



**PUSAT PENGAJIAN KEJURUTERAAN AWAM
KAMPUS KEJURUTERAAN**

**PERAMALAN KEDALAMAN KERUK DI SEKITAR
PIER MENGGUNAKAN KAEDAH REGRESI LINEAR
BERGANDA**

NAZRUL NIZAM B ABDUL RAHMAN

2005

PERAMALAN KEDALAMAN KERUK DI SEKITAR PIER
MENGUNAKAN KAEDAH REGRESI LINEAR BERGANDA

Oleh

Nazrul Nizam Bin Abdul Rahman

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
keperluan untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)

Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam
Universiti Sains Malaysia

April 2005

PENGHARGAAN

Dengan Nama Allah Yang Maha Pemurah Lagi Maha Pengasih. Alhamdulillah, dengan berkat usaha, memerah keringat dan keizinanNya akhirnya dapat juga projek tahun akhir ini disiapkan mengikut masa yang telah ditetapkan. Dengan kekurangan yang ada didalam kajian ini, apa yang diharapkan ia dapat dibaiki dari masa ke semasa. Pada kesempatan ini, ucapan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada penyelia projek tahun akhir, Profesor Madya Ahmad Shukri Bin Yahya diatas segala bimbingan, nasihat, panduan, buah fikiran dan bantuan tanpa mengira waktu didalam usaha penyiapan projek tahun akhir ini. Tanpa usaha dan sumbangan yang diberikan adalah mustahil untuk menyiapkan projek tahun akhir ini dengan jayanya. Kepada ayah dan bonda serta seluruh ahli keluarga diucapkan sekalung sayang dan cinta diatas segala doa, restu, sokongan, kasih sayang dan pengorbanan yang diberikan. Kepada rakan-rakan seperjuangan terima kasih atas segala pertolongan, nasihat, pandangan dan kerjasama yang diberikan oleh kalian adalah amat-amat dihargai. Sekali lagi sebelum menutup tirai, disini ingin menguntumkan sebutir kata terima kasih kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak dalam menjayakan projek tahun akhir ini. Akhir kata terpilih, terbilang dan gemilang merekayasa sebuah kejayaan.

ABSTRAK

Dalam senario pada hari ini, kajian terhadap semulajadi keruk di sekitar pier adalah semakin mengalakkan. Hal ini membuktikan kejadian keruk tidak lagi dipandang ringan kerana kesan terhadap sesebuah jambatan adalah amat serius. Walau bagaimanapun, keruk tempatan yang berlaku dalam struktur tersebut adalah sukar untuk diramalkan dengan tepat kerana keadaan fizikal persekitaran yang sentiasa mengalami perubahan. Maka persamaan yang diperolehi hanya mungkin sesuai untuk keadaan persekitaran yang dikaji dan bukannya bersesuaian untuk semua keadaan. Ramalan yang hampir tepat ini adalah perlu dan menjadi sebahagian daripada prosedur penting merekabentuk suatu jambatan yang efektif dari segi ekonomi dan juga aspek keselamatan. Perkara ini telah dibincangkan oleh Simon dan Senturk (1992), Kafi dan Annan (1995) dengan mencadangkan pelbagai persamaan keruk yang telah dibangunkan. Sebelum itu, mereka telah mendapati kejituan persamaan yang berdasarkan ujian makmal adalah lebih baik sekiranya pekali pemalar dan eksponen bagi persamaan ini diterbitkan dengan menggunakan data lapangan. Persamaan ini berdasarkan beberapa kriteria aliran (kedalaman aliran, halaju aliran, halaju vortex), geometri bentuk pier, saiz lapisan bahan . Berdasarkan cadangan oleh Kafi dan Annan (1995), Ab. Ghani dan Nalluri (1996), telah membangunkan beberapa persamaan yang baru untuk menjangkakan kedalaman keruk di sekitar pier dengan menggunakan data lapangan tersebut. Melalui kajian ini, analisis akan dibuat dengan menggunakan perisian SPSS (Statistical Products And Services Solutions) melalui kaedah regrasi linear. Penggunaan data luaran dan cerapan berpengaruh serta penggunaan model baru regrasi boleh diperolehi dimana ia akan menghasilkan satu

jangkaan atau ramalan kedalaman keruk tempatan yang lebih baik dan tepat. Daripada keputusan yang dikaji, didapati persamaan Aminuddin dan Nalluri (b) adalah memberi ramalan keruk yang terbaik.

ABSTRACT

The major failure mode of a bridge results mainly from excessive local scour around bridge piers. Scour induced bridge failure mode is relatively complex because of the combined effects of three dimensional river bed degradation, localized scour due to the channel constriction at the bridge opening, local scour around bridge piers and abutments due to the accelerated flow and generation of vortices at the bridge opening, and human interference, such as channel mining near a bridge site, upstream. As a result the equations developed are only suitable for certain conditions but not suitable for other conditions. It is very important to know the local scour because all the related information and data will be used in design of the bridge. Simon & Senturk (1992) and Kafi & Alam (1995) discuss various scour equations which have been developed in the literature. They found out that the accuracy of laboratory based equations was improved if coefficients and exponents of these equations were derived using field data. Besides that, the equations depend on the factor or flow criteria (flow depth, flow velocity, vortex velocity), shape of the pier and size of sediment. Based on the suggestion by Kafi & Alam (1995), Ab.Ghani & Nalluri (1996) developed a number of new equations to predict pier scour using the available field data. In this study, analysis has been made by using SPSS (Statistical Products and Services Solutions) software through linear regression method. Outlier's data and the new regression model used to make better predictions on the depth of local scour. From the result, Aminuddin and Nalluri (b) equation given the best predicted value for occurrence of scour around bridge piers.

ISI KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	PENGHARGAAN	
	ABSTRAK	i
	ABSTRACT	iii
	ISI KANDUNGAN	iv
	SENARAI RAJAH	vii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI SIMBOL	xii
BAB 1	Pengenalan pada kajian	
	1.0 Definisi Keruk	1
	1.1 Keruk Tempatan	2
	1.2 Keruk Dasar Hidup	4
	1.3 Keruk Air Jernih	5
	1.4 Objektif Kajian	6
	1.5 Skop Kajian	7
BAB 2	Kajian Literatur	
	2.0 Pengenalan	9
	2.1 Proses Kejadian Keruk	10
	2.2 Perkara Yang menyebabkan Kejadian Keruk	11
	2.3 Fasa-Fasa Kejadian Keruk	11
	2.3.1 Fasa Awalan	12
	2.3.2 Fasa Pembentukan	13

2.3.3 Fasa Penstabilan	13
2.3.4 Fasa Keseimbangan	14
2.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keruk	15
2.4.1 Halaju Aliran	15
2.4.2 Panjang Pier	16
2.4.3 Bentuk Pier	16
2.4.4 Kedalaman Aliran	17
2.4.5 Bentuk Dasar Saluran	17
2.4.6 Panjang Terunjur Pier	17
2.4.7 Sudut Tuju Aliran	18
2.4.8 Saiz Bahan Dasar	18
2.4.9 Kelebaran Pier	18
2.5 Sebab-Sebab Berlakunya Kegagalan Pada Jambatan	18
2.5.1 Kedalaman Asas Pier	19
2.5.2 Saiz Sedimen	20
2.5.3 Lebar Pier	21
2.6 Beberapa Hasil Kajian Keruk Di Sekitar Pier	22
2.7 Persamaan Keruk Tempatan Yang Digunakan Dalam Kajian	28
BAB 3 : METODOLOGI	
3.0 Pendahuluan	31
3.1 Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kedalaman Keruk	32
3.2 Pembentukan Model Regresi Linear Berganda Menggunakan SPSS	33

3.2.1 Persamaan Yang Digunakan Didalam Kajian Model	
Regresi Linear	33
3.2.2 Model Regresi Linear Secara Am	36
3.2.3 Data terpencil	36
3.2.4 Cerapan Berpengaruh	37
3.4 Data Analisis Yang Digunakan	39
BAB 4 : KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.0 Keputusan	41
4.1 Faktor Yang Mempengaruhi Keruk	41
4.2 Penilaian Analisis Dengan Menggunakan SPSS	48
4.3 Penilaian Persamaan dan Model Regresi Linear	50
4.4 Mengawal Keruk Secara Tradisional	59
4.4.1 Menggunakan Bahan Berbutir	59
4.4.2 Menggunakan Kolar atau Koison	60
4.4.3 Menggunakan Pier Korban	61
4.5 Langkah Pencegahan	61
BAB 5 : KESIMPULAN	
5.0 Kesimpulan	62

SENARAI RAJAH

RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
Rajah 1.0	Gambarajah menunjukkan jambatan , kedudukan pier dan keruk	2
Rajah 1.1	Sistem vortex ladam (Horshoe vortex)	4
Rajah 1.2	Rajah menunjukkan kedalaman keruk melawan masa yang menunjukkan perbezaan antara keruk air jernih dan keruk dasar hidup	5
Rajah 1.3	Pergerakan aliran dan cara berlakunya keruk	6
Rajah 2.1	Rajah menunjukkan pembentukan keruk disekitar pier	9
Rajah 2.2	Vektor halaju dan tekanan penyebab terjadinya keruk	10
Rajah 2.3	Proses Pembentukan Keruk (Faraday et.al, 1986)	12
Rajah 2.4.1	Graf Kedalaman Keruk melawan Halaju Aliran Mendatang (Chabert dan Engeldinger, 1956)	15
Rajah 2.5	Gambarajah menunjukkan kegagalan jambatan	19
Rajah 2.5.1	Graf kesan asas pier (Johnson et.al, 1992)	20
Rajah 2.5.2	Graf kesan saiz sedimen (Johnson et.al, 1992)	21
Rajah 2.5.3	Graf kesan lebar pier (Johnson et.al, 1992)	22
Rajah 2.6	Kumpulan pier dengan sudut 120°	28
Rajah 3.1	Rajah menunjukkan paparan data editor yang digunakan dalam perisian SPSS	35

Rajah 3.2	Rajah menunjukkan paparan menu untuk mendapatkan nilai SDR dan DFFITs	38
Rajah 4.1.1	Graf cerapan kedalaman keruk di lapangan melawan kedalaman aliran	42
Rajah 4.1.2	Graf cerapan kedalaman keruk di lapangan melawan halaju aliran	43
Rajah 4.1.3	Graf cerapan kedalaman keruk di lapangan melawan kelebaran pier	43
Rajah 4.1.4	Graf cerapan kedalaman keruk di lapangan melawan saiz sedimen	44
Rajah 4.1.5	Graf cerapan kedalaman keruk bahagi kelebaran pier di lapangan melawan nombor froude	44
Rajah 4.1.6	Graf cerapan kedalaman keruk bahagi kelebaran pier di lapangan melawan kedalaman aliran bahagi saiz sediment	45
Rajah 4.3.1	Plot kebarangkalian normal persamaan Aminuddin dan nalluri (b)	52
Rajah 4.3.2	Plot Reja melawan Nilai Ramalan bagi persamaan Aminuddin dan nalluri (b)	53
Rajah 4.3.3	Plot kebarangkalian normal persamaan persamaan Blench	53
Rajah 4.3.4	Plot Reja melawan Nilai Ramalan bagi persamaan Blench	54
Rajah 4.3.5	Plot kebarangkalian normal persamaan persamaan Larras	54
Rajah 4.3.6	Plot Reja melawan Nilai Ramalan bagi persamaan Larras	55

Rajah 4.3.7	Plot kebarangkalian normal persamaan persamaan Railway	
	Practise	55
Rajah 4.3.8	Plot Reja melawan Nilai Ramalan bagi persamaan Railway	
	Practise	56
Rajah 4.3.9	Plot kebarangkalian normal persamaan persamaan Qadar	56
Rajah 4.3.10	Plot Reja melawan Nilai Ramalan bagi persamaan Qadar	57
Rajah 4.3.11	Plot kebarangkalian normal persamaan persamaan Mushtaq	
	Ahmad	57
Rajah 4.3.12	Plot Reja melawan Nilai Ramalan bagi persamaan Mushtaq	
	Ahmad	58

SENARAI JADUAL

JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
Jadual 2.0	Senarai nama penyelidik dan persamaan yang diterbitkan	29
Jadual 3.0	Senarai nama penyelidik dan persamaan yang digunakan	33
Jadual 3.1	Julat Data bagi Pembolehubah Keruk Tempatan di Sekitar Pier.	39
Jadual 4.1	Persamaan regrasi baru, nilai R dan R^2 bagi persamaan-persamaan keruk tempatan di sekitar pier	48
Jadual 4.2	Persamaan regresi linear baru, pekali penentu berganda, data terpercil dan cerapan berpengaruh	51

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 = Matrix Malar

ε = vektor kesilapan

SSE = Ralat hasil tambah ganda dua (*Sum of Squares for Error*)

p = Bilangan parameter digunakan dalam persamaan

n = Bilangan data cerapan

e_i = Sampel tertinggal yg ke- I (*I th sample residual*)

h_{ii} = Nilai sistem tuas

Ss = Graviti tentu

g = pecutan gravity

d_r = saiz partikel batuan pelindung

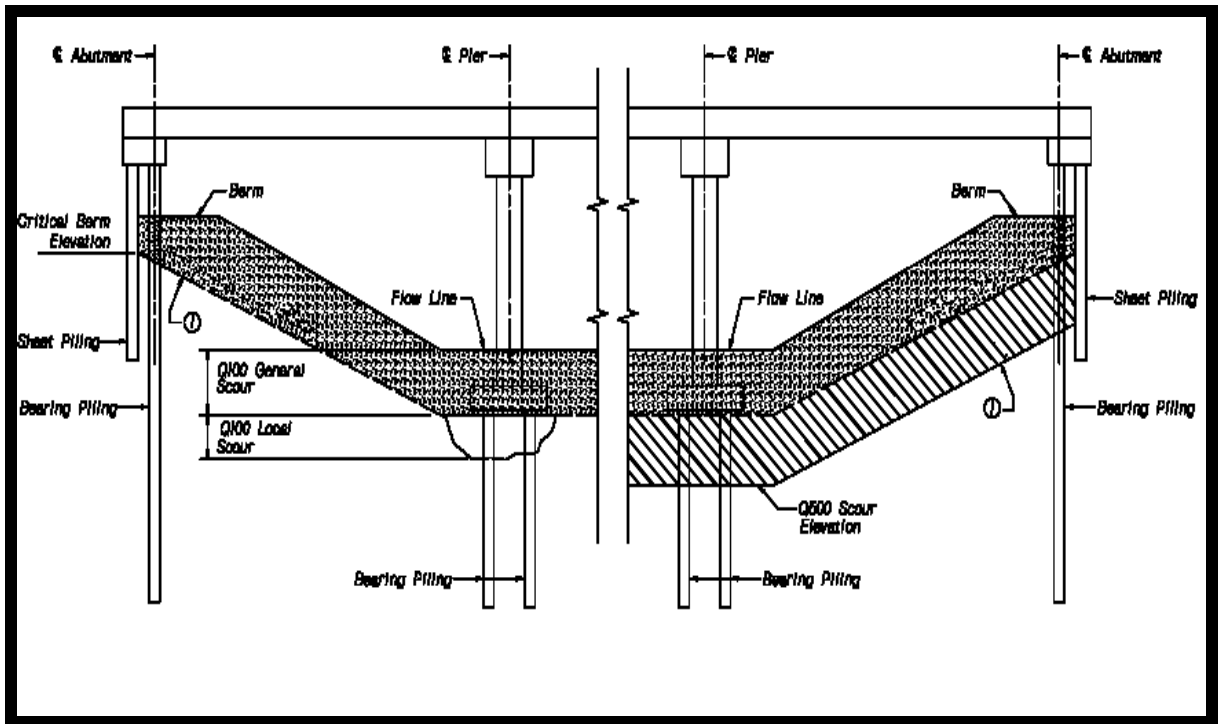
BAB 1

PENGENALAN KEPADA KAJIAN

1.0 Definisi Keruk

Keruk secara amnya boleh didefinisikan sebagai suatu proses hakisan yang berlaku didasar sungai atau pada dasar sesuatu aliran. Keruk akan memindahkan segala bahan dasar yang terdapat didalam dasar sungai yang telah disebabkan oleh peningkatan halaju dan juga tegasan ricih yang telah berlaku didasar. Air sungai dengan halaju yang tinggi akan membawa bersama-sama bahan dasar lalu merempuh struktur jambatan yang menghalanginya dan proses ini akan berlaku pada setiap masa dengan berulang dan akan menghasilkan suatu bentuk atau tinggalan yang dinamakan keruk.

Dalam banyak kegagalan yang berlaku kepada jambatan adalah disebabkan pembentukan keruk di sekitar pier dan merupakan suatu fenomena yang disebabkan gabungan elemen-elemen daripada tiga perkara iaitu penurunan bahan sungai, keruk tempatan disekitar pier dan juga kelajuan halaju air sungai. Kebanyakan sifat parameter dalam fenomena kejadian keruk adalah sesuatu yang semulajadi. Ini juga bergantung terhadap proses rekabentuk jambatan dan sungai yang dibina. Penentuan proses dan ramalan kejadian keruk adalah berdasarkan pengalaman dan juga penilaian untuk menentukan tahap keseluruhan keruk berkenaan. Ini kerana dalam penilaian keruk, keputusan dan maklumat yang lemah akan mengakibatkan sesuatu rekabentuk terlebih atau terkurang rekabentuk dan akan mengakibatkan kegagalan pada jambatan.



Rajah 1.0 : Gambarajah menunjukkan jambatan, kedudukan pier dan keruk.

1.1 Keruk Tempatan

Keruk adalah suatu proses pergerakan bahan dari mendapan sungai oleh hakisan yang disebabkan oleh aliran air. Fenomena kejadian keruk ini adalah disebabkan oleh penurunan bahagian kecil pada dasar saluran yang berada pada aras normal. Kedalaman keruk boleh didefinisikan sebagai kedalaman yang terdapat pada lubang keruk di hulu dan di hilir pier. Menurut Breusers dan Roudkivi (1991) keruk tempatan boleh didefinisikan sebagai suatu proses perendahan dasar sungai di kawasan berdekatan hilir diakibatkan oleh keadaan ketidakseimbangan pengangkutan endapan pada struktur utama jambatan.

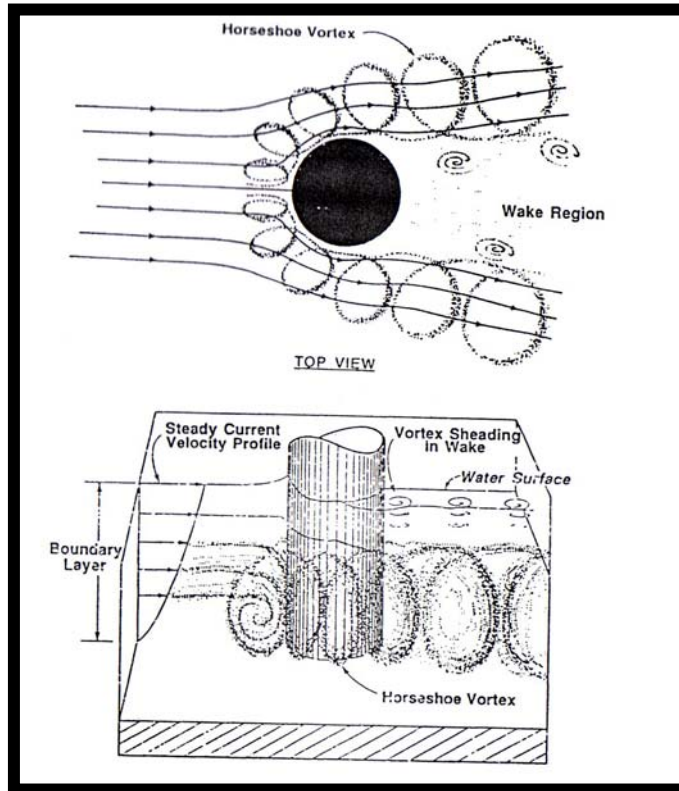
Keruk adalah merupakan salah satu faktor sebab berlakunya kegagalan pada jambatan akibat dari kegagalan struktur. Ini dapat dibuktikan dengan kenyataan Smith

(1976) yang menyatakan bahawa pergerakan banjir dan asas bertanggungjawab keatas hampir separuh dari 143 kegagalan jambatan yang berlaku.

Pier jambatan merupakan struktur utama yang menyokong sesuatu jambatan. Ia sentiasa terdedah kepada satu agen hakisan utama iaitu aliran air sungai yang hampir setiap masa merempuh dan melanggar tiang jambatan. Hakisan yang wujud bukan sahaja pada dasar sekitar pier tetapi juga melibatkan hakisan pada konkrit di pier tersebut.

Kegagalan jambatan disebabkan keruk cenderung untuk berlaku secara tiba-tiba tanpa diduga. Tiada petanda awal atau amaran yang boleh diberikan kerana tiada siapa yang tahu apakah yang berlaku dibawah jambatan di bahagian piernya.

Kedalaman keruk dihulu pier kemungkinan lebih besar atau lebih dalam berbanding kedalaman hilir. Keruk tempatan pada pier jambatan adalah terhasil daripada suatu sistem vortex yang wujud pada pier. Paksi vortex adalah mengufuk dan meliputi keliling asas pier dalam bentuk ladam kuda. Paksi vortex ini menghasilkan halaju tempatan yang tinggi pada dasar keruk. Kenaikan sistem vortex adalah pada paksi menegak. Corak aliran ini wujud disebabkan oleh aliran yang terhalang oleh pier jambatan. Apabila aliran dibenarkan melepasi pier jambatan ia akan mengalami tiga dimensi yang berasingan dan lapisan ricih berputar naik ke atas dimana sistem vortex ini meluas dihulu oleh aliran air. Sekiranya dilihat dari puncak, sistem vortex ini mempunyai bentuk yang bersifat seperti ladam kuda (Rajah 1.1). Ia lebih dikenali sebagai Sistem vortex ladam (Horseshoe vortex).



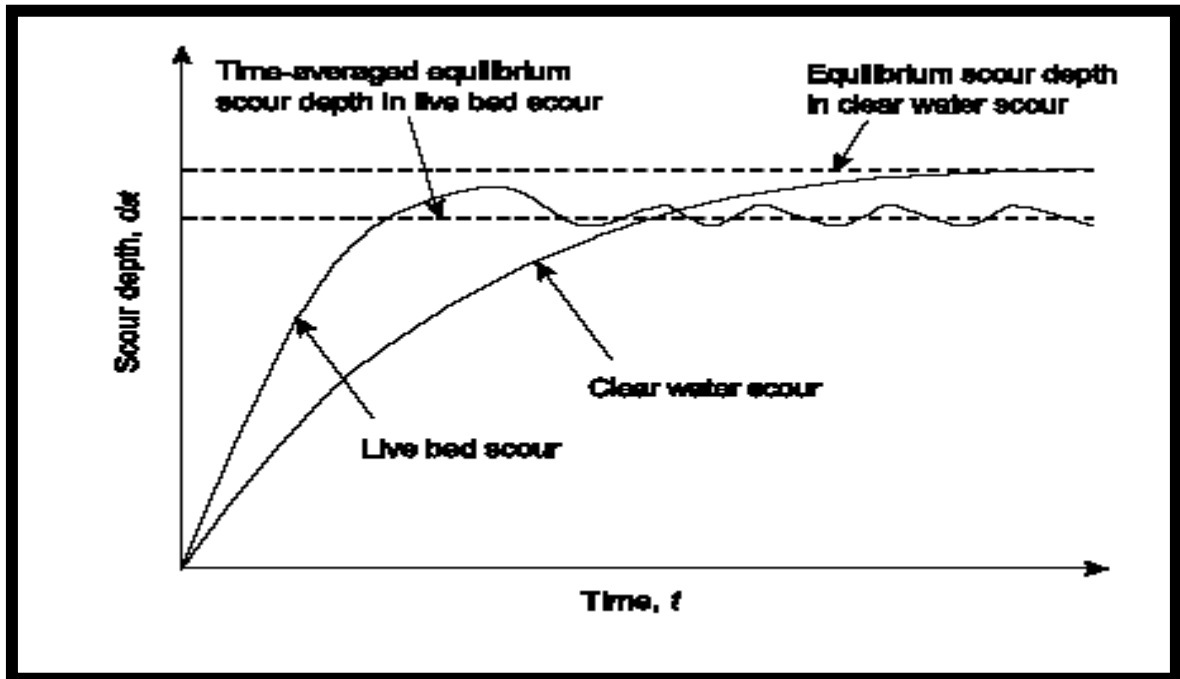
Rajah 1.1 : Sistem vortex ladam (Horshoe vortex)

1.2 Keruk Dasar Hidup

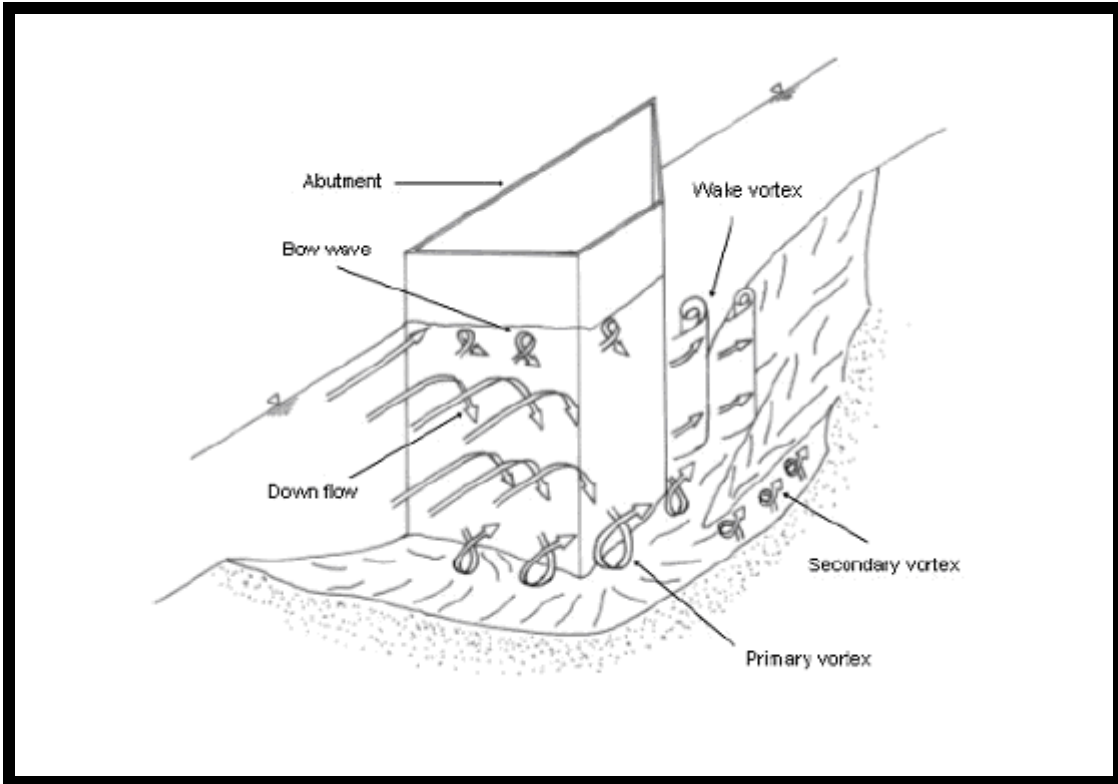
Ia melibatkan lintasan yang berlaku di bahagian bawah aliran yang menghampiri aras dasar pada bahagian hulu aliran. Didalam keruk air jernih, ia akan mencapai maksima pada masa yang lebih lama dari keruk dasar hidup. Di dalam kebanyakan kes yang berlaku, keadaan ini banyak terjadi pada sungai yang mempunyai dasar yang agak kasar serta berbatuan kerikil halus dan kecil.

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 : Rajah menunjukkan kedalaman keruk melawan masa yang menunjukkan perbezaan antara keruk air jernih dan keruk dasar hidup.



Rajah 1.3 : Pergerakan aliran dan cara berlakunya keruk.

1.4 Objektif Kajian

Objektif utama kajian ini dilakukan adalah bagi :

- a) Mengkaji sifat dan keadaan keruk pada substruktur jambatan.
- b) Membuat penilaian serta mendapatkan model regresi dan analisis statistik untuk keadaan keruk dengan menggunakan data lapangan yang telah disediakan.

- c) Menilai persamaan sedia ada dengan menggunakan data lapangan dan menggunakan perisian SPSS (Statistical Products and Services Solutions) dengan menggunakan kaedah regresi linear
- d) Membangunkan beberapa persamaan baru yang dapat meramalkan kedalaman keruk dengan lebih cekap dan efisien.

1.5 Skop kajian

Dalam senario pada hari ini, kajian terhadap semulajadi keruk di sekitar pier adalah semakin mengalakkan. Hal ini membuktikan kejadian keruk tidak lagi dipandang ringan kerana kesan terhadap sesebuah jambatan adalah amat serius. Kegagalan sesebuah jambatan bukan sahaja kerana kegagalan strukturnya sahaja tetapi juga disebabkan fenomena keruk di sekitar pier. Walau bagaimanapun, keruk tempatan yang berlaku dalam struktur tersebut adalah sukar untuk diramalkan dengan tepat kerana keadaan fizikal persekitaran yang sentiasa mengalami perubahan. Ramalan yang hampir tepat ini adalah perlu dan menjadi sebahagian daripada prosedur penting merekabentuk suatu jambatan yang efektif dari segi ekonomi dan juga aspek keselamatan. Perkara ini telah dibincangkan oleh Simon dan Senturk (1992), Kafi dan Annan (1995) dengan mencadangkan pelbagai persamaan keruk yang telah dibangunkan. Sebelum itu, mereka telah mendapati kejituan persamaan yang berdasarkan ujian makmal adalah lebih baik sekiranya pekali pemalar dan eksponen bagi persamaan ini diterbitkan dengan menggunakan data lapangan. Persamaan ini berdasarkan beberapa kriteria aliran (kedalaman aliran, halaju aliran, halaju vortex), geometri bentuk pier dan saiz lapisan

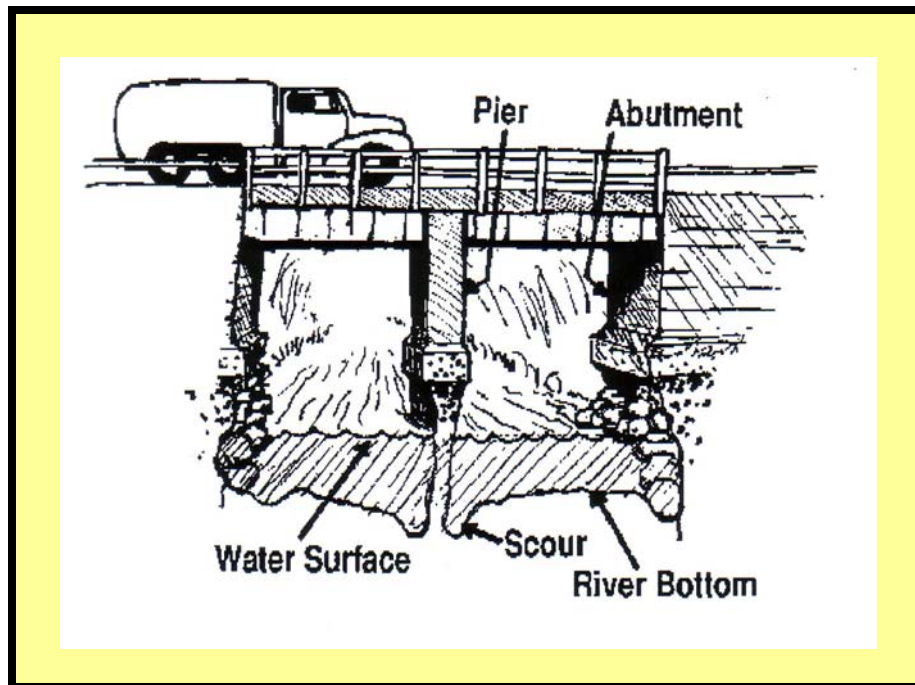
bahan . Berdasarkan cadangan oleh Kafi dan Annan (1995), Ab. Ghani dan Nalluri (1996), telah membangunkan beberapa persamaan yang baru untuk menjangkakan kedalaman keruk di sekitar pier dengan menggunakan data lapangan tersebut. Melalui kajian ini, analisis akan dibuat dengan menggunakan perisian SPSS (Statistical Products And Services Solutions) melalui kaedah regresi linear. Penggunaan data terpicil dan cerapan berpengaruh serta penggunaan model baru regresi boleh diperolehi dimana ia akan menghasilkan satu jangkaan atau ramalan kedalaman keruk tempatan yang lebih baik dan tepat.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.0 Pengenalan

Keruk tempatan adalah satu fenomena semulajadi yang terjadi disebabkan oleh aliran air di sungai apabila melalui suatu struktur. Keruk tempatan sebenarnya adalah berbeza dengan kejadian keruk am. Perbezaannya adalah dari segi kedalaman keruk yang dihasilkan dibawah keadaan yang sebenar pada aras dasar di bahagian hulu. Keruk tempatan boleh didefinisikan apabila dasar sungai direndahkan di kawasan berhampiran hilir struktur diakibatkan oleh keadaan ketidakseimbangan pengangkutan endapan (Breuser dan Roudviki, 1991) tetapi berbeza dari keruk am dimana aras keruk tempatan berada di bawah aras keruk am (Rajah 2.0).

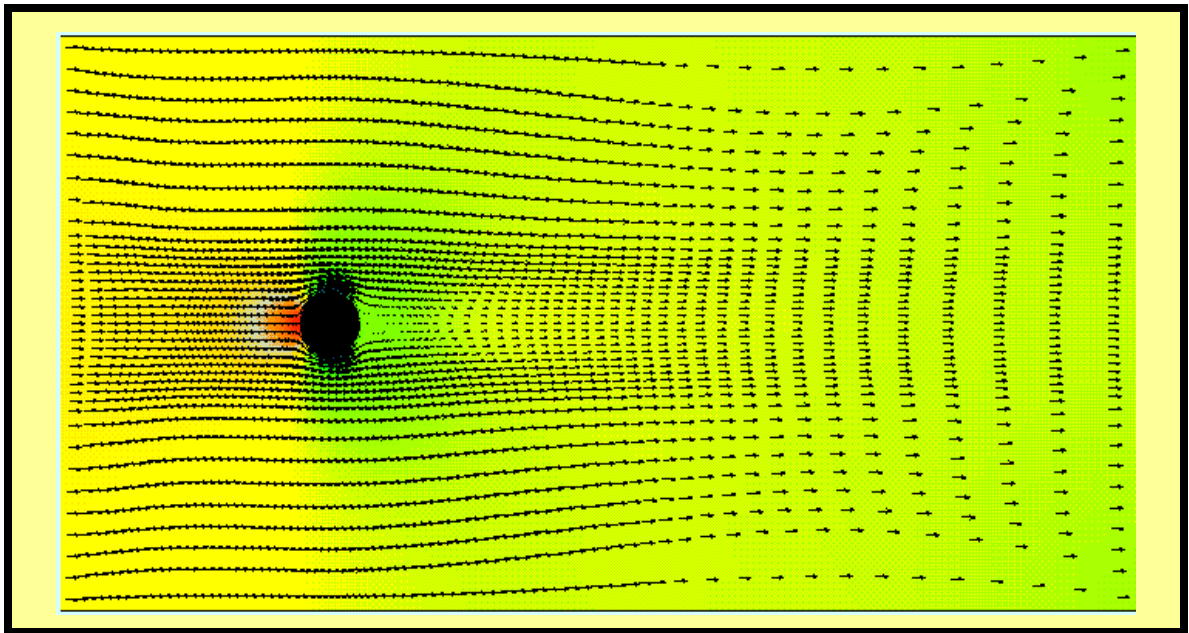


Rajah 2.0 : Rajah menunjukkan pembentukan keruk disekitar pier

2.1 Proses kejadian keruk

Apabila dua aliran keracak volteks (wake vortex) dari pier bersebelahan bertembung di hilir dan vortis dihasilkan maka kejadian keruk akan terjadi iaitu wujudnya hakisan disekitar pier. Vorteks keracak ini terbentuk pada bahagian hulu pier akibat pemisahan aliran pada pier dipanggil "pier cast-off" (Raudkivi, 1986) yang mempunyai paksi vertikal. Satu vorteks terhasil pada bahagian tepi, dibawa air kemudian dibawa arus dimana satu lagi kejadian keruk akan terbentuk pada bahagian yang bersebelahan dan akan terhapus dengan sendirinya. Vorteks keracak ini akan semakin terhapus apabila semakin ke hilir.

Frekuensi kehapusan vortex ini adalah berkadar terus dengan halaju aliran dan berkadar songsang dengan diameter pier. Nombor Strouhal bagi vorteks keracak pier adalah antara 0.23 dan 0.24 (Medville, 1975). Vorteks keracak ini tidak akan membawa kerosakan kepada pier.



Rajah 2.2 : Vektor halaju dan tekanan penyebab terjadinya keruk

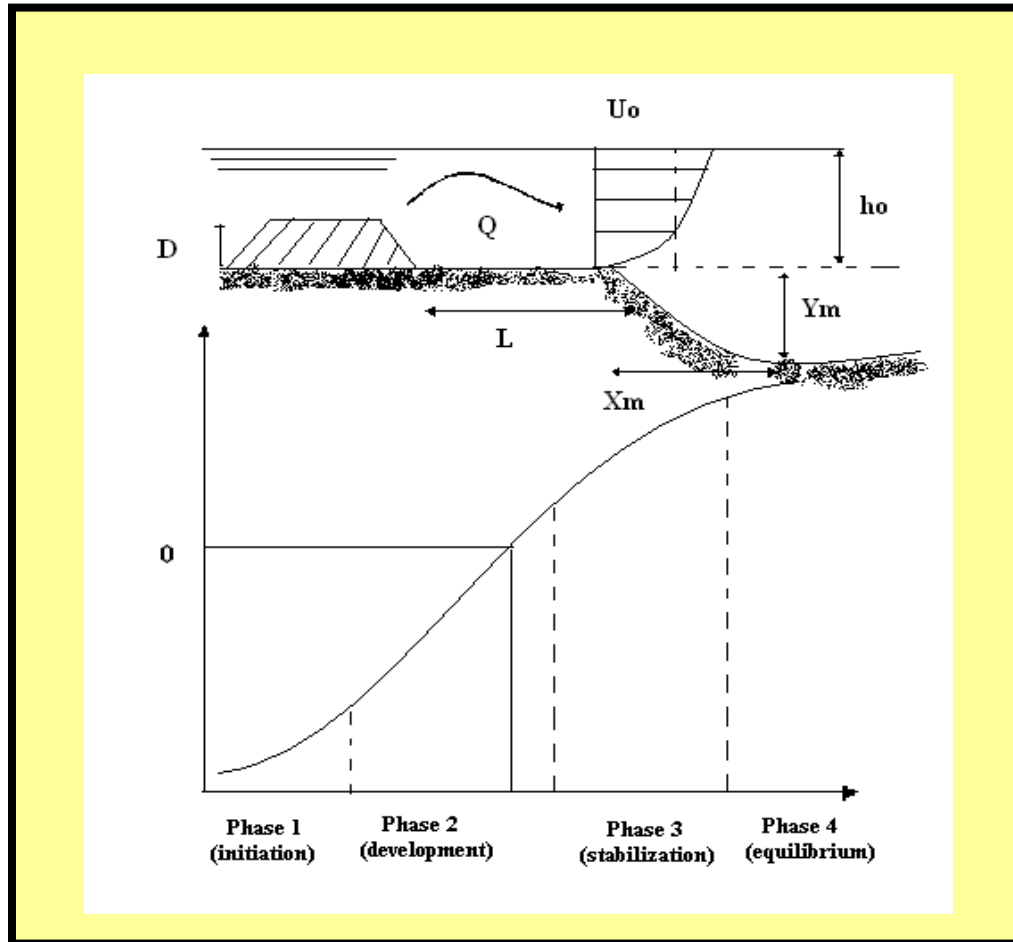
2.2 Perkara yang Menyebabkan Kejadian Keruk

Daripada kajian dan penyelidikan yang telah dijalankan, beberapa penyebab telah dikenalpasti didalam proses kejadian keruk ini. Antaranya adalah :

1. Apabila berlaku penambahan sementara luahan akibat banjir, cairan salji atau pembukaan pintu empangan
2. Apabila berlaku penambahan halaju, luahan dan kedalaman di dalam saluran
3. Apabila berlaku penambahan endapan beban enapan
4. Apabila berlaku perubahan dalam cerun saluran yang mempengaruhi luahan
5. Apabila terdapat halangan di dalam laluan aliran seperti pier, tembok landas.
6. Apabila wujud liku tajam dan pengentingan dalam saluran yang akan menukarkan haluan saluran
7. Apabila berlaku pengentingan dalam aliran oleh "*riprap*" atau bajaran perlindungan di tebing sungai atau secara semulajadi serta pembuatan manusia
8. Apabila paras asal direndahkan atau paras yang rendah telah ditinggikan oleh endapan.

2.3 Fasa-Fasa Proses Kejadian Keruk

Dari hasil kajian menggunakan skala model dengan nombor Froude kecil (Breusers 1996, Dietz 1969), Zanke (1978) menetapkan bahawa terdapat empat fasa di dalam pembentukan keruk tempatan iaitu fasa awalan, fasa pembentukan, fasa penstabilan dan fasa keseimbangan. Proses pembentukan keruk dapat ditunjukkan dalam rajah 2.3.



Rajah 2.3 : Proses Pembentukan Keruk (Faraday et.al, 1986)

2.3.1 Fasa Awalan

Aliran air di dalam lubang keruk adalah hampir seragam di dalam arah longitud di dalam fasa awalan ini. Di dalam fasa awalan ini, kapasiti hakisan yang berlaku adalah yang paling kritikal.

Kajian yang telah dilakukan dengan endapan halus (Breusers 1996) telah menunjukkan fenomena permulaan keruk. Sebahagian beban dasar pada cerun keruk di hulu ruas akan terampai. Kebanyakan partikal terampai akan terus terampai dalam

aliran akibat daripada keseimbangan dalaman antara fluks meresap ke atas dan fluks konvektif meresap ke bawah. Sebahagian daripada partikel akan terus terampai akibat aliran gelora berhampiran dasar dan sebahagian lagi akan mengalami rayap lompat dan diangkut sebagai beban dasar.

2.3.2 Fasa Pembentukan

Pada fasa ini kedalaman keruk akan bertambah tetapi bentuk lubang keruk adalah masih seperti pada fasa awalan. Nisbah kedalaman maksimum dan jarak dari hujung struktur kawalan dasar dimana terjadi lubang keruk yang maksimum adalah konsisten. Kajian yang telah dibuat oleh Hoffmans (1990) menunjukkan bahawa dibahagian hilir, cerun keruk berada dalam keseimbangan manakala di bahagian hulu air masih dalam proses pembentukan. Ini adalah menunjukkan halaju aliran berkurang dengan masa apabila berhampiran dengan dasar sedangkan tenaga gelora pula akan bertambah.

2.3.3 Fasa Penstabilan

Pada fasa ini kadar pembentukan kedalaman maksimum kerukan akan terus bertambah. Kapasiti hakisan pada bahagian paling dalam lubang keruk adalah terlalu kecil berbanding kapasiti hakisan yang berlaku pada hilir di titik penyambung. Oleh itu, dimensi lubang keruk bertambah dalam arah aliran berbanding dalam arah vertical. Semakin lama proses keruk berlaku, semakin berkurang halaju aliran di atas cerun keruk hulu pada bahagian bawah.

2.3.4 Fasa Keseimbangan

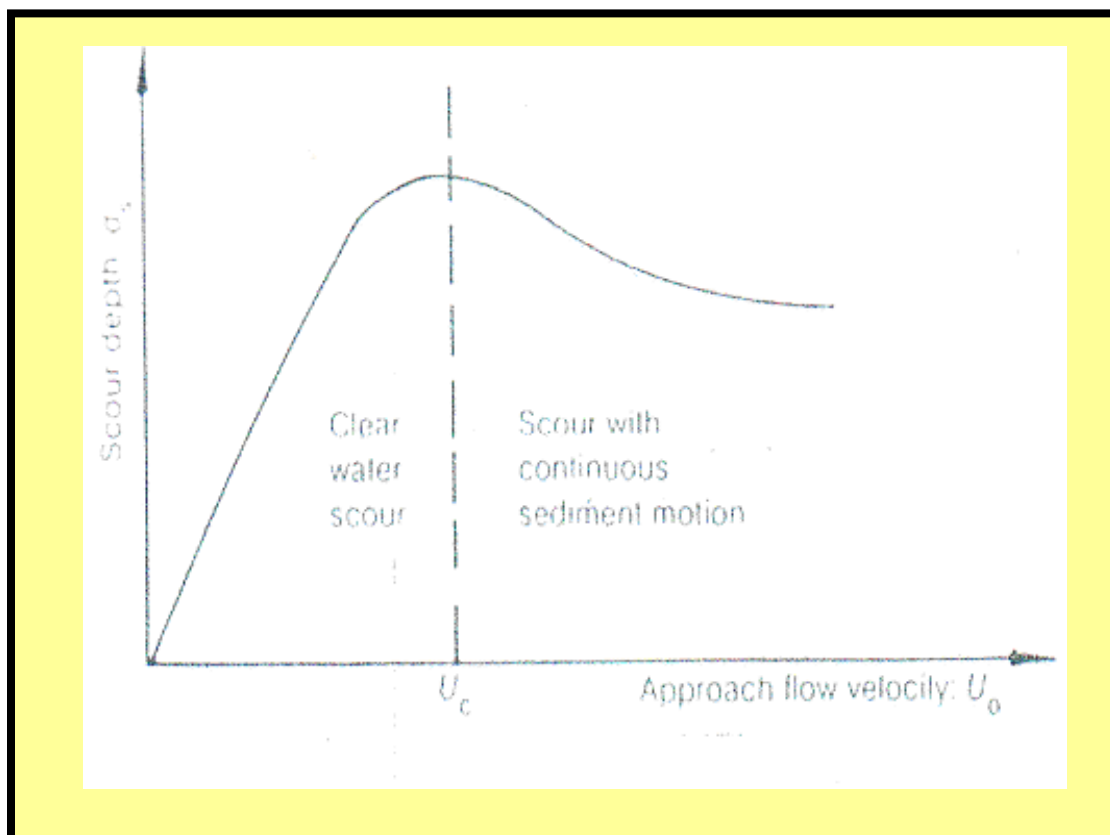
Apabila dimensi lubang keruk tidak lagi mengalami perubahan secara nyata ia dikatakan mengalami fasa keseimbangan. Dalam fasa ini partikel dasar pada hulu cerun keruk hanya akan bergolek dan bergelinsir dibawah aras rayap-lompat.

2.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keruk Tempatan

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kejadian keruk tempatan di sekitar pier. Faktor-faktor tersebut diterangkan di bawah.

2.4.1 Halaju Aliran, (V)

Daripada fenomena ini, didapati bahawa semakin tinggi halaju aliran maka kedalaman keruk akan turut meningkat (Rajah 2.4.1). Halaju aliran mempengaruhi kedalaman keruk samada didalam keadaan tenang atau gelora. Pada kebiasaan data penyelidikan adalah untuk aliran dengan Nombor Froude yang kurang dari satu ($F_r < 1$)



Rajah 2.4.1 : Graf Kedalaman Keruk melawan Halaju Aliran Mendatang (Chabert dan Engeldinger, 1956)

2.4.2 Panjang Pier, (L)

Faktor ini telah memberi kesan yang tidak ketara terhadap keruk sekiranya kedudukan pier adalah selari dengan arah aliran. Faktor panjang memberi kesan besar bila kedudukan pier menyilang arah aliran. Pada sudut tuju aliran yang sama, gandaan panjang pier akan meningkatkan kedalaman keruk sebanyak 33%. Beberapa persamaan keruk telah mengambil kira faktor ini bagi menganggarkan kedalaman keruk melalui penggunaan nisbah panjang pier terhadap kedalaman aliran atau lebar pier dan sudut tuju aliran terhadap pier. Seseengah pengkaji juga menggunakan keluasan terunjur (projected area) pier terhadap aliran.

2.4.3 Bentuk Pier

Bentuk pier yang selari pada hadapan pier terhadap aliran akan menyebabkan kekuatan volteks ladam berkurangan dan seterusnya kedalaman keruk akan turut berkurangan. Pier selari pada hilir terhadap aliran akan mengurangkan kekuatan vortek kerancak. Pier berbentuk hidung segiempat menghasilkan kedalaman keruk maksimum sebesar 20% berbanding pier berbentuk hidung tajam dan sebesar 10% berbanding pier berbentuk hidung bulat atau silinder. Dengan pier pengarisarusan hujung hadapan mengurangkan kekuatan vortex dalam dan seterusnya kedalaman keruk dapat dikurangkan.

2.4.4 Kedalaman Aliran, (y_1)

Peningkatan kedalaman aliran dapat meningkatkan kedalaman keruk sebanyak dua kali ganda atau lebih untuk pier. Faktor ini memberi kesan secara langsung terhadap kedalaman keruk.

2.4.5 Bentuk Dasar Saluran

Bagi saluran dasar pasir, Simon dan Richardson (1963) berpendapat bahawa keadaan dasar tersebut membentuk riak, gumuk, dasar rata dan anti-gumuk. Bentuk dasar saluran biasanya bergantung kepada taburan saiz bahan dasar, keadaan aliran dan kepekatan bendalir. Dalam keadaan tertentu, bentuk dasar mungkin berubah dari bentuk gumuk kepada rata atau anti-gumuk semasa aliran bertambah. Ia juga berkemungkinan berubah kembali ke bentuk asal sekiranya aliran berkurang. Perubahan suhu air, perubahan kepekatan kelodak dan tanah liat juga merupakan beberapa faktor pendorong lain yang membawa kepada perubahan bentuk dasar.

2.4.6 Panjang Terunjur Pier

Kedalaman lubang keruk tempatan semakin bertambah dengan bertambahnya panjang terunjur pier kedalaman aliran. Pertambahan kedalaman keruk ini mempunyai had tertentu terhadap penambahan panjang terunjur. Had ini akan tercapai apabila nisbah panjang terunjur, a terhadap kedalaman aliran, y_1 ialah 25.

2.4.7 Sudut Tuju Aliran

Sudut tuju aliran ini berhubungkait dengan panjang pier. Faktor ini mempunyai kesan besar terhadap kedalaman keruk tempatan.

2.4.7 Saiz Bahan Dasar

Saiz bahan dasar dalam pasir mempunyai kesan sedikit ke atas kedalaman keruk. Bahan dasar lebih besar tidak mempengaruhi kedalaman keruk maksima sekiranya digerakkan oleh aliran tuju atau vorteks dan gelora yang dihasilkan oleh pier tetapi hanya masa untuk ia mencapainya. Saiz bahan dasar menentukan sama ada keruk pada pier adalah keruk air jernih atau keruk dasar hidup.

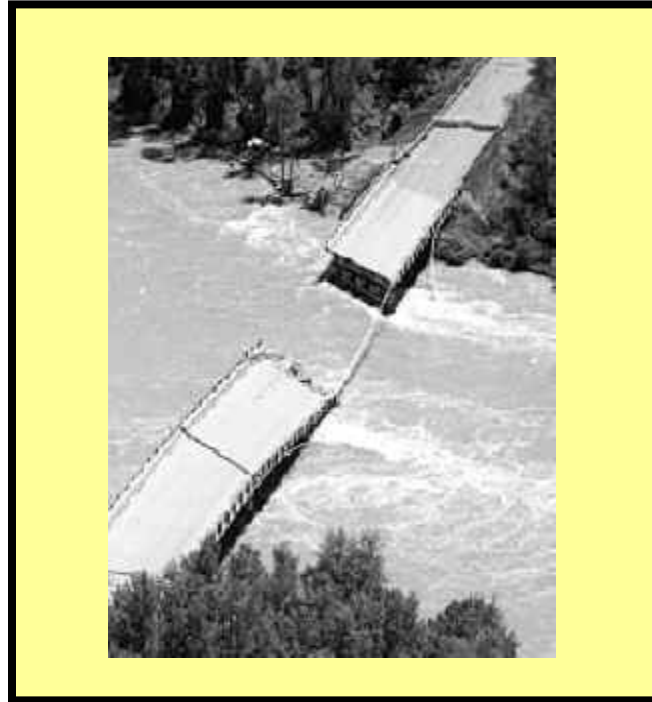
2.4.8 Kelebaran Pier, (a)

Kelebaran pier mempunyai kesan terus kepada kedalaman keruk. Pertambahan kelebaran pier akan menambahkan kedalaman keruk.

2.5 Sebab-sebab Berlakunya Kegagalan Pada Jambatan

Keruk yang terbentuk di bawah jambatan akan mengakibatkan kegagalan pada struktur jambatan yang mengakibatkan kehilangan berjuta-juta ringgit dan kehilangan nyawa. Keruk yang terjadi semasa pergerakan aliran air didalam sungai dan membolehkan meningkatkan kedalaman sesuatu keruk bila sedimen, batu-batu, gravel,

dan pasir, pengangkutan bahan mendapan yang melalui pier jambatan akan menyebabkan struktur pada asas jambatan akan mengalami kegagalan.

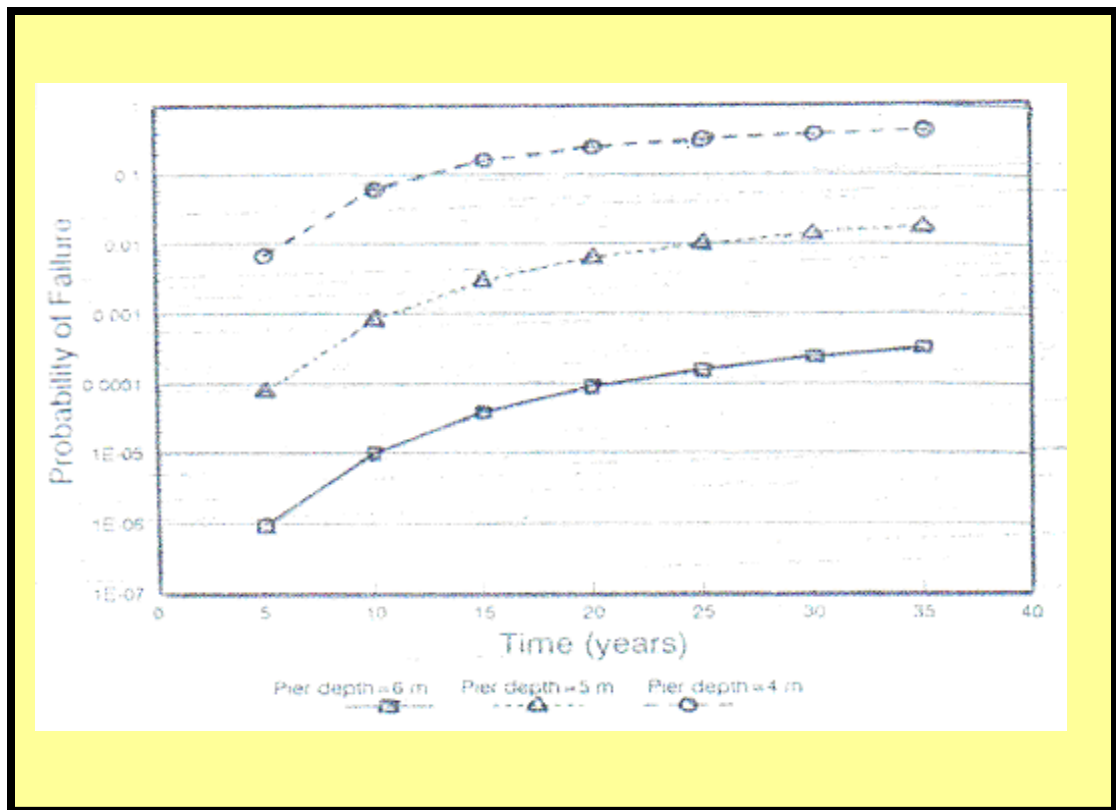


Rajah 2.5 Gambarajah menunjukkan kegagalan jambatan

Selain itu, terdapat beberapa parameter yang memberi kesan kepada kebarangkalian kegagalan jambatan dan jangka hayat fungsi taburan longgokan atau CDF. Antara parameternya adalah lebar pier, purata saiz sedimen dan kedalaman pier.

2.5.1 Kedalaman Asas Pier

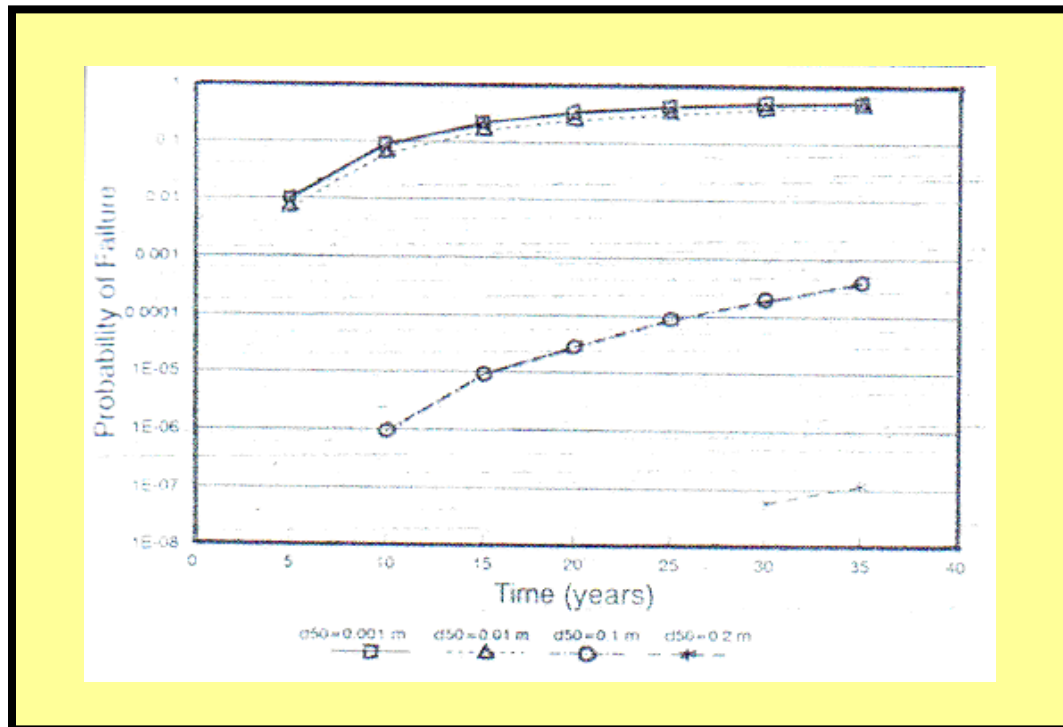
Kedalaman asas pier jambatan akan kurang mengalami kegagalan dengan bertambahnya kedalaman. Rajah 2.5.1 menunjukkan perhubungan yang dinyatakan diatas.



Rajah 2.5.1 : Graf kesan asas pier (Johnson et.al, 1992)

2.5.2 Saiz Sedimen

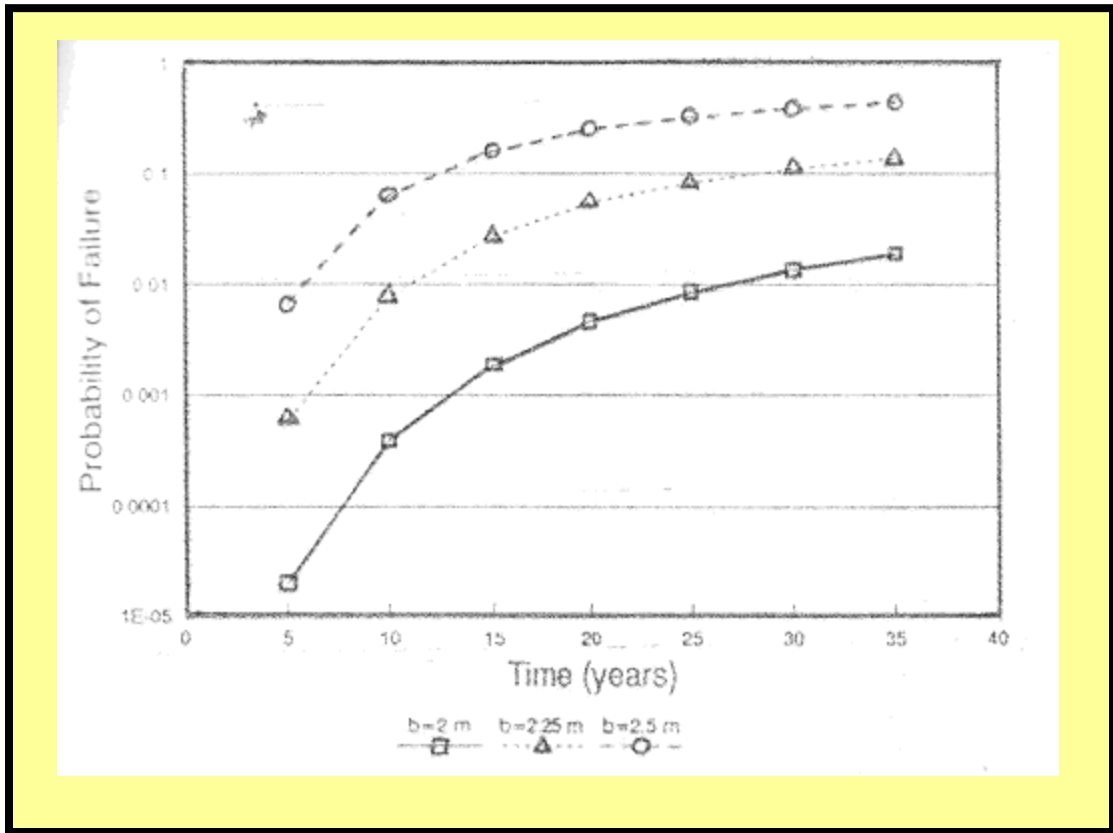
Kesan pertukaran saiz sedimen keatas kebarangkalian kegagalan dikaji untuk menggambarkan kesan meletakkan riprap sekeliling pier. Rajah 2.5.2 dibawah menunjukkan jangkahayat CDF selama 35 tahun untuk purata saiz sidemen. Selain itu, rajah tersebut menunjukkan dua lengkung berbeza yang memberi kesan diameter butiran keatas pembentukan lubang keruk.



Rajah 2.5.2 : Graf kesan saiz sedimen (Johnson et.al, 1992)

2.5.3 Lebar Pier

Kesan lebar pier keatas kebarangkalian kegagalan jambatan dapat dijangka dengan menguji pelbagai diameter pier silinder. Rajah 2.5.3 menunjukkan dengan pertambahan lebar pier, kebarangkalian kegagalan juga akan bertambah. Perhubungan adalah linear tetapi jika lebar pier ditambah sedikit maka kebarangkalian kegagalan pier akan bertambah dan akan menghasilkan perubahan besar dalam kebarangkalian kegagalan jambatan dalam jangka hayatnya.



Rajah 2.5.3 : Graf kesan lebar pier (Johnson et.al, 1992)

2.6 Beberapa Hasil Kajian Keruk Disekitar Pier

Daripada hasil kajian ilmiah yang dijalankan, terdapat beberapa hasil kajian dan ujikaji atau eksperimen yang telah ditemui yang berkaitan dengan ciri-ciri bendalir, cerun dasar, penalaan sungai, arah aliran dan luahan.

Daripada kajian yang telah dijalankan oleh Wang et. al (1990) menunjukkan bahawa kawasan relatif lubang keruk kepada kawasan projeksi boleh dinyatakan oleh fungsi Nombor Froude pier, Nombor Reynolds dan nisbah dimensi pier kepada saiz partikel bahan dasar sungai.

Berdasarkan kepada pengetahuan tentang mekanik keruk pier, kaedah pilihan yang digunakan untuk mengurangkan kadar keruk telah dilakukan oleh Shen et. al (1966) dan dinyatakan seperti berikut :

1. Pengubahsuaian bahagian yang menghadap aliran untuk menghalang pembentukan atau melemahkan system voltex tapak kuda
2. Penyediaan struktur pelindung atau penahan seperti apron
3. Menggunakan struktur pelindung tambahan seperti meletakkan pier tambahan yang kecil dihadapan pier utama yang menghadap aliran
4. Menggunakan struktur riprap dan dengan menggunakan kepingan penyanduran (*plating armor*)

Penyiasatan yang dilakukan oleh Shen dan Wang (1966) menunjukkan bahawa kedalaman keruk dengan sudut serangan adalah merupakan fungsi parameter aliran. Disamping itu lebar projeksi akan terletak dalam kelebaran pier dengan pier tak-terpancung.

Dari segi keadah kajian yang dilakukan, keruk tempatan di pier jambatan aliran adalah dianggap sebagai aliran mantap atau seragam. Parameter yang mempengaruhi fenomena pengerukan disenaraikan sebagai sifat-sifat larutan, bahan dasar, keadaan aliran dan pier, (Wang et. al (1968 & 1993)).

Antara kesimpulan yang telah dibuat oleh Wang et. al(1994) :

1. Untuk pier berbentuk bulat dan muncung hadapan tumpul disusun dengan tanpa ada aliran, kedalaman keruk maksima disekeliling pier dapat ditunjukkan dalam sebutan parameter aliran.
2. Kawasan lubang keruk relatif kepada projeksi kawasan dinyatakan sebagai Nombor Froude pier, Nombor Reynolds pier dan diameter relative butiran
3. Kedalaman keruk maksima boleh dikurangkan bergantung kepada pengubahsuaian bentuk pier, pembolehkan hidraulik, modifikasi dan sudut

dongakan (angle of attack). Pier Segiempat pada asas mendatar bersokong diatas cerucuk bebibir tegak sekeliling tepian aliran adalah kaedah yang berkesan dalam mengurangkan kesan keruk. Apabila aliran dibariskan selari dengan pier, pier segiempat dengan pier silinder tambahan yang ditanam dihadapan pier utama merupakan kaedah yang berkesan untuk mengurangkan pembentukan keruk. Walaubagaimanapun kaedah yang dicadangkan tersebut memerlukan kajian yang lebih mendalam.

Hasil Kajian Oleh Shen dan Wang (1966) menunjukkan terdapat bebarapa hasil kajian dan ujikaji atau ekperimen yang telah ditemui yang berkaitan dengan ciri-ciri bendalir, cerun dasar, penalaan sungai, arah aliran dan luahan.

Antara kesimpulan yang telah dibuat adalah :

1. Didapati bahawa kedalaman keruk bergantung kepada kekuatan sistem volteks ladam. Ini bermakna kedalaman keruk maksima adalah fungsi Nombor Reynolds pier. (Shen et.al ,1966,1969)
2. Didapati bahawa kedalaman keruk maksima adalah fungsi Nombor Froude aliran. (Shen et.al ,1966)
3. Kedalaman keruk maksima boleh diperolehi sebagai fungsi parameter aliran. (Wang et.al ,1968).
4. Didapati bahawa kedalaman keruk maksima dengan sudut serangan adalah fungsi parameter aliran.(Shen et.al ,1966) dan (Wang et.al ,1986)
5. Didapati bahawa kawasan lubang keruk di hadapan pier dianggap berbentuk semibulatan manakala kawasan pada bahagian belakang pier boleh dianggap berbentuk semi elip. (Wang et.al ,1989)