. Hakisan yang berlaku pada bahagian paling dalam di lubang keruk adalah sangat kecil jika dibandingkan dengan bahagian di hilir pada titik penyambung. Oleh sebab itu, lubang keruk menjadi semakin besar mengikut arah aliran. Sekiranya proses pembentukan keruk terus berlaku, maka halaju aliran di atas cerun keruk hulu pada bahagian bawah akan semakin berkurang.

2.2.4 Fasa Keseimbangan

Apabila dimensi lubang keruk tidak lagi mengalami perubahan secara nyata ia dikatakan mengalami fasa keseimbangan. Dalam fasa ini partikel dasar pada hulu cerun keruk hanya akan bergolek dan bergelincir dibawah aras rayap-lompat.

2.3 Kajian terhadap keruk pada jambatan.

Kajian yang dibuat terhadap hakisan pada asas jambatan akibat tindakan aliran air dimulakan dalam tahun 1949 oleh Emmett M. Loursen. Sepanjang kajiannya, banyak penemuan telah ditemui dan juga persamaan telah dibangunkan bagi menyelesaikan masalah ini. Antara kesan dan penemuan yang telah dilakukan adalah :

- i. Keruk tempatan di sekitar tiang dan juga tembok adalah disebabkan oleh halaju aliran di sekitar objek yang tumpul.
- ii. Keruk umum di jambatan yang berlaku akibat daripada pengurangan/ pengecutan halaju aliran yang berlaku (juga disebut keruk pengecutan)
- iii. Pemendakan umum yang berlaku di dasar sungai.

Kesimpulan yang telah dibuat adalah ketiga-tiga komponen atau digabungkan sekiranya komponen-komponen tempatan tidak bergabung di antara satu sama lain. Bagi mendapatkan kedalaman keruk pada tiang, hubungan antara semua elemen kajian telah digabungkan iaitu hubungan antara kedalaman keruk dan juga keluasan tiang, kedalaman aliran, sudut serangan, dan juga bentuk tiang. Setelah pemerhatian dibuat, didapati halaju

aliran merupakan antara faktor utama yang memberi kesan terhadap 'live-bed' dan keruk di aliran yang jernih pada tiang dan tembok. Kajian juga telah mendapati bahawa dengan dasar yang terbentuk daripada pasir/ kedalaman keruk tempatan yang berlaku adalah sama dengan kedalaman keruk yang diselaputi oleh dasar berpasir di sekitar tiang. Tiang tidak akan meningkatkan kadar pengecutan keruk sekiranya kawasan tersebut tidak dikorek lebih daripada 10 peratus.

Hasil kajian antara lain menerangkan tentang penemuan terhadap kaedah untuk mengira kedalaman keruk pada tembok ataupun tebing. Melalui pemerhatian yang telah dibuat, didapati keruk pada tembok/ tebing adalah tidak bergantung kepada nisbah pengecutan sehinggalah lubang yang berlaku pada keruk yang berdekatan di antara satu sama lain bergabung.

Beberapa persamaan telah dibangunkan bagi menyelesaikan masalah keruk tempatan yang wujud berhampiran tembok dan juga tebing. Persamaan Laursen juga merujuk kepada keadaan aliran pada tebing serta tembok dan juga saluran utama, bukannya merujuk kepada panjang tembok.

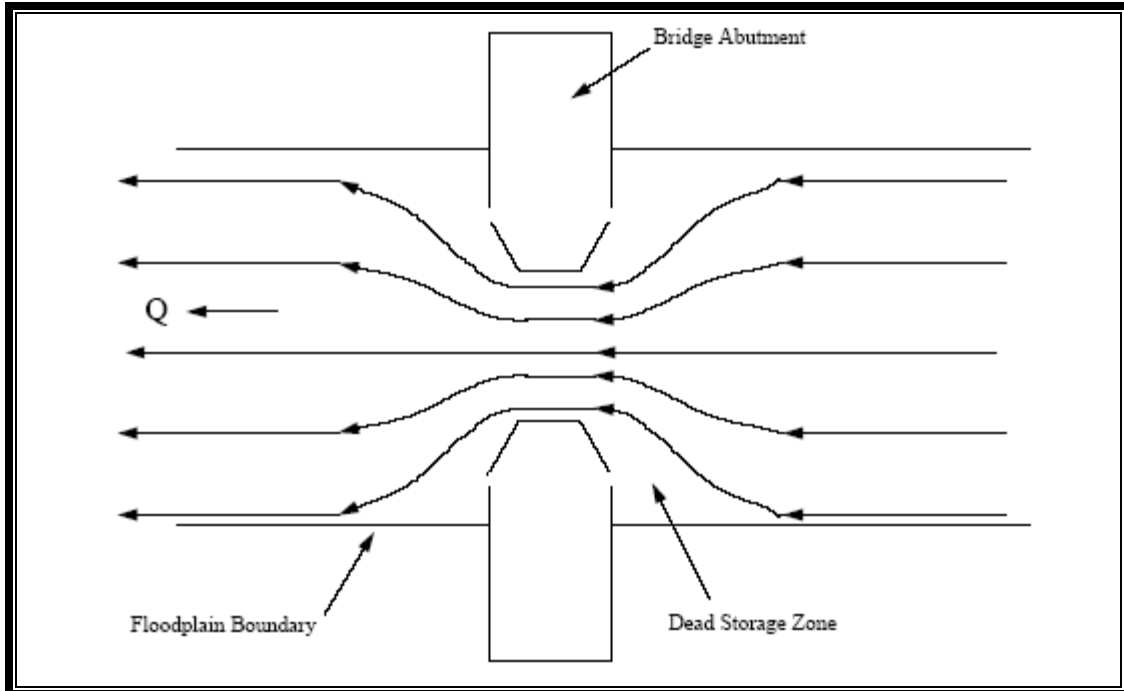
2.4 Faktor yang mempengaruhi kedalaman keruk

2.4.1 Peningkatan tekanan aliran.

Aliran pada permukaan yang melalui suatu jambatan ditakrifkan sebagai aliran yang tidak melibatkan bahagian bawah jambatan atau perentas. Tetapi sebaliknya dengan aliran bertekanan, ia melibatkan hubungan dengan bahagian bawah jambatan. Aliran bertekanan boleh wujud dalam dua keadaan :

- i. Bahagian bawah hujung perentas berhubungan dengan permukaan air.
- ii. Bahagian bawah tiang jambatan yang tenggelam.

Kesan bahagian bawah jambatan yang tenggelam akan mengakibatkan aliran yang melalui bawah jambatan bertukar daripada aliran permukaan kepada aliran orifis yang juga dinamakan aliran bertekanan. Untuk pengaliran air permukaan, ia mempunyai pengagihan tekanan hidrostatik yang menghubungkan kedalaman, halaju, dan tegasan ricih terhadap aliran. Untuk aliran yang dipengaruhi tekanan, ia tidak mempunyai pengagihan tekanan hidrostatik yang akan menyebabkan elemen-elemen tersebut tidak dapat dianggarkan keseragamannya. Secara teorinya, aliran yang dipengaruhi tekanan akan meningkatkan pengagihan tegasan ricih yang akan menyebabkan pengecutan keruk berlaku dalam magnitud yang berlainan. Selain itu, melalui kajian didapati peningkatan tekanan aliran akan menyebabkan jumlah saiz keruk akan meningkat sehingga antara 2.3- 10 kali lebih besar daripada biasa. Tetapi ia termasuk kesan daripada pengecutan menegak terhadap aliran. Di samping itu, tekanan aliran juga berkadar langsung dengan halaju aliran. Pada halaju yang tinggi yang disebabkan oleh ruang yang semakin mengecil, tekanan juga meningkat seperti dalam Rajah 2.3.



Rajah 2.3 : Kedudukan aliran yang mempunyai tekanan tinggi (FHWA, 1978)

2.4.2 Keluasan Tapak / Saiz Tiang

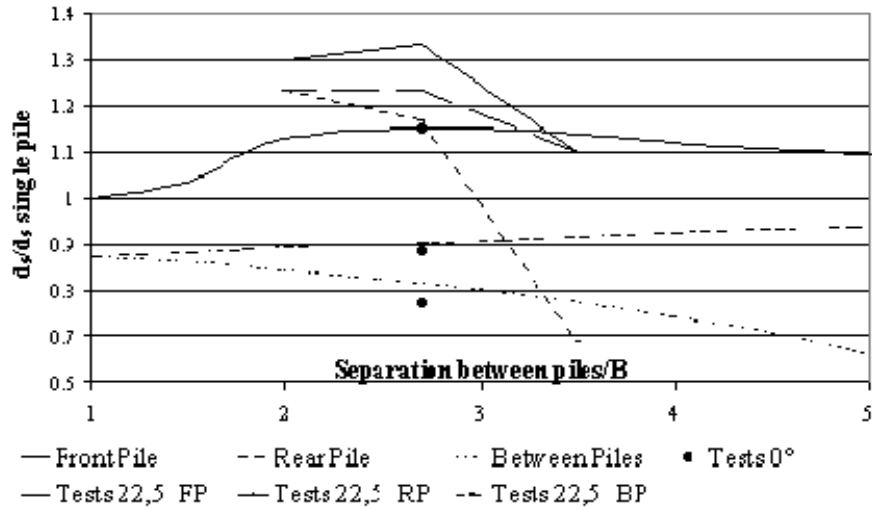
Kajian telah mendapati bahawa kedalaman keruk adalah berkadar langsung dengan keluasan tiang kecuali sekiranya ia lebih atau kurang terhadap penyerupaan geometri tiang, aliran dan juga kehilangan zarah-zarah pasir pada dasar , tetapi ia sangat jarang berlaku. Faktor penyerupaan geometri adalah sangat penting dan ia merupakan prasyarat dalam penyerupaan pergerakan untuk menukar kecerunan tenaga sebagai aliran di sekitar tiang.

2.4.3 Sudut Aliran

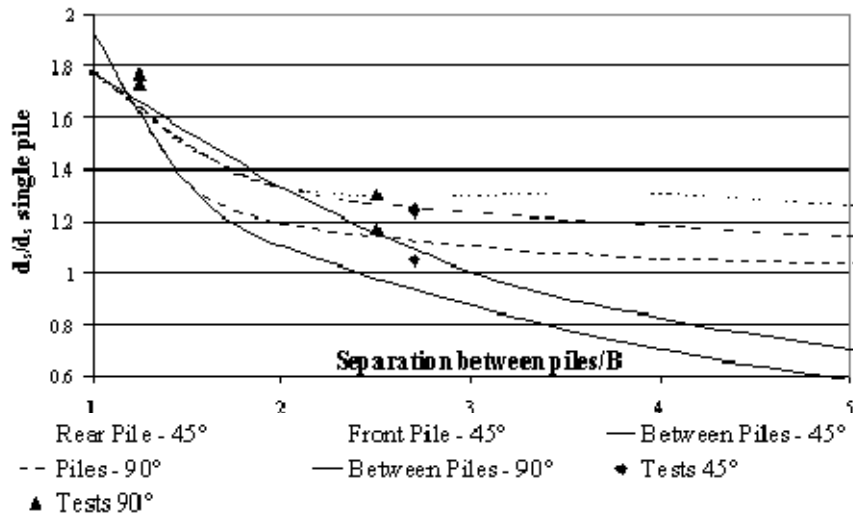
Melalui kajian yang telah dilakukan, didapati bahawa apabila sudut condong sesuatu keruk meningkat, maka kadar peningkatan kedalaman keruk juga bertambah (Laursen dan Toch). Selain itu, kadar sudut tersebut juga bergantung kepada bentuk dan

juga nisbah lebar. Melalui kajian yang dilakukan juga, didapati pembetulan terhadap sudut kumpulan cerucuk segiempat juga adalah hampir sama dengan pembetulan terhadap keruk pejal dengan dimensi lebar dan panjang yang sama. Hasil kajian telah membuktikan pembelauan sudut terhadap cerucuk pejal adalah maksima apabila sudut condong menghampiri 30° tetapi pembelauannya adalah kurang terhadap bentuk cerucuk yang tidak simetri dan beralun-alun berbanding dengan bentuk yang lurus.

Perbezaan antara pembetulan untuk cerucuk yang simetri dan juga cerucuk yang tidak berbentuk tetap adalah merujuk kepada cara cerucuk dijajarkan apabila sudut condong berubah. Apabila sudut condong meningkat, cerucuk yang tidak sekata ini akan dijajarkan secara sendirinya dan dijajar sepenuhnya apabila sudut laluan mencapai 45° . Rajah 2.4.1 – 2.4.2 menunjukkan perbezaan keadaan aliran di mana ia bersudut 0° , 45° dan 90°

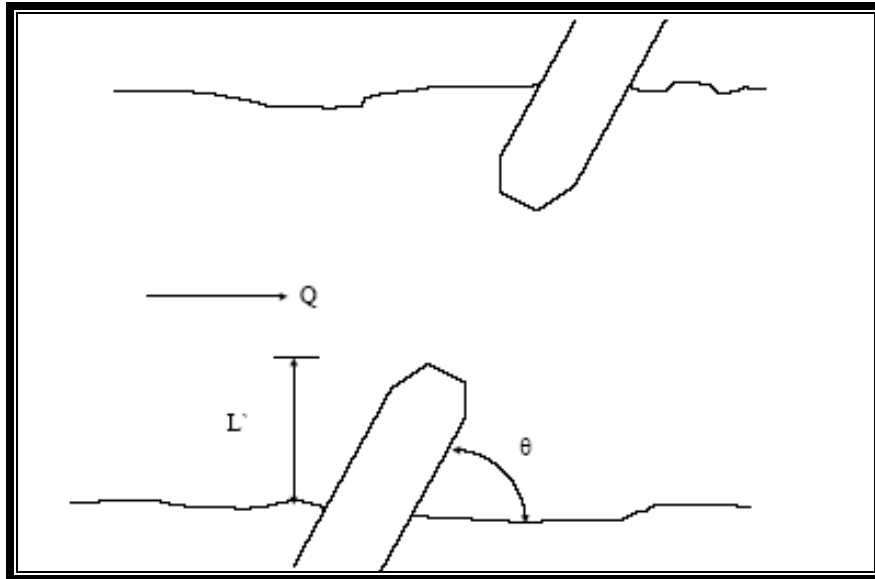


Rajah 2.4.1 : Graf cerapan apabila aliran tidak bersudut (Daniel and Spalletti, Pablo D,1995)



Rajah 2.4.2 : Graf cerapan apabila aliran bersudut (Daniel and Spalletti, Pablo D,1995)

Rajah 2.5 menunjukkan arah aliran yang dipengaruhi oleh sudut pier pada sesuatu jambatan. Kedudukan tiang banyak mempengaruhi bentuk serta arah aliran dan akan menyebabkan sudut tuju aliran berubah.



Rajah 2.5: Sudut tuju aliran (WaterWare Consultant,1997)

2.4.4 Asas Terdedah

Asas pada keruk ataupun tetopi cerucuk akan terdedah akibat daripada aliran yang wujud pada keruk. Ini akan mengundang kepada masalah pengangkutan sedimen, pengecutan keruk, perubahan aliran dan sebagainya. Pengiraan terhadap kedalaman keruk tempatan berpandukan kepada asas atau tetopi cerucuk merupakan kaedah yang sudah terlalu lama digunakan. Sebagai contohnya, pengiraan terhadap kedalaman keruk pada jambatan Schoharie Creek yang gagal pada suatu masa dulu. Didapati ia adalah hampir dengan model serta prototaip yang kedalaman keruk apabila lebar keruk adalah melebihi daripada lebar asas.

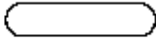
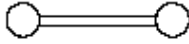
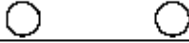

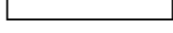
Sekiranya pada bahagian atas asas atau tetopi cerucuk terdedah untuk satu proses degradasi yang panjang atau disebabkan perubahan aras pengecutan keruk, ia adalah memadai dengan hanya membuat penilaian dengan berpandukan kepada lebar keruk.

2.4.5 Bentuk pier

Dalam merekabentuk struktur jambatan, faktor bentuk pier seharusnya diambil kira. Ini kerana ia akan mempengaruhi kedalaman keruk yang bakal wujud. Bagi bentuk tiang yang tajam, ia lebih berpotensi untuk menghasilkan keruk yang lebih dalam berbanding yang berbentuk tumpul. Tiang yang mempunyai dimensi berbeza dan tidak simetri lebih berpotensi untuk menghasilkan keruk yang lebih besar.

Pier yang direkabentuk dalam berbagai dimensi akan mempengaruhi kedalaman keruk.

Rajah 2.6 menunjukkan jenis-jenis bentuk pier.

Pier Shape		Pier Coefficient
Semicircular nose and tail		0.90
Twin-cylinder piers with connecting diaphragm		0.95
Twin-cylinder piers without diaphragm		1.05
90° triangular nose and tail		1.05
Square nose and tail		1.25
Ten pile trestle bent		2.50

Rajah 2.6 : Gambaran rekabentuk pier (FHWA , 1978)