

4000006569



**PENGANGKUTAN SEDIMEN TERAMPAI SEMASA PASANG-SURUT  
PARBANI DAN PASANG-SURUT ANAK DI MULUT MUARA, LAGUNA  
SALUT-MENGKABONG**

**SHAZRAH SHAFILLA MOHAMAD KASIM**

**TESISINI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI  
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA  
MUDA SAINS MARIN DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM SAINS MARIN  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**



**MAC 2005**

PERPUSTAKAAN UMS



1400006569



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PENGANGKUTAN SEDIMENT TERAMPAT SEMARA PASANG-SURUT PARBANI DAN PASANG-SURUT ANAK DI MULUT MUARA LAGUNA SALUT-MENGKARONG

Ijazah: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS MARIN DENGAN KEPUJIAN

SESI PENGAJIAN: 2002/2005

Saya SHAZRAH SHAPILLA BT. MOHAMAD KASIM

(HURUF BESAR)

mengaku mbenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)\* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sabaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. \*\*Sila tandakan ( / )

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau  
kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam  
AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan  
oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: KEDIAMAN WARDEN,  
SERI MEN. TEKNIK SERI ISKANHAR,

Nama Penyelia

32600 BOTJA, PERAK

Tarikh: 22/03/05

Tarikh: \_\_\_\_\_

CATATAN: \* Potong yang tidak berkeraan.

\*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi  
berkeraan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT  
dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau  
disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda  
(LPSM).



## PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

20 Februari 2005

---

SHAZRAH SHAFILLA MOHAMAD KASIM

HS2002-4209



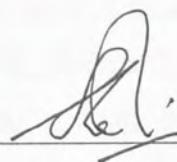
**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**PERAKUAN PEMERIKSA****DIPERAKUKAN OLEH**

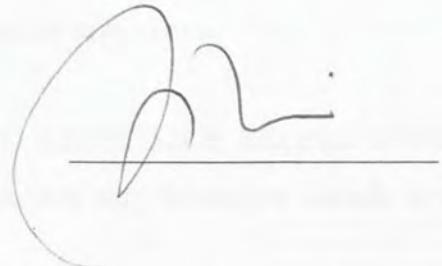
Tandatangan

**1. PENYELIA**

(Dr. Shahbudin Saad)

**2. PEMERIKSA 1**

(Dr. Kawi Bidin)

**3. PEMERIKSA 2**

(Pn. Ejria Saleh)

**5. DEKAN**

( Prof. Madya Dr. Amran Ahmed )

**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGHARGAAN

Assalamualaikum WarahmatulLahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah, syukur saya kehadrat Ilahi kerana izin dan hidayahNya, maka penulisan disertasi ini dapat disiapkan dalam tempoh masa yang ditetapkan.

Banyak kelemahan yang mungkin ada dalam penulisan ini, oleh itu saya amat berterima kasih kepada semua yang terlibat terutamanya kepada Dr. Shahbudin Saad, selaku penyelia yang telah banyak memberikan tunjuk ajar, bimbingan, bantuan serta nasihat dalam usaha menyiapkan projek ini. Penghargaan yang tinggi juga saya tujukan kepada Cik Salha Hassn Alban, pembantu makmal iaitu En. Asri dan juga pemandu-pemandu bot UMS yang banyak membantu sepanjang tempoh pengajian saya di sini.

Tidak lupa juga kepada ayahanda dan bonda serta seluruh kaum keluarga di atas dorongan dan nasihat serta bantuan material terutama dari segi kewangan kepada saya bagi memastikan penulisan ini dapat disempurnakan.

Terima kasih juga buat teman-teman seperjuangan sesi 2002/05 yang telah banyak memberikan sokongan dan semangat terutamanya Nurulashikin, Vienna, Fatin, Fitra, Wahed, Ajan dan Michael yang sanggup mengorbankan waktu cuti semester untuk sama-sama mencari maklumat di perpustakaan. Tidak lupa juga buat teman serumah saya iaitu Shalizana, Nik Suriyati dan Hajar yang banyak memberikan sokongan dan dorongan kepada saya dalam menyiapkan penulisan ini.

Akhir sekali, sekalung penghargaan ditujukan kepada seluruh kakitangan Institut Penyelidikan Marin Borneo di atas komitmen dan kerjasama yang telah diberikan.

Sekian, terima kasih.

## Abstrak

Pasang-surut parbani dan pasang-surut anak memainkan peranan yang penting di dalam menentukan corak pengangkutan sedimen terampai di kawasan persekitaran muara. Kajian ini dijalankan di kawasan mulut muara Laguna Salut-Mengkabong,, sistem muara yang luas di kawasan kajian ini menerima pengaliran sumber air tawar yang sangat kurang di mana sumber air tawar yang utama adalah taburan hujan di kawasan tersebut. ADCP digunakan dalam kajian ini untuk menentukan halaju arus di dalam pengangkutan sedimen. Sebagai reaksi terhadap variasi pasang-surut parbani dan pasang-surut anak, kepekatan sedimen terampai berkurangan semasa pasang-surut anak ( $9.8 \text{ mg/l}$ ) dan meningkat semasa pasang-surut parbani ( $13.8 \text{ mg/l}$ ). Ketika air-pasang berlaku, halaju arus adalah paling tinggi iaitu  $0.98 \text{ m/s}$  berbanding halaju ketika air-surut iaitu  $0.5 \text{ m/s}$  yang seterusnya akan mempengaruhi peningkatan muatan sedimen terampai. Semakin banyak sedimen yang di bawa masuk ke dalam muara semasa kadar pengaliran masuk air adalah tinggi iaitu  $15.0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hasil kajian dapat digunakan sebagai satu konsep model dalam strategi pengurusan untuk kajian yang akan datang.

## Abstract

### Suspended sediment discharge response to spring tide and neap tide in estuary mouth at Salut-Mengkabong Lagoon

Fortnightly tidal variations play an important role in suspended sediment transport patterns within estuary environments. A study was conducted in the estuary mouth of Salut-Mengkabong Lagoon, which is a large estuary system that has lack continual inflow of freshwater with inflows only resulting from direct catchment rainfall. Use was made of an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) to determine the of tidal flow in sediment transport. In response to the fortnightly tidal variations, suspended sediment concentration decreases during neap tides (9.8 mg/l) and increases during spring tides (13.8 mg/l). The flood cycle of the tide has a greater velocity (0.98 m/s) than that of the ebb tide (0.5 m/s) and hence produces increases in sediment load. This result in a net landward transport of sediment during high discharge water ( $15.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ) into an estuary. The results obtained have permitted the development of conceptual model, from which some future management strategies can be proposed.

## KANDUNGAN

Muka Surat

|                                      |          |
|--------------------------------------|----------|
| PENGAKUAN                            | ii       |
| PERAKUAN PEMERIKSA                   | iii      |
| PENGHARGAAN                          | iv       |
| ABSTRAK                              | v        |
| ABSTRACT                             | vi       |
| SENARAI KANDUNGAN                    | vii      |
| SENARAI JADUAL                       | ix       |
| SENARAI RAJAH                        | x        |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>             | <b>1</b> |
| 1.1 PENGENALAN                       | 1        |
| 1.1.1 Lokasi Kajian                  | 3        |
| 1.1.2 Kepentingan Kajian             | 5        |
| 1.2 OBJEKTIF KAJIAN                  | 6        |
| 1.3 SKOP KAJIAN                      | 6        |
| <b>BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN</b>     | <b>7</b> |
| 2.1 MUARA                            | 7        |
| 2.1.1 Geomorfologi Muara             | 9        |
| 2.1.2 Sistem Muara                   | 11       |
| 2.1.3 Sempadan Dinamik               | 12       |
| 2.1.4 Pengkelasan Geomorfologi Muara | 14       |
| 2.2 LAGUN                            | 15       |
| 2.3 PROSES PEREDARAN MUARA           | 16       |
| 2.3.1 Jenis-jenis Peredaran Muara    | 17       |
| 2.3.2 Peredaran Graviti              | 18       |
| 2.3.3 Peredaran Pasang-surut         | 20       |
| 2.3.4 Peredaran Pergerakan Angin     | 21       |
| 2.4 SEDIMEN MUARA                    | 23       |
| 2.4.1 Pemendapan Sedimen             | 25       |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| 2.4.2        | Turbiditi  | 26 |
| 2.5          | PENGANGKUTAN SEDIMEN TERAMPAI  | 27 |
| <b>BAB 3</b> | <b>BAHAN DAN KAEDEAH</b>   | 30 |
| 3.1          | BAHAN DAN ALAT RADAS   | 30 |
| 3.2          | KAEDAH   | 30 |
| 3.2.1        | Persampelan Di Kawasan Kajian  | 31 |
| 3.2.2        | Menganalisa Kepekatan Sedimen Terampai   | 33 |
| <b>BAB 4</b> | <b>KEPUTUSAN</b>   | 35 |
| 4.1          | PENGENALAN   | 35 |
| 4.2          | TABURAN HUJAN DAN HALAJU ANGIN   | 35 |
| 4.3          | PARAMETER FIZIKO-KIMIA   | 36 |
| 4.3.1        | Saliniti   | 37 |
| 4.3.2        | Suhu   | 39 |
| 4.4          | HALAJU ARUS (V)  | 42 |
| 4.5          | KEPEKATAN SEDIMEN TERAMPAI (C)   | 45 |
| 4.6          | KADAR ISIPADU PENGALIRAN KELUAR-MASUK AIR (Q)  | 48 |
| 4.7          | KADAR MUATAN KELUAR-MASUK SEDIMEN TERAMPAI (L)   | 51 |
| 4.8          | PERHUBUNGAN DAN PERBANDINGAN C, Q DAN L SEMASA<br>PASANG-SURUT PARBANI DAN PASANG-SURUT ANAK | 54 |
| <b>BAB 5</b> | <b>PERBINCANGAN</b>  | 58 |
| 5.1          | PENGENALAN   | 58 |
| 5.2          | SALINITI DAN SUHU  | 58 |
| 5.2          | KADAR PENGANGKUTAN SEDIMEN TERAMPAI SEMASA<br>PASANG-SURUT PARBANI DAN PASANG-SURUT ANAK     | 59 |
| 5.3          | KADAR PENGANGKUTAN SEDIMEN TERAMPAI SEMASA<br>AIR-PASANG DAN AIR-SURUT                       | 62 |
| <b>BAB 6</b> | <b>KESIMPULAN</b>  | 63 |
| RUJUKAN      |  | 66 |
| LAMPIRAN     |  | 69 |
| APPENDIKS    |  | 71 |



## **SENARAI JADUAL**

## SENARAI RAJAH

| No. Rajah  | Muka Surat |
|--|------------|
| 1.1 Peta kawasan kajian di Lagun Salut-Mengkabong  | 5          |
| 2.1 Skematik yang menunjukkan perubahan berterusan jenis-jenis saluran<br>kemasukan air dari lagun hingga pembentukkan delta             | 10         |
| 2.3 Skematik yang menunjukkan peredaran angin secara horizontal dalam<br>sistem lagun  | 23         |
| 3.2 Keratan rentas bagi transek yang telah dipilih sebagai kawasan kajian  | 31         |
| 4.1 Purata taburan hujan dan halaju angin di sekitar Kota Kinabalu   | 35         |
| 4.3.1 Taburan saliniti semasa pasang-surut parbani dan pasang-surut anak<br>mengikut bulan persampelan                                   | 37         |
| 4.3.2 Taburan suhu semasa pasang-surut parbani (A) dan pasang-surut anak (B)   | 40         |
| 4.4.1 Halaju arus (m/s) semasa pasang-surut parbani mengikut bulan persampelan   | 43         |
| 4.4.2 Halaju arus (m/s) semasa pasang-surut anak mengikut bulan<br>persampelan   | 44         |
| 4.5.1 Purata kepekatan sedimen terampai semasa pasang-surut parbani<br>mengikut bulan persampelan  | 46         |
| 4.5.2 Purata kepekatan sedimen terampai semasa pasang-surut anak<br>mengikut bulan persampelan   | 47         |
| 4.6.1 Kadar isipadu pengaliran keluar-masuk air (Q) semasa pasang-surut<br>parbani mengikut bulan persampelan                            | 49         |
| 4.6.1 Kadar isipadu pengaliran keluar-masuk air (Q) semasa pasang-surut<br>anak mengikut bulan persampelan                               | 50         |
| 4.7.1 Kadar muatan keluar-masuk sediment terampai (L) semasa pasang-surut<br>parbani mengikut bulan persampelan                          | 52         |
| 4.7.2 Kadar muatan keluar-masuk sediment terampai (L) semasa pasang-surut<br>anak mengikut bulan persampelan                             | 53         |
| 4.8.1 Purata kepekatan sedimen terampai semasa pasang-surut parbani (ST)<br>dan semasa pasang-surut anak (NT) mengikut bulan persampelan | 54         |

4.8.2 Purata kadar pengaliran keluar-masuk air semasa pasang surut parbani dan pasang-surut anak mengikut bulan persampelan 55

4.8.3 Purata kadar muatan keluar-masuk sediment terampai semasa pasang-surut parbani dan pasang-surut anak mengikut bulan persampelan 55



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 PENGENALAN

Kajian terdahulu menunjukkan bahawa kajian di kawasan lagun adalah lebih tertumpu kepada aspek-aspek biologikal berbanding dengan kajian terhadap fizikal lagun. Oleh itu, kajian yang dijalankan ini adalah khusus untuk penyelidikan terhadap ciri-ciri fizikal air kawasan lagun. Ciri-ciri fizikal yang dimaksudkan di sini adalah merangkumi data-data seperti saliniti, kekeruhan, suhu dan juga taburan serta kadar pengangkutan sedimen terampai.

Lagun adalah merupakan sebahagian daripada muara. Lagun wujud sebagai sebuah perairan yang lebar, sistem muara yang cetek selari dengan garis pantai dan mempunyai perubahan terhad terhadap pengaruh peredaran laut melalui saluran masuk air laut ke kawasan tersebut. Di dalam sistem peredaran lagun, perolakan dan juga pengangkutan sedimen adalah lebih dipengaruhi oleh angin dan pasang-surut berbanding dengan pengaruh ombak (Alber *et al.*, 2003). Perolakan arus di kawasan lagun adalah tidak konsisten kerana ianya bergantung kepada kelajuan angin yang memberikan impak

yang besar terhadap pengaliran keluar dan masuk air serta endapannya (Day *et al.*, 1987). Pasang-surut juga memainkan peranan yang penting terhadap pengangkutan juzuk-juzuk air, bahan-bahan terlarut serta partikulat-partikulat yang berada di dalam kolumn air.

Corak peredaran bagi lagun memberikan implikasi yang penting untuk menentukan sistem dinamik dan pengangkutan sedimen ke kawasan lagun. Tindakan hidrodinamik pada permukaan dasar lagun adalah salah satu kesan signifikan terhadap proses-proses pengangkutan sedimen ke persekitaran perairan tersebut (Joanne, 2001). Oleh itu, adalah penting untuk mengetahui dan memahami perhubungan antara sedimen dasar dan sistem perolakan bagi peredaran di kawasan lagun.

Pengetahuan mengenai corak pergerakan air, dan beberapa sifat hidrodinamik bagi sistem muara termasuklah corak peredaran, penstrataan, proses penyimbahan dan juga percampuran yang berlaku di dalam persekitaran muara adalah penting untuk diketahui. Apabila berlakunya transformasi dari aspek biologi, geologi, dan juga kimia maka, sistem hidrodinamik muara turut mengalami perubahan di mana ianya menjadi faktor pengawal yang paling dominan terhadap kebanyakan proses-proses ekologikal di persekitaran muara.

Ranasinghe dan Pattiarchi pada tahun 2000, telah menjalankan penyelidikan ke atas sifat-sifat dinamik pasang-surut di kawasan lagun. Hasil penyelidikan mereka menunjukkan bahawa asimetri pasang-surut adalah berubah-ubah antara air pasang dominan dan air surut dominan semasa pasang-surut anak dan pasang-surut parbani

(Amos *et al.*, 1982). Secara teorinya, terdapat perbezaan yang ketara antara situasi yang wujud semasa pasang-surut anak dengan pasang-surut parbani bagi peredaran di kawasan lagun (Amos *et al.*, 1982). Arus air yang tenang atau rendah semasa pasang-surut anak menyebabkan banyak sedimen termendap di dasar lagun (Joanne, 2001). Apabila arus air semakin meningkat semasa pasang-surut parbani, sedimen yang termendap akan kembali terampai (Alber *et al.*, 2003). Ini jelas menunjukkan bahawa perolakan dan peredaran arus air dan pasang-surut menjadi pengaruh yang besar terhadap pemendapan dan pengampaian sedimen di dalam kolumn air muara.

Parameter-parameter fizikal iaitu saliniti, kekeruhan dan juga suhu adalah penting kerana ianya turut mempunyai perkaitan dengan perolakan arus air dan juga pengangkutan sedimen di kawasan lagun selain daripada pengaruh angin dan pasang-surut. Kekeruhan maksimum adalah sifat dominan bagi kepekatan sedimen terampai di sesuatu perairan (Amos *et al.*, 1982). Bagi kawasan lagun, kekeruhan adalah ciri yang tidak stabil di mana ianya sentiasa berubah ketika air pasang dan air surut dalam satu kitaran pasang-surut.

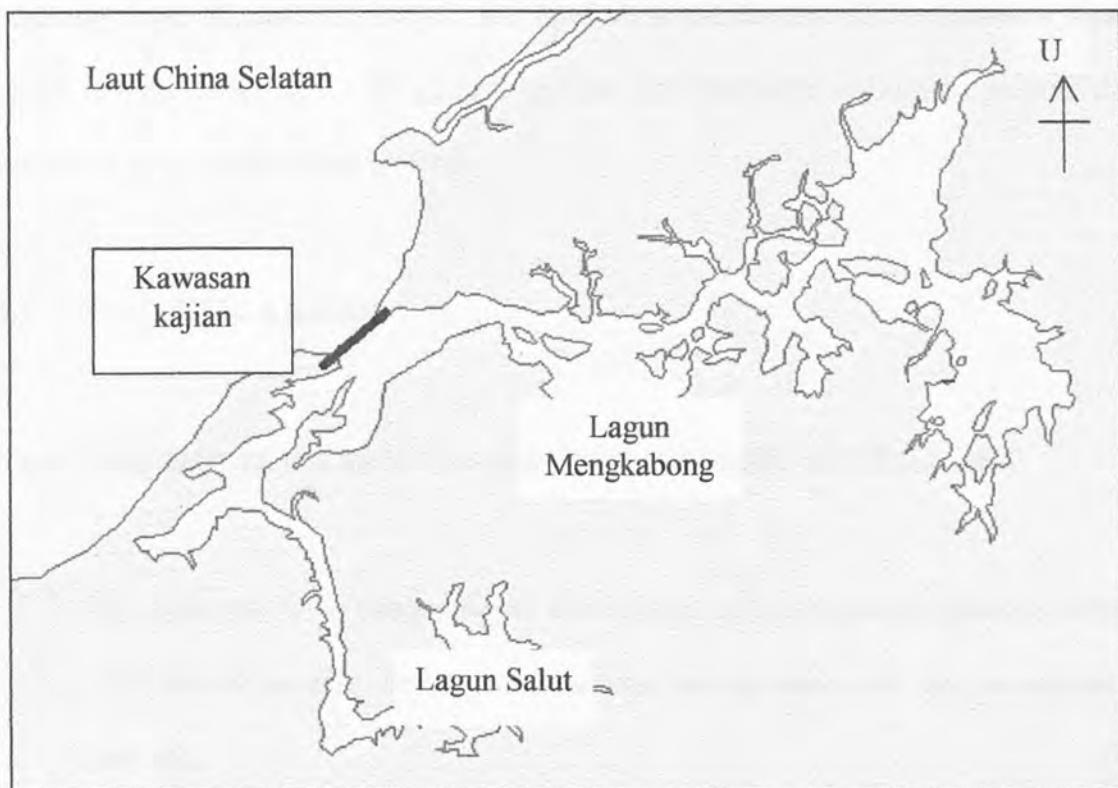
### 1.1.1 Lokasi Kajian

Kajian ini dijalankan pada bulan Ogos, Oktober dan Disember 2004. Lokasi kajian adalah merupakan kawasan penyelidikan UMS (Universiti Malaysia Sabah) iaitu di mulut muara Laguna Salut-Mengkabong yang terletak di Karambunai.

Menurut statistik populasi pada tahun 2000, bilangan penduduk di kawasan kajian adalah seramai 6375 orang manakala bilangan rumah pula adalah sebanyak 1680 buah rumah (Jabatan Perangkaan Malaysia Cawangan Sabah, 2003). Kawasan kajian ini juga mempunyai beberapa perkampungan air yang agak padat terutamanya di Lagun Mengkabong. Perkampungan di kawasan ini masih menggunakan sistem tandas terbuka malah, perkampungan ini juga masih belum mempunyai sistem pembuangan sampah yang teratur dan sistematik. Sebahagian besar daripada pinggir kawasan kajian ini adalah diliputi oleh hutan bakau. Pelbagai aktiviti akuakultur dan kerang-kerangan giat dijalankan di kawasan ini seperti ternakan ikan dalam sangkar dan ternakan tiram.

Kawasan yang telah dipilih adalah di kawasan mulut muara yang menjadi penghubung antara Lagun Salut dan Lagun Mengkabong dengan Laut China Selatan. Pemilihan kawasan kajian adalah relevan untuk melihat kadar pengangkutan sedimen terampai di kawasan mulut muara yang menjadi sempadan dinamik bagi muara dan laut lepas (Rajah 1.1).

Sumber air tawar bagi kajian ini bergantung kepada air hujan dan air bawah tanah. Oleh itu, kadar saliniti di kawasan kajian ini adalah agak tinggi berbanding dengan saliniti di kawasan lagun atau muara yang mempunyai sumber air tawar dari pengaliran air sungai. Malah kawasan kajian ini agak luas dan jauh menuju daratan menyebabkan pangaruh ombak menjadi kurang dominan berbanding dengan pengaruh angin dan pasang-surut.



**Rajah 1.1** Lokasi kawasan kajian di Lagun Salut-Mengkabong.

### 1.1.2 Kepentingan Kajian

Kajian ini menjelaskan mengenai proses-proses fizikal dan parameter fiziko-kimia yang terlibat di dalam sistem peredaran di kawasan Lagun Salut-Mengkabong ini. Selain dari itu, hasil daripada kajian ini juga dapat dijadikan panduan dan rujukan untuk projek-projek lain seperti kualiti air di kawasan kajian ini.

Bentuk topografi muara ini juga dapat dijelaskan dengan menggunakan data pengangkutan sedimen terampai di mana ianya dapat memberi gambaran sama ada kawasan lagun ini mengalami hakisan atau pemendapan. Oleh itu, kajian ini secara tidak

langsung dapat digunakan sebagai satu langkah pemuliharaan dan pengurusan lagun seperti memperbaiki dan meningkatkan potensi habitat-habitat organisma akuatik dan daratan di persekitaran lagun tersebut.

## 1.2    **OBJEKTIF KAJIAN**

Kajian yang dijalankan ini adalah bertujuan untuk memenuhi objektif di bawah :

1. Mengganggar kadar pengangkutan dan melihat perbezaan pengangkutan sedimen terampai di kawasan mulut muara semasa pasang-surut anak dan pasang-surut parbani.
2. Mengetahui peranan proses-proses fizikal iaitu pasang-surut dan halaju arus di dalam pengangkutan sedimen terampai di kawasan mulut muara.
3. Melihat pengaruh parameter fiziko-kima dalam mempengaruhi pengangkutan sedimen terampai di kawasan kajian.

## 1.3    **SKOP KAJIAN**

Kajian ini terdiri daripada 5 fasa iaitu, pemilihan dan penentuan kawasan kajian, kerja lapangan di kawasan kajian, pengumpulan data, menganalisis data dan keputusan. Kerja lapangan dijalankan selama 3 bulan iaitu bulan Ogos, Oktober dan Disember 2004, di mana persampelan dilakukan sebanyak 2 kali dalam sebulan yang merangkumi persampelan semasa pasang-surut anak dan pasang-surut parbani.

## BAB 2

### ULASAN PERPUSTAKAAN

#### 2.1 MUARA

Terdapat beberapa definisi yang merujuk kepada muara. Oleh itu, satu persidangan telah dilancarkan yang diberi nama ‘First Conference on Estuaries’ yang berlangsung di Georgia pada tahun 1964. Isi kandungan persidangan ini telah disunting dan diterbitkan oleh Lauff dengan tajuk Estuari (Knox, 1986).

Antara yang terkandung di dalam konfrantasi ini adalah definisi yang dikemukakan oleh Pritchard (1965), beliau menyatakan bahawa muara adalah jasad separuh tertutup yang mempunyai perhubungan secara bebas dengan laut terbuka di mana air laut dilarutkan dengan air tawar yang mengalir dari daratan (Day *et al.*, 1987). Walau bagaimanapun, Day seorang ahli oseanografi menolak definisi Pritchard kerana definisi tersebut tidak menyentuh mengenai taburan saliniti dan juga percampuran antara air masin dan air tawar (Knox, 1986). Oleh itu, menurut Day muara didefinisikan sebagai jasad separuh tertutup yang secara kekal atau sementara mempunyai hubungan bebas.

dengan laut lepas dan mempunyai kepelbagaiannya taburan saliniti disebabkan oleh percampuran air masin dengan air tawar yang mengalir dari daratan.

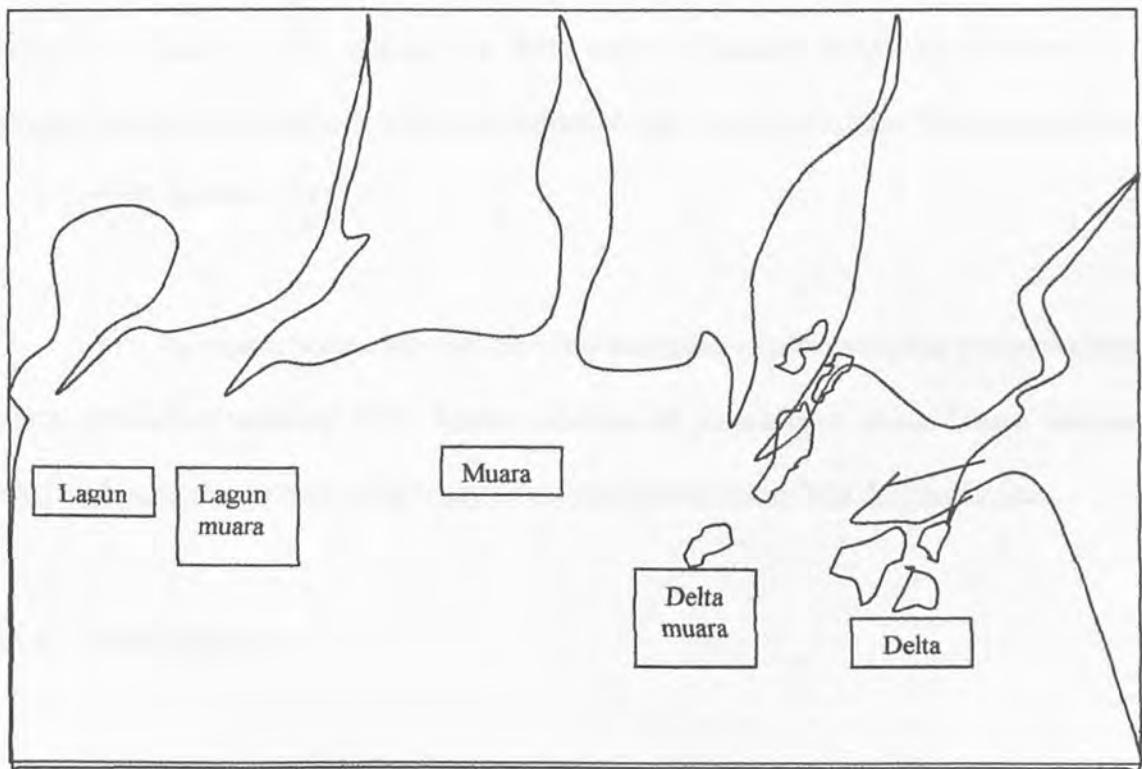
Namun begitu, definisi yang dikemukakan oleh Day ini juga dianggap tidak lengkap kerana tidak menyentuh mengenai pengaruh pasang-surut (Day *et al.*, 1987). Untuk mengatasi kelemahan definisi Pritchard dan Day ini maka, Fairbridge (1980) telah mengemukakan satu definisi yang lebih menyeluruh iaitu muara adalah saluran air laut yang memasuki lembah sungai sehingga had air pasang yang paling tinggi dan terbahagi kepada tiga sektor utama iaitu; 1) mulut muara yang mempunyai hubungan secara bebas dengan laut terbuka, 2) badan muara yang melibatkan percampuran antara air masin dengan air tawar dan 3) kepala muara yang lebih didominasi oleh air tawar tetapi turut dipengaruhi oleh tindakan pasang-surut" (Day *et al.*, 1987).

Definisi-definisi di atas merangkumi sifat-sifat fizikal dan geologikal bagi muara. Pemahaman terhadap pasang-surut, percampuran air tawar dengan air masin, taburan saliniti, dan juga bentuk serta jenis muara adalah sangat penting diketahui untuk mengkaji proses-proses fizikal, kimikal dan biologikal yang berlaku di dalam persekitaran muara.

### **2.1.1 Geomorfologi muara**

Jenis dan kadar pembentukan geologi bagi muara bukan sahaja bergantung kepada kitaran penglasieran dan kepelbagaiannya kemasukan sedimen tetapi juga beberapa

kombinasi faktor-faktor lain termasuklah kepelbagaian iklim, keadaan geologi tempatan dan kepelbagaian input tenaga marin seperti ombak dan pasang-surut (Day *et al.*, 1987). Menurut skematik yang dikemukakan oleh Davies (1973), terdapat perubahan berterusan bagi jenis-jenis muara (Rajah 2.1). Davies menyatakan bahawa terdapatnya perubahan secara berterusan pada saluran-saluran masuk air dari pembentukan lagun hingga ke pembentukan delta.



**Rajah 2.1** Skematik yang menunjukkan perubahan berterusan jenis-jenis saluran kemasukan air dari lagun hingga pembentukan delta (Rujukan dari Davies 1973).

Lagun terbentuk melalui tindakan ombak, dan biasanya ditemui di bahagian belakang perintang laut seperti pulau atau tanjung dan mempunyai ciri-ciri sedimen bersaiz pasir pantai. Contoh persekitaran lagun ini adalah Lagun di Selatan Texas dan Mexican Gulf (Jansson, 1977).

Delta pula terbentuk melalui proses-proses kemasukan aliran air sungai yang lebih dominan berbanding dengan aktiviti marin. Delta mempunyai ciri-ciri sedimen yang lebih halus di mana ianya dibawa dari daratan. Di antara lagun dan delta terdapatnya lagun muara, muara dan delta muara di mana ketiga-tiga kawasan ini menggambarkan percampuran dan pemeringkatan bagi dua persekitaran (lagun dan delta) yang ekstrim (Jansson, 1977).

Oleh itu, muara secara teorinya berubah mengikut perubahan masa geologikalnya seperti perubahan terhadap iklim. Malah keadaan ini jelas menunjukkan muara sebagai satu jasad yang sangat unik yang menghubungkan persekitaran laut dengan daratan.

### 2.1.2 Sistem muara

Sistem muara boleh dibahagikan kepada tiga bahagian yang utama (Day *et al.*, 1987). Bahagian pertama adalah zon pasang-surut sungai atau zon bersifat sungai kerana mempunyai saliniti yang rendah semasa pasang-surut. Zon ini lebih didominasi oleh pengaliran sungai. Bahagian kedua adalah zon percampuran di mana di kawasan ini jisim air laut dan air tawar akan bercampur. Manakala bahagian ketiga pula adalah zon bersifat

laut. Pada zon ini, saliniti air adalah tinggi kerana ciri-ciri air laut lebih dominan daripada ciri-ciri air sungai dan aras pasang-surut memainkan peranan yang sangat penting.

### 2.1.3 Sempadan dinamik

Hansen dan Rattray (1965), telah membahagikan zon-zon yang sama seperti dalam penerangan 2.1.2 kepada tiga kawasan yang dianggap dinamik. Semakin menuju ke daratan maka pengaliran masuk air tawar adalah semakin meningkat sebagaimana berlakunya perubahan amplitud pasang-surut dari pasang-surut parbani kepada pasang-surut anak.

Bahagian permukaan yang menjadi sempadan antara zon pasang-surut sungai dengan zon percampuran akan sentiasa beralun sepanjang satu kitaran pasang-surut (Day *et al.*, 1987). Semasa air pasang, air di kawasan muara ini seolah-olah bergerak dari lautan menuju ke daratan manakala semasa air surut pula, pengaliran air dari daratan semakin meningkat dan bergerak menghala ke lautan. Oleh itu, semasa air pasang taburan saliniti di bahagian ini adalah lebih tinggi berbanding semasa air surut kerana pengaliran masuk air laut pada waktu itu lebih dominan.

Pada bahagian sempadan antara zon percampuran dengan zon berhampiran laut pula, sebarang perubahan akan mengambil masa yang sangat lama kerana bahagian ini berada di tengah-tengah antara sempadan laut dan daratan. Oleh itu, tindakan laut dan sungai adalah kurang dramatik pada bahagian ini. Bagi permukaan sempadan antara zon

berhampiran laut dan menghala ke laut, sebarang perubahan posisi adalah bergantung kepada tindakan pasang-surut, kadar pengaliran air dari daratan, keadaan meteorologi dan juga kelaziman proses-proses oseanografi di persekitarannya (Knox, 1986).

Melalui sistem muara yang telah sedia ada, tidak semua zon sempadan yang disebutkan di atas wujud dengan nyata. Sebagai contoh, muara atau lagun di kawasan yang kontang atau separa kontang, yang mempunyai julat pasang-surut yang rendah biasanya tidak mempunyai zon pasang-surut sungai.

Sistem muara atau lagun yang mempunyai kadar pengaliran air sungai yang besar tidak mempunyai zon percampuran yang nyata. Ini adalah kerana kadar pengaliran air sungai yang terlalu besar boleh terus menuju ke zon berhampiran laut. Oleh itu, air tawar dari mulut sungai akan mengalir tanpa percampuran dengan air masin dan proses percampuran ini hanya akan berlaku di dalam zon berhampiran laut. Contoh muara jenis ini adalah Sungai Amazon (Pritchard, 1965)

Contoh yang terakhir ialah di Laguna Cancun, Mexico. Sistem lagun ini tidak mempunyai zon berhampiran laut kerana julat pasang-surutnya adalah sangat rendah dan kurangnya pengaliran air tawar serta endapan yang memasuki kawasan ini. Oleh itu, sistem muara atau lagun di kawasan ini lebih dominan dengan persekitaran laut yang mempunyai julat saliniti yang tinggi.

## RUJUKAN

- Alber, M., Alexander, C., Blanton, J., Chalmers, A. dan Gates, K.G., 2003. The Satilla River estuarine system: The current state of knowledge.
- Amos, K. J., Elexander, J., Horn, A. dan Pocock, G. D., 1998 Supply sediment transport in a high-discharge event of the Tropical Burdekin River, North Queensland, Australia. *Sedimentology* **52**, 39-57.
- Aston, S. R., dan Chester, R., 1973. *Estuarine sedimentary processes in estuarine chemistry*, Burton J. D. Academic Press, London.
- Baumann, R., Day, J. dan Miller, C., 1984. *Mississippi deltaic wetland survival: Sedimentation vs. coastal submergence*, Science, California.
- Day, J. W., Hall, C. A. S., Kemp, W. M., dan Alejandro, Y., 1987. *Estuarine ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- Garrison, T., 2002. *Oceanography: An invitation to marine science*. Brook/Cole Thomson Learning, USA.
- Gelfebaum, G., 1976. Suspended-sediment response to semidiurnal and fortnightly tidal variations in a Mesotidal Estuary: Columbia River, USA. *Marine geology* **52**, 39-57.
- Jansson, B. dan Wulff, F., 1977. *Baltic ecosystem modeling: Ecosystem modeling in theory and practice*. Wiley-Interscience, California.

- Joanne, O., 2001. Physical processes of the estuarine turbidity maximum for Southwest Australian Estuaries with a diurnal tidal regime.
- Jones, S. E., Jago, C. F., Fox, D., 2000. Factor influencing suspended sediment flux in the Upper Gulf of California. *Estuarine, coastal and Shelf science* **54**, 747-759.
- Keith, R. D., 1986. *Coastal and estuarine sediment dynamic*. John Wiley and Sons, New York.
- Kitheka, Johnson, U., George, S., Kenneth., 2002. Dynamic of suspended sediment exchange and transport in a degraded mangrove creek in Kenya. *AMBIO : A journal of the human environment* **31**, 580-587.
- Knebel, H. J., 1988. Modern sedimentary environment in a large estuary, Delaware Bay. *Marine geology* **86**, 119-136.
- Knox, G. A., 1986. *Estuarine ecosystem: A system approach*, Vol. 1. CRC Press, Inc., Florida.
- Ludwick, J. C., 1983. Tidal currents, sediment transport, and sand banks in Chesapeake Bay entance, Virginia.
- Pritchard, D. W., 1965. Dispersion and flushing of pollutants in evaluation of present state of knowledge of factors affecting tidal hydraulics and related phenomena. Wicke, C. F. Corps of engineers, Mississippi.
- Schubel, J. R., Carter, H. H., 1994. Suspended sediment budget for Chesapeake Bay.
- Sherk, J. A., O'Connor, J. M. dan Neumann, D. A., Effect of suspended and deposited sediments on estuarine environments.

Stride, A. H. dan Belderson, R.H., 1989. A reassessment of sand transport paths in the Bristol Channel and their regional significance. *Marine geology* **86**, 227-236.

