

**PERUBAHAN PROFIL PANTAI DAN SEDIMEN
DI TELUK BAHANG DAN BATU FERRINGHI,
PULAU PINANG**

NOR ADILLAH BINTI AYOB

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2019

**PERUBAHAN PROFIL PANTAI DAN SEDIMEN
DI TELUK BAHANG DAN BATU FERRINGHI,
PULAU PINANG**

oleh

NOR ADILLAH BINTI AYOB

**Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sastera**

Januari 2020

PENGHARGAAN

Syukur Alhamdulillah segala puji ke hadrat Ilahi kepada yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang. Dengan berkat keizinan, limpah kurniaNya saya dapat menyiapkan satu kajian yang mencabar ini dengan jayanya. Ucapan ribuan terima kasih kepada penyelia saya iaitu Profesor Dr. Wan Ruslan Bin Ismail kerana telah memberi semangat dan dorongan serta tunjuk ajar kepada saya dalam menjalani kajian ini. Beliau merupakan orang kuat dan tulang belakang untuk saya jadikan sebagai rujukan sekiranya mengalami masalah dalam kajian ini. Terima kasih juga buat rakan seperjuangan saya Masitah Zaini di atas pertolongan dan sokongan sepanjang saya menjalankan kajian. Pada kesempatan ini juga, saya ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada pihak Universiti Sains Malaysia yang memberikan bantuan peralatan dalam penyelidikan ini. Ribuan terima kasih juga diucapkan kepada pihak Kementerian Pengajian Tinggi dalam memberi bantuan kewangan untuk pembayaran yuran dan sara hidup. Tidak ketinggalan, ucapan terima kasih juga saya rakamkan kepada pihak dari Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS), Jabatan Meteorologi Malaysia dan Pusat Hidrografi Nasional Malaysia atas kerjasama dalam memberi maklumat dan data yang sangat diperlukan untuk menyiapkan tesis ini. Tidak lupa, ribuan terima kasih kepada kakitangan Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan, USM yang banyak membantu dan memberi kerjasama yang baik kepada saya. Akhir sekali buat keluarga tercinta terutama kedua ibu bapa saya, Ayob Bin Latif dan Wan Nor Asiah Binti Wan Kadir serta ahli keluarga, terima kasih di atas segala sokongan dan doa yang diberikan. Selain itu, terima kasih buat sahabat baik saya Misiah Binti Bayani yang banyak memberi pertolongan dan memudahkan urusan sepanjang perjalanan pembelajaran saya.

ISI KANDUNGAN

PENGHARGAAN	ii
ISI KANDUNGAN	iii
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI JADUAL	xii
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xviii
BAB 1 - PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Permasalahan Kajian	2
1.3 Objektif Kajian	4
1.4 Hipotesis Kajian	4
1.5 Skop Kajian	5
1.6 Kerangka Kajian	5
1.7 Kerangka Konseptual	6
1.8 Kepentingan Kajian	7
1.9 Susunan Tesis	8
BAB 2 - TINJAUAN BAHAN BACAAN	9
2.1 Pengenalan	9
2.2 Morfologi Pantai	10
2.3 Kajian Hakisan Pantai	14

2.4	Kajian Pemendapan Pantai	17
2.5	Aktiviti Manusia	18
2.6	Klasifikasi Hakisan Pantai	21
2.7	Profil Pantai	23
2.8	Ombak	24
2.9	Gelombang	27
2.10	Pasang Surut	29
2.11	Ribut	31
2.12	Sedimen Pantai	32
2.13	Analisis Saiz Butiran Sedimen	35
2.14	Sisihan Piawai	38
2.15	Pencongan	40
2.16	Kurtosis	41
2.17	Ketumpatan Pukal	42
2.18	Keporosan	43
2.19	Kesimpulan	44
BAB 3 - KAEDAH DAN INSTRUMENTASI		45
3.1	Pengenalan	45
3.2	Kawasan Kajian	45
3.3	Masa Persampelan	49
3.4	Data Angin	50
3.5	Data Pasang Surut	52
3.6	Kaedah Kajian	54

3.6.1	Tahap 1: Pemilihan Lokasi dan Stesen Persampelan	54
3.6.2	Tahap 2: Proses Pengukuran Pantai dan Pengambilan Sedimen di Lapangan	55
3.6.3	Tahap 3: Pengayakan Sedimen dan Penyisihan Butiran Sedimen di Makmal	55
3.6.4	Tahap 4: Analisis Sedimen	56
3.6.5	Tahap 5: Keputusan dan Perbincangan	56
3.7	Kaedah Pencerapan Data di Lapangan	57
3.7.1	Pengukuran Profil Pantai	57
3.7.2	Pengukuran Halaju Ombak Damparan dan Unduran	61
3.7.3	Pengukuran Ketinggian Ombak	61
3.7.4	Pengukuran Arus Pesisir	62
3.8	Kaedah Analisis di Makmal	64
3.8.1	Pengeringan Sedimen	64
3.8.2	Proses Pengayakan atau Pengasingan Butiran (<i>Grains Sorting</i>)	64
3.8.3	Ketumpatan Pukal dan Keporosan	67
3.8.4	Pengiraan Perubahan Isipadu Sedimen	69
3.8.5	Pengiraan Kecerunan Profil Pantai	72
3.8.6	Pengiraan Saiz Ukuran Butiran Sedimen	73
3.8.7	Min (Purata)	75
3.8.8	Sisihan Piawai (Tahap Keseragaman)	75
3.8.9	Kurtosis	76
3.8.10	Pencongan	76
3.8.11	Analisis Regresi	77

3.9	Kesimpulan	78
BAB 4 - KELAJUAN ARUS, KETINGGIAN OMBAK DAN KELAJUAN OMBAK DAMPARAN DAN UNDURAN		79
4.1	Pengenalan	79
4.2	Kelajuan Arus	79
4.3	Ketinggian ombak	85
4.4	Kelajuan Ombak Damparan (<i>Swash</i>) dan Unduran (<i>Backwash</i>)	90
4.5	Kesimpulan	97
BAB 5 - PERUBAHAN PROFIL PANTAI, ISIPADU SEDIMEN DAN SAIZ SEDIMEN		98
5.1	Pengenalan	98
5.2	Perubahan Profil Pantai, Isipadu Sedimen dan Saiz Sedimen di Stesen 1	100
5.3	Perubahan Profil Pantai, Isipadu Sedimen dan Saiz Sedimen di Stesen 2	111
5.4	Perubahan Profil Pantai, Isipadu Sedimen dan Saiz Sedimen di Stesen 3	121
5.5	Perubahan Profil Pantai, Isipadu Sedimen dan Saiz Sedimen di Stesen 4	130
5.6	Perubahan Profil Pantai, Isipadu Sedimen dan Saiz Sedimen di Stesen 5	140
5.7	Perubahan Profil Pantai, Isipadu Sedimen dan Saiz Sedimen di Stesen 6	150
5.8	Perubahan Profil Pantai, Isipadu Sedimen dan Saiz Sedimen di Stesen 7	156
5.9	Perubahan Profil Pantai, Isipadu Sedimen dan Saiz Sedimen di Stesen 8	167

5.10	Rumusan Perubahan Profil Pantai di Stesen 1 hingga Stesen 8	177
5.11	Rumusan Perubahan Peratus Kecerunan, Perubahan Peratus Kecerunan, Perubahan Purata Kecerunan, Isipadu Sedimen di Stesen 1 hingga Stesen 8	180
5.12	Rumusan Perubahan Isipadu Sedimen di Stesen 1 hingga Stesen 8	185
5.13	Rumusan Perubahan Analisis Saiz Sedimen di Stesen 1 hingga Stesen 8	188
5.14	Kesimpulan	196
 BAB 6 - PENGARUH ANGIN MONSUN TERHADAP PERUBAHAN ISIPADU SEDIMEN DAN SAIZ SEDIMEN		197
6.1	Pengenalan	197
6.2	Pengaruh Angin Monsun Terhadap Perubahan Isipadu Sedimen dan Saiz Sedimen	198
6.3	Kesimpulan	216
 BAB 7 - RUMUSAN KAJIAN DAN PENUTUP		217
7.1	Pengenalan	217
7.2	Rumusan Kajian	217
7.3	Cadangan Kajian Lanjutan	219
7.4	Kesimpulan	219
 RUJUKAN		220

SENARAI RAJAH

		Halaman
Rajah 1.1	Kerangka Penyelidikan	6
Rajah 1.2	Kerangka Konseptual	7
Rajah 2.1	Definisi Kawasan Pantai	14
Rajah 2.2	Jenis-jenis Ombak	26
Rajah 3.1	Peta Kawasan Kajian	46
Rajah 3.2 (a)	Lokasi Persampelan Stesen 1, Stesen 2 dan Stesen 3	47
Rajah 3.2 (b)	Lokasi Persampelan Stesen 4	48
Rajah 3.2 (c)	Lokasi Persampelan Stesen 5	48
Rajah 3.2 (d)	Lokasi Persampelan Stesen 6	49
Rajah 3.2 (e)	Lokasi persampelan Stesen 7 dan Stesen 8	49
Rajah 3.3	Mawar Angin Bagi Kelajuan Angin di Pulau Pinang	51
Rajah 3.4	Ketinggian Pasang Surut di Pulau Pinang Bagi Bulan Mac 2016 hingga Februari 2017	53
Rajah 3.5	Titik Kekal di Stesen 1 (A), Titik Kekal di Stesen 5 (B), Titik Kekal di Stesen 6 (C) dan Titik Kekal di Stesen 8 (D).	54
Rajah 3.6	Saiz Dulang Pengayak	56
Rajah 3.7	Pembahagian Segmen Profil Pantai	59
Rajah 3.8 (a)	Pengukuran Profil Pantai Secara Grafik	60
Rajah 3.8 (b)	Pengukuran Profil Pantai Semasa di Lapangan	60

Rajah 3.9	Tumbuhan Pantai dan Gangguan Manusia yang Terdapat di Stesen Kajian	61
Rajah 3.10	Pengukuran Ketinggian Ombak	62
Rajah 3.11	Penimbang Elektronik (A) dan Mesim Pengayak Butiran Pasir Model Endecotts EFL2000 (B)	65
Rajah 3.12	Saiz Sedimen Pasir yang Telah Diayak Mengikut Saiz	67
Rajah 3.13	Berat Piring Petri Sebelum Dimasukkan Sampel Sedimen (A) dan Berat Piring Petri Selepas Dimasukkan Sampel Sedimen (B) bagi Tujuan Pengukuran Ketumpatan Pukal	69
Rajah 3.14	Paras Air Sebelum Sampel Sedimen Dimasukkan (A) dan Paras Air Selepas Dimasukkan Sampel Sedimen Bagi Tujuan Pengukuran Keporosan	69
Rajah 3.15	Lakaran Grafik Keratan Rentas Profil Pantai	70
Rajah 3.16	Pengukuran Isipadu Sedimen yang Terhakis atau Termendap	70
Rajah 3.17	Pengukuran Kecerunan Profil Pantai	72
Rajah 3.18	Graf Ogif Analisis Saiz Butiran Sedimen	74
Rajah 4.1	Purata Kelajuan Arus di Semua Stesen Persampelan	84
Rajah 4.2	Purata Ketinggian Ombak di Semua Stesen Persampelan	89
Rajah 4.3	Purata Kelajuan Ombak Unduran dan Damparan di Stesen 1, Stesen 2 dan Stesen 3	93
Rajah 4.4	Purata Kelajuan Ombak Unduran dan Damparan di Stesen 4	94
Rajah 4.5	Purata Kelajuan Ombak Unduran dan Damparan di Stesen 5	95
Rajah 4.6	Purata Kelajuan Ombak Unduran dan Damparan di Stesen 6	96
Rajah 4.7	Purata Kelajuan Ombak Unduran dan Damparan di Stesen 7 dan Stesen 8	97

Rajah 5.1	Perubahan Profil Pantai dan Isipadu Sedimen di Stesen 1	105
Rajah 5.1 (a)	Hakisan Pantai pada Bulan Oktober (A) dan Pemendapan Pantai pada Bulan Mei (B) di Stesen 1	111
Rajah 5.2	Perubahan Profil Pantai dan Isipadu Sedimen di Stesen 2	115
Rajah 5.2 (a)	Hakisan Pantai pada Bulan Jun (A) dan Pemendapan Pantai pada Bulan Mei (B) di Stesen 2	120
Rajah 5.3	Perubahan Profil Pantai dan Isipadu Sedimen di Stesen 3	125
Rajah 5.3 (a)	Hakisan Pantai pada Bulan Disember (A) dan Pemendapan Pantai pada Bulan Mei (B) di Stesen 3	130
Rajah 5.4	Perubahan Profil Pantai dan Isipadu Sedimen di Stesen 4	134
Rajah 5.4 (a)	Hakisan Pantai pada Bulan Jun (A) dan Pemendapan Pantai pada Bulan November (B) di Stesen 4	139
Rajah 5.5	Perubahan Profil Pantai dan Isipadu Sedimen di Stesen 5	144
Rajah 5.5 (a)	Hakisan Pantai pada Bulan Jun (A), Pemendapan Pantai pada Bulan Mei (B) dan Gangguan-gangguan Manusia ke atas Profil pantai (C dan D) di Stesen 5	149
Rajah 5.6	Perubahan Profil Pantai dan Isipadu Sedimen di Stesen 6	153
Rajah 5.6 (a)	Hakisan Pantai pada Bulan Mac (A) dan Pemendapan Pantai pada Bulan April (B) di Stesen 6	156
Rajah 5.7	Perubahan Profil Pantai dan Isipadu Sedimen di Stesen 7	160
Rajah 5.7 (a)	Hakisan Pantai pada Bulan April (A), Pemendapan Pantai pada Bulan September (B), Gangguan-gangguan Manusia ke atas Profil Pantai (C dan D) dan Pembinaan Struktur Konkrit (E) di Stesen 7	166
Rajah 5.8	Perubahan Profil Pantai dan Isipadu Sedimen di Stesen 8	171

Rajah 5.8 (a)	Hakisan Pantai pada Bulan April (A), Pemendapan Pantai pada Bulan September (B), Pembinaan Projek yang Berdekatan dengan Stesen 8 (C dan D), Perubahan Arus, Gelombang dan Ombak (E) dan Gangguan-Gangguan Manusia ke atas Profil Pantai (F) di Stesen 8	176
Rajah 5.9	Perubahan Profil Pantai di Stesen 1 hingga Stesen 8	179
Rajah 6.1	Pertalian Kelajuan Angin Monsun dengan Saiz Sedimen Min di Stesen 1	202
Rajah 6.2	Pertalian Kelajuan Angin Monsun dengan Saiz Sedimen Min di Stesen 2	203
Rajah 6.3	Pertalian Kelajuan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 3	204
Rajah 6.4	Pertalian Kelajuan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 4	207
Rajah 6.5	Pertalian Kelajuan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 5	209
Rajah 6.6	Pertalian Kelajuan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 6	211
Rajah 6.7	Pertalian Kelajuan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 7	214
Rajah 6.8	Pertalian Kelajuan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 8	215

SENARAI JADUAL

		Halaman
Jadual 2.1	Skala Saiz Butiran Sedimen Pantai	33
Jadual 2.2 (a)	Skala Saiz Butiran Sedimen oleh Udden (1914), Wentworth (1922) dan Friedman & Sanders (1978)	36
Jadual 2.2 (b)	Tafsiran bagi Saiz Taburan, Tahap Keseragaman dan Saiz Sedimen untuk Skala Min, Sisihan Piawai dan Pencongan	37
Jadual 2.2 (c)	Logaritma (asal) Folk dan Ward (1957) Langkah- langkah Grafik	38
Jadual 2.3	Klasifikasi Darjah Penyisihan	39
Jadual 2.4	Klasifikasi Nilai-nilai Pencongan	40
Jadual 2.5	Klasifikasi Nilai-Nilai Kurtosis	41
Jadual 3.1	Senarai Stesen dan Kedudukan Koordinat	47
Jadual 3.2	Tarikh-tarikh Persampelan	50
Jadual 3.3	Kelajuan Angin di Pulau Pinang	51
Jadual 3.4	Nilai Phi yang diperolehi Melalui Pengiraan daripada Saiz Pengayakan	74
Jadual 5.1 (a)	Perubahan Kecerunan dan Perubahan Isipadu Sedimen di Stesen 1	106
Jadual 5.1 (b)	Analisis Saiz Sedimen di Stesen 1	107
Jadual 5.2 (a)	Perubahan Kecerunan dan Perubahan Isipadu Sedimen di Stesen 2	116

Jadual 5.2 (b)	Analisis Saiz Sedimen di Stesen 2	117
Jadual 5.3 (a)	Perubahan Kecerunan dan Perubahan Isipadu Sedimen di Stesen 3	126
Jadual 5.3 (b)	Analisis Saiz Sedimen di Stesen 3	127
Jadual 5.4 (a)	Perubahan Kecerunan dan Perubahan Isipadu Sedimen di Stesen 4	135
Jadual 5.4 (b)	Analisis Saiz Sedimen di Stesen 4	136
Jadual 5.5 (a)	Perubahan Kecerunan dan Perubahan Isipadu Sedimen di Stesen 5	145
Jadual 5.5 (b)	Analisis Saiz Sedimen di Stesen 5	146
Jadual 5.6 (a)	Perubahan Kecerunan dan Perubahan Isipadu Sedimen di Stesen 6	154
Jadual 5.6 (b)	Analisis Saiz Sedimen di Stesen 6	155
Jadual 5.7 (a)	Perubahan Kecerunan dan Perubahan Isipadu Sedimen di Stesen 7	161
Jadual 5.7 (b)	Analisis Saiz Sedimen di Stesen 7	162
Jadual 5.8 (a)	Perubahan Kecerunan dan Perubahan Isipadu Sedimen di Stesen 8	172
Jadual 5.8 (b)	Analisis Saiz Sedimen di Stesen 8	173
Jadual 5.9 (a)	Peratusan Kecerunan di Stesen 1 hingga Stesen 8	182
Jadual 5.9 (b)	Purata Kecerunan di Stesen 1 hingga Stesen 8	183
Jadual 5.9 (c)	Perubahan Purata Kecerunan di Stesen 1 hingga Stesen 8	184
Jadual 5.10	Perubahan Isipadu Sedimen di Stesen 1 hingga Stesen 8	187

Jadual 5.11 (a)	Analisis Saiz Sedimen Parameter Min di Stesen 1 hingga Stesen 8	190
Jadual 5.11 (b)	Analisis Saiz Sedimen Parameter Pencongan di Stesen 1 hingga Stesen 8	191
Jadual 5.11 (c)	Analisis Saiz Sedimen Parameter Sisihan Piawai di Stesen 1 hingga Stesen 8	192
Jadual 5.11 (d)	Analisis Saiz Sedimen Parameter Kurtosis di Stesen 1 hingga Stesen 8	193
Jadual 5.11 (e)	Analisis Saiz Sedimen Parameter Ketumpatan Pukal di Stesen 1 hingga Stesen 8	194
Jadual 5.11 (f)	Analisis Saiz Sedimen Parameter Keporosan di Stesen 1 hingga Stesen 8	195
Jadual 6.1	Perubahan Isipadu Sedimen dan Pertalian antara Perubahan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 1	202
Jadual 6.2	Perubahan Isipadu Sedimen dan Pertalian antara Perubahan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 2	203
Jadual 6.3	Perubahan Isipadu Sedimen dan Pertalian antara Perubahan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 3	204
Jadual 6.4	Perubahan Isipadu Sedimen dan Pertalian antara Perubahan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 4	207
Jadual 6.5	Perubahan Isipadu Sedimen dan Pertalian antara Perubahan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 5	209

Jadual 6.6	Perubahan Isipadu Sedimen dan Pertalian antara Perubahan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 6	211
Jadual 6.7	Perubahan Isipadu Sedimen dan Pertalian antara Perubahan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 7	214
Jadual 6.8	Perubahan Isipadu Sedimen dan Pertalian antara Perubahan Angin Monsun dengan Saiz Min Sedimen di Stesen 8	215

PERUBAHAN PROFIL PANTAI DAN SEDIMEN DI TELUK BAHANG DAN BATU FERRINGHI, PULAU PINANG

ABSTRAK

Pantai merupakan kawasan yang dinamik dan sangat dipengaruhi oleh keadaan sekeliling. Sebarang perubahan, tekanan dan aktiviti yang diberikan ke atas kawasan tersebut akan mempercepat kadar perubahan profil pantai dan isipadu sedimen. Perubahan dalam keadaan fizikal-fizikal pantai seperti angin, arus, gelombang, ombak, ketinggian gelombang dan pasang surut serta perubahan musim akan membentuk atau mengalami perubahan profil pantai, isipadu dan sedimen yang berbeza mengikut bulan, musim dan tempat. Dalam beberapa tahun kebelakangan ini terdapat peningkatan tekanan daripada aktiviti manusia dan masa lapang yang memberi tumpuan kepada sukan air, dan rekreasi di tepi pantai yang membawa kepada perubahan kepada morfologi pantai terutamanya perubahan profil pantai, isipadu dan struktur sedimen serta turut menjejaskan ekosistem di kawasan tersebut. Kajian ini dilakukan untuk mengkaji proses hakisan dan pempendapan sedimen di Pantai Teluk Bahang dan Pantai Batu Ferringhi dalam jangka masa pendek, menganalisis perubahan profil pantai, isipadu sedimen dan saiz sedimen dan mengenalpasti faktor semula jadi dan manusia terhadap perubahan profil pantai dan isipadu sedimen. Kajian ini dijalankan di Pantai Teluk Bahang dan Pantai Batu Ferringhi yang terletak di bahagian Timur Laut Pulau Pinang, Malaysia. Pengumpulan data dan aktiviti persampelan telah dijalankan bermula dari Mac 2016 hingga Februari 2017 dan aktiviti persampelan dijalankan sebanyak sebulan sekali. Persampelan dilakukan di lapan buah stesen iaitu empat buah stesen terletak di Teluk Bahang dan empat buah stesen di Pantai Batu Ferringhi. Analisis saiz sedimen melibatkan parameter min, sisihan piawai, pencongan, kurtosis, ketumpatan pukal

dan keporosan sedimen yang dilakukan dengan menggunakan kaedah grafik yang dicadangkan oleh Folk dan Ward (1957). Manakala profil pantai dan isipadu sedimen pula melibat pengukuran profil pantai di kawasan kajian. Profil pantai di Stesen 1 hingga Stesen 4 yang terletak di Pantai Teluk Bahang dan Stesen 5 serta Stesen 6 yang terletak di Pantai Batu Ferringhi menunjukkan berlaku keseimbangan dinamik pantai. Manakala profil pantai di Stesen 7 dan Stesen 8 yang terletak di Pantai Batu Ferringhi menunjukkan keadaan perubahan profil pantai yang tidak berlaku keseimbangan. Hakisan sedimen yang paling tinggi berlaku ialah pada bulan Februari 2017 di Stesen 8 dengan jumlah hakisan isipadu sedimen sebanyak 11463.0 m³. Pemandapan sedimen yang paling tinggi pula ialah pada bulan April di Stesen 6 dengan pertambahan isipadu sebanyak 11266.0 m³. Pantai Teluk Bahang dan Pantai Baru Ferringhi memiliki ukuran saiz sedimen halus hingga pasir, penyisihan baik hingga penyisihan buruk, pencongan halus hingga pencongan kasar dan kurtosis jenis platikurtik hingga sangat leptokurtik. Hakisan dan pemandapan sedimen di kawasan kajian adalah bergantung kepada keadaan fizikal-fizikal laut seperti angin, arus, gelombang, ombak dan pasang surut serta aktiviti manusia yang berlaku di kawasan kajian tersebut.

**CHANGE OF BEACH PROFILE AND SEDIMENT ON TELUK BAHANG
AND BATU FERRINGHI, PENANG**

ABSTRACT

The beach is a dynamic area and influenced by the surroundings. Any changes, pressures and activities the area will increase the rate of change of beach profile and sediment volume. Changes in physical of the beach conditions such as wind, currents, waves, elevation waves and tides and seasons change will change the shape of beach profiles, volumes and sediments that vary by month, season and place. In recent years there has been an increase in pressure from human activity and leisure that focuses on water sports, and beach recreation leading to the changes of coastal morphology, particularly the change of beach profiles, volumes and sediments and also affecting the ecosystems in that area. This study was carried out to study the process of sedimentation and sediment deposition at Teluk Bahang Beach and Batu Ferringhi Beach in the short term, analysing beach profile changes, sediment volume and size of sediment and identifying natural and human factors on beach profile changes and sediment volume. This study was conducted at Teluk Bahang Beach and Batu Ferringhi Beach, located in the northeast part of Penang, Malaysia. Data collection and sampling activities were conducted from March 2016 to February 2017 and sampling activities were conducted once a month. Sampling was carried out at eight stations, four stations are located in Teluk Bahang and four stations in Batu Ferringhi. Grains size analysis involves mean, sorting, skewness, curtosis, bulk density and porosity by using the graphic method that proposed by Folk and Ward (1957). Coastal profile and sediment volume involves measurement of coastal profile in the study area. Beach profile at Station 1, Station 2, Station 3, and Station 4 located at Teluk Bahang Beach and Station 5 and Station 6 located at

Batu Ferringhi Beach shows a dynamic coastal balance. While the beach profile at Station 7 and Station 8 located at Batu Ferringhi Beach shows the unstable beach profile changes. The highest sediment erosion was occurred on February 2017 at Station 8 with a total sediment volume erosion is 11463.0 m³. The highest sediment deposition was occurred on April at Station 6 with a total volume accretion was 11266.0 m³. Teluk Bahang and Batu Ferringhi beaches have fine to sand size sediment, well-sorted to poorly-sorted, fined to coarse skewed and platykurtic to very leptokurtic. Erosion and deposition in the study area depend on the physical conditions such as angin, currents, waves and tidal and human activity occurring in the study area.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Malaysia merupakan sebuah negara yang dikelilingi oleh laut dan lautan yang luas. Malaysia yang terdiri daripada Semenanjung Malaysia dan negeri-negeri di Malaysia Timur iaitu Sabah dan Sarawak di kepulauan Borneo mempunyai garis pantai yang panjang, berjumlah kira-kira 4809 km. Pengurusan zon pesisir pantai dan sumber alam amat penting bagi perkembangan ekonomi serta sosial sesebuah Negara yang dikelilingi laut. Ini disebabkan hamper setengah daripada penduduk dunia mengingati, bekerja serta menjalankan aktiviti perdagangan di zon pesisir pantai. Kepentingan kawasan pesisir pantai sudah diketahui umum semenjak zaman perkembangan manusia lagi. Keadaan ini bertitik tolak daripada perkembangan bandar-bandar purba yang terletak di lokasi pesisir pantai, muara sungai, khususnya di rantau eropah dan asia (P. Fabbri, 1998; Nanthakumar dan Syahrin, 2004). Sebarang perubahan yang berlaku ke atas angin seperti perubahan dan kekuatan, kelajuan dan intensiti angin akan memberi kesan terhadap semua pantai di Malaysia termasuklah pantai-pantai di Pulau Pinang. Hal ini menyebabkan Malaysia tidak dapat mengelak daripada berlakunya fenomena semula jadi perubahan profil pantai dan sedimen pantai dan pantai merupakan bentuk muka bumi yang dinamik.

Profil pantai dan sedimen adalah berbeza setiap tempat dan sentiasa mengalami perubahan dengan melawan masa. Profil pantai dan sedimen adalah saling berkaitan antara satu sama lain kerana perubahan profil pantai terjadi disebabkan oleh keluar dan masuk sedimen yang terbawa oleh arus. Selain itu, terdapat pantai yang mempunyai hakisan yang tinggi dan juga terdapat pantai yang mengalami pemendapan yang tinggi.

Namun begitu, pantai yang mempunyai hakisan yang tinggi adalah lebih bahaya berbanding pantai yang mengalami pemendapan kerana boleh mengancam keselamatan dan pembangunan yang berhampiran dengannya.

Isu mengenai perubahan profil pantai dan isipadu sedimen akan dialami oleh setiap pantai yang terdapat di seluruh Malaysia. Pada musim tengkujuh khususnya, merupakan musim yang lebih banyak hakisan berlaku dan perubahan profil pantai serta sedimen juga giat berlaku kerana kehadiran ombak dan angin yang lebih kuat. Namun begitu, perubahan-perubahan yang berlaku secara semula jadi tidaklah seteruk perubahan yang dilakukan oleh aktiviti manusia seperti penambakan laut, pembinaan jeti, pembinaan pelabuhan, pengambilan dan pengorekan pasir pantai dan sebagainya. Bilangan kawasan hakisan kritikal di seluruh negara telah meningkat, dan pada masa ini bilangan kawasan yang mengalami hakisan kritikal telah meningkat kepada 74 tapak berukuran 232 km panjang (Rahim dan Ziaudin, 1998). Hal ini memberi ancaman kepada keadaan pantai sekali gus memberikan kesan-kesan biologi dan kepada manusia. Dalam usaha untuk melaksanakan pembangunan mampan di zon pantai, kerajaan telah menyedari akan kepentingan memulakan dasar pengurusan zon pantai bersepadu. Hal ini dapat membantu dalam mengawal dan melestarikan kawasan pantai dan pinggir pantai.

1.2 PERMASALAHAN KAJIAN

Pantai merupakan kawasan yang dinamik dan sangat dipengaruhi oleh keadaan sekeliling. Sebarang perubahan, tekanan dan aktiviti yang diberikan ke atas kawasan tersebut akan mempercepat kadar perubahan profil pantai dan isipadu sedimen. Perubahan keadaan fizikal-fizikal pantai seperti angin, arus, gelombang, ombak, ketinggian gelombang dan pasang surut serta perubahan musim akan membentuk atau mengalami perubahan profil pantai, isipadu dan sedimen yang berbeza mengikut

bulan, musim dan tempat. Pada musim berlakunya angin, arus, gelombang dan ombak yang kuat serta pasang surut yang tinggi kawasan pantai berpotensi berlaku hakisan lebih tinggi. Dalam beberapa tahun kebelakangan ini terdapat peningkatan tekanan daripada aktiviti manusia dan masa lapang yang memberi tumpuan kepada sukan air, dan rekreasi di tepi pantai yang membawa kepada perubahan kepada keadaan pantai. Hal ini juga menyebabkan berlakunya perubahan terhadap profil pantai, isipadu sedimen dan sedimen di kawasan tersebut.

Permasalahan juga melihat kesan aktiviti manusia seperti Projek Pemuliharaan Pantai dan Pembaikan Kualiti Air Laut dan Projek Pembinaan Struktur Wetland di Sungai Satu di Pantai Batu Ferringhi, Pulau Pinang yang berdekatan dengan kawasan kajian terhadap perubahan profil pantai dan sedimen. Kajian ini perlu dilakukan bagi melihat perubahan yang berlaku ke atas profil pantai, isipadu sedimen dan saiz sedimen kesan daripada pembinaan projek berhampiran dengan pantai. Selain daripada itu, kajian ini dapat menjadi pengukur utama dalam pembuatan keputusan dari persepsi pembangunan pesisir pantai. Kajian ini dapat menunjukkan hasil kajian yang tepat dan terdapat sedikit perbezaan kerana kajian ini dijalankan semasa dan pasca pembinaan projek. Hasil data dan maklumat juga dapat dibuat perbandingan antara pantai yang terdapat gangguan manusia dan pantai yang tidak mempunyai gangguan manusia. Oleh itu, isu-isu ini adalah sangat perlu untuk dikaji supaya setiap kesan yang berlaku daripada isu dan permasalahan ini dapat dikurangkan.

1.3 OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini memfokuskan kepada perubahan profil pantai dan perubahan isipadu sedimen di Pantai Teluk Bahang dan Pantai Batu Ferringhi. Beberapa objektif yang ingin dicapai dalam kajian ini ialah;

- i. Mengkaji pola perubahan kelajuan arus, ketinggian ombak dampanan dan ombak unduran di Pantai Teluk Bahang dan Pantai Batu Ferringhi;
- ii. Menganalisis perubahan profil pantai, isipadu sedimen dan saiz sedimen di kawasan kajian;
- iii. Mengkaji pengaruh angin monsun terhadap perubahan isipadu sedimen dan saiz sedimen

1.4 HIPOTESIS KAJIAN

Hipotesis kajian adalah andaian atau jangkaan awal pengkaji tentang hasil kajian berdasarkan objektif kajian. Berdasarkan objektif-objektif kajian ini, hipotesis kajian adalah seperti berikut;

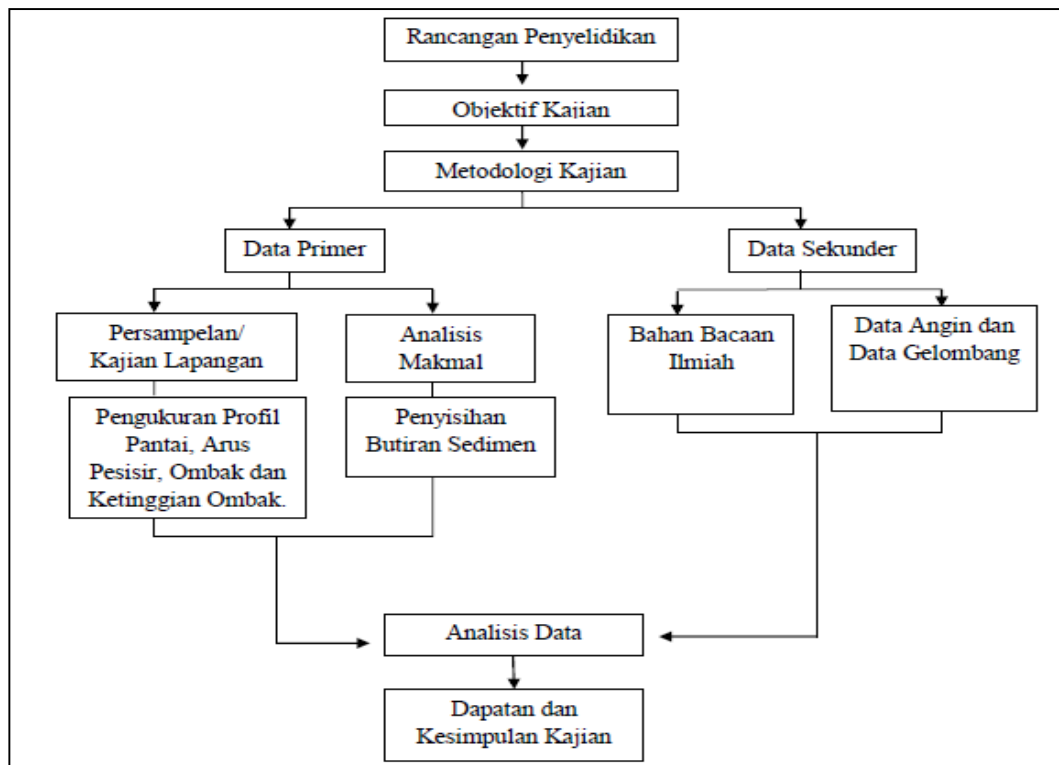
- i. Terdapat kaitan antara pola perubahan angin, kelajuan arus, kelajuan ombak dampanan dan ombak unduran, gelombang, ketinggian ombak dan pasang surut terhadap perubahan profil pantai dan sedimen di Pantai Teluk Bahang dan Pantai Batu Ferringhi.
- ii. Hakisan pantai di Stesen 7 dan Stesen 8 adalah lebih tinggi berbanding stesen-stesen lain
- iii. Terdapat pengaruh antara angin monsun terhadap perubahan profil pantai dan saiz min sedimen.

1.5 SKOP KAJIAN

Kajian ini melibatkan dua buah pantai di Pulau Pinang iaitu Pantai Teluk Bahang dan Pantai Batu Ferringhi yang merangkumi empat stesen di Pantai Teluk Bahang dan empat stesen di Pantai Batu Ferringhi. Kajian ini berfokus kepada perubahan profil pantai, perubahan isipadu sedimen dan saiz sedimen di kedua-dua buah pantai. Kajian ini melibatkan pengukuran profil pantai dan analisis saiz ukuran butiran sedimen (*grain size analysis*). Analisis saiz sedimen melibatkan analisis ukuran min atau purata (*mean*), pencongan (*skewness*), sisihan piawai (*sorting*), kurtosis, ketumpatan pukal (*bulk density*) dan keporosan (*porosity*). Selain itu, kajian ini juga melihat pola masa dan perubahan profil pantai, isipadu sedimen yang ketara. Keadaan fizikal pantai seperti kekuatan angin, arus, gelombang, ombak, ketinggian ombak dan perubahan cuaca di sepanjang tempoh persampelan adalah diambilkira. Daripada semua data dan hasil dapatan yang diperoleh dibuat kesimpulan dan cadangan-cadangan yang mungkin berguna bagi mengawal dan membantu dalam perancangan pembangunan pinggir pantai.

1.6 KERANGKA KAJIAN

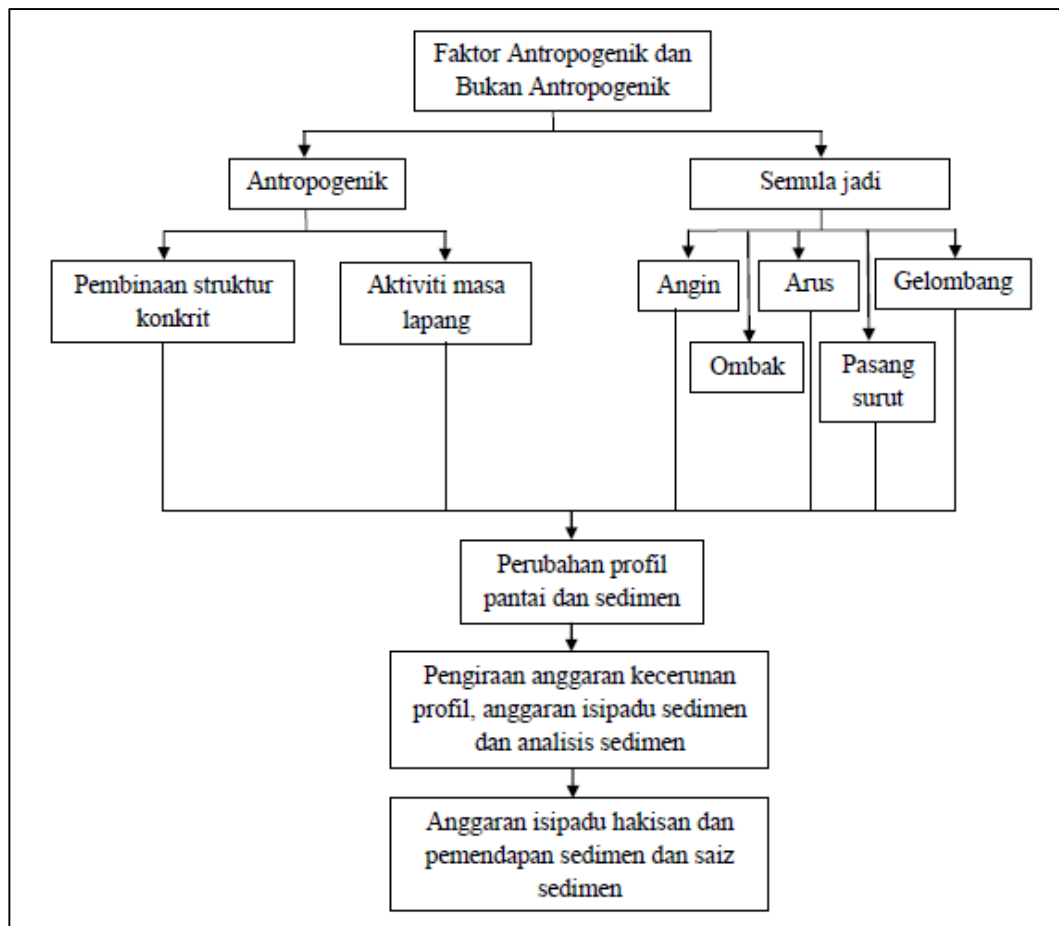
Kerangka kajian ialah carta aliran sesebuah penyelidikan yang bermula daripada peringkat awal kajian sehingga peringkat akhir kajian. Carta aliran menunjukkan rancangan penyelidikan dan metodologi kajian yang digunakan dalam mengumpul dan menganalisis data primer dan data sekunder serta kesimpulan kajian yang dapat dilakukan berdasarkan kajian yang dijalankan (Rajah 1.1).



Rajah 1.1 Kerangka penyelidikan.

1.7 KERANGKA KONSEPTUAL

Kerangka konseptual menunjukkan hakisan dan pemendapan sedimen serta saiz sedimen secara semula jadi dan aktiviti manusia. Hakisan dan pemendapan pantai yang terhakis dan termendap menyebabkan berlaku perubahan ke atas profil pantai, kecerunan pantai dan isipadu sedimen serta taburan saiz sedimen. Profil pantai, kecerunan, isipadu sedimen dan saiz sedimen digunakan untuk mencapai sasaran kajian iaitu mengukur perubahan profil pantai termasuklah kecerunan pantai, isipadu sedimen dan analisis saiz sedimen di Pantai Teluk Bahang dan Pantai Batu Ferringhi yang dikaji (Rajah 1.2). Perubahan isipadu sedimen akan menentukan sama ada pantai tersebut berlaku hakisan atau pemendapan.



Rajah 1.2 Kerangka konseptual penyelidikan

1.8 KEPENTINGAN KAJIAN

Kajian ini adalah penting kerana dapat memberi data dan maklumat tentang perubahan profil pantai dan isipadu sedimen serta melihat proses-proses dan faktor-faktor yang mempengaruhi ke atasnya. Kajian ini juga penting kerana hasil kajian yang diperolehi boleh dijadikan sebagai salah satu rujukan dalam proses pembangunan dan aktiviti-aktiviti lain di pinggir pantai. Selain itu, hasil kajian ini juga diharap dapat menjadi sebagai maklumat atau informasi penting kepada pihak yang berkepentingan seperti Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) dan Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) dan dalam mengambil sebarang keputusan dan pertimbangan untuk mengendalikan dan menguruskan kawasan pantai. Kajian ini merupakan salah satu sumber kepada pihak untuk mengkaji tentang hakisan dan pемendapan pantai yang berlaku terhadap

kawasan pantai di Malaysia. Hasil kajian ini juga dapat dimanfaatkan oleh para pelajar untuk dijadikan sebagai rujukan asas dalam melakukan sebarang penyelidikan yang berkaitan dengan hakisan dan pemendapan pantai. Selain itu, kajian ini juga akan diterbitkan dalam bentuk jurnal bagi meningkatkan mutu penyelidikan yang telah dijalankan ini.

1.9 SUSUNAN TESIS

Bab 1 merupakan bab pendahuluan yang menerangkan aliran sebuah penyelidikan yang telah dijalankan dan diterangkan secara terperinci tentang kajian yang dijalankan. Kajian yang ini memfokuskan kepada perubahan profil pantai, isipadu sedimen dan analisis saiz sedimen di Pantai Teluk Bahang dan Pantai Batu Ferringhi.

Bab 2 pula ialah bab yang meninjau bahan bacaan atau topik yang berkaitan dengan kajian yang dijalankan. Bahan tinjauan ini meliputi kajian-kajian penyelidikan terdahulu di dalam negara mahupun di luar negara yang akan memberi input, rujukan dan menjadi garis panduan kepada penyelidikan yang dijalankan.

Bab 3 ialah bab yang berkaitan dengan metodologi, kaedah atau instrumen yang akan digunakan bagi mendapat hasil keputusan yang dikaji. Bab ini meliputi kawasan kajian, data angin, gelombang, pasang surut, arus, ketinggian ombak. Kaedah-kaedah yang dijalankan serta analisis statistik juga akan diterangkan dalam bab ini secara terperinci.

Bab 4, bab 5, bab 6 merupakan bab-bab dapatan kajian berkaitan dengan hasil keputusan kajian yang telah berjaya dijalankan. Dapatan kajian yang diperolehi akan ditunjukkan dalam bentuk graf dan jadual. Bab 7 ialah bab kesimpulan yang akan merumuskan keseluruhan kajian. secara ringkas daripada bab 1 hingga 7.

BAB 2

TINJAUAN BAHAN BACAAN

2.1 PENGENALAN

Pantai merupakan kawasan yang sangat penting kepada manusia kerana menyediakan pelbagai faedah dan merupakan sumber semula jadi yang boleh mendapatkan pelbagai manfaat daripadanya. Manusia menggunakan pantai untuk pelbagai kepentingan dan tujuan seperti pelancongan, rekreasi, kemudahan pelabuhan, perdagangan, aktiviti penangkapan ikan dan sebagainya. Pantai juga merupakan suatu tempat yang banyak digunakan kerana menarik dan cantik untuk dikunjungi. Namun begitu, kawasan pantai ini adalah sangat dinamik, rapuh dan sensitif terhadap sebarang perubahan yang dilakukan ke atasnya. Menurut Siti Nuramirah et al. (2016) kawasan zon pinggir pantai perlu dipelihara dan diurus dengan sebaik mungkin kerana ekosistemnya adalah sangat sensitif dan rapuh. Pantai sering terdedah kepada faktor-faktor fizikal sekeliling seperti angin, ombak, gelombang, arus, pasang surut dan ribut. Sebarang perubahan dalam intensiti faktor-faktor fizikal akan mengubah keadaan morfologi pantai. Selain itu, aktiviti manusia juga penyebab kepada perubahan ke atas pantai dengan memberi tekanan ke atasnya seperti pembinaan struktur-struktur konkrit di kawasan pantai malahan perubahan morfologi yang disebabkan oleh manusia adalah lebih cepat dan berbanding faktor-faktor fizikal.

Namun begitu, perubahan yang berlaku khususnya geomorfologi pinggir pantai bukanlah satu perkara yang baru baik di Malaysia ataupun di negara-negara lain di dunia khususnya negara yang menerima pengaruh daripada sistem kelautan. Perubahan yang berlaku di zon pinggir laut atau pantai melibatkan proses pertambahan dan pengurangan sedimen yang sedia ada (Nor Shahida, 2017). Zon pinggir laut

merupakan zon perpindahan bahan dari permukaan tanah kepada sistem laut iaitu bahan-bahan sedimen yang terhakis oleh proses dalam sistem sungai, glasier dan sebagainya, akan berpindah semula ke pinggir laut iaitu sepanjang pantai serta kawasan yang berhampiran dengan pantai dan sesetengahnya akan dimendapkan ke dasar laut (Davidson-Arnott, 2010; Nor Shahida, 2017). Secara ringkasnya, kerana hubungan yang kuat antara perubahan pantai dengan manusia, pemahaman tentang persekitaran dinamik pantai perlu difahami dan kawasan pantai perlu dipelihara dan diurus dengan baik.

2.2 MORFOLOGI PANTAI

Pantai merupakan morfologi yang aktif dan sensitif terhadap perubahan yang berlaku ke atasnya. Salah satu sifat sejati pantai ialah dinamik atau mudah berubah-ubah dengan melawan masa. Menurut Jamaluddin (1996), secara umumnya, pantai ialah satu kawasan yang terdapat timbunan bahan mendak yang peroi seperti pasir, batu kelikir dan batuan lada pada bahagian pesisir hadapan dan belakang kawasan zon pesisir pantai. Menurut Davidson-Arnott (2010) pula, pantai merujuk kawasan yang memisahkan antara kawasan daratan dan lautan iaitu bahan batu pepejal pada bahagian bawahnya oleh lapisan batuan terurai. Pantai juga mampu menjadikan kawasan itu penuh sesak dengan manusia ataupun sebaliknya bergantung kepada keadaan sesebuah pantai tersebut. Landskap yang unik dan berbeza pada pantai dicorakkan oleh proses pantai yang dinamik dan banyak dipengaruhi oleh hakisan dan sedimentasi (Komar, 1983; King, 1972). Proses hakisan memainkan peranan yang besar dalam membentuk morfologi hakisan dan mendapan ombak di samping kawalan litologi dan struktur batuan terlibat (Juhari Mat Akhir, 1999). Namun begitu proses geomorfologi pantai

boleh berada di dalam keadaan seimbang jika terdapat kehadiran sedimen tepi laut (Tija, 1987).

Konsep yang paling penting dalam proses pesisir pantai (*nearshore*) ialah profil keseimbangan pantai. Keseimbangan pantai ialah pantai yang menyesuaikan keadaannya untuk sentiasa berada dalam keadaan keseimbangan terhadap paksaan gelombang yang dikaitkan dengan gelombang kejadian tertentu seperti perubahan bermusim yang dikenali sebagai tindak balas kepada gelombang tinggi pada musim sejuk dan gelombang yang lebih rendah pada musim panas. Keseimbangan profil ialah masa purata pengangkutan sedimen tempatan atau setempat, arus pesisir (*cross-shore*) adalah sifar, begitu juga dengan kecerunan dalam pengangkutan susur pesisir (Edward Ching-Ruey Luo, 2014).

Selain itu, menurut Hooke (1994), pantai bertindak seperti satu zon penampungan bagi sempadan antara laut dan pantai. Kedinamikan morfologi dapat membantu memberikan maklumat tentang mekanisme iaitu bagaimana pergerakan sedimen, hakisan dan pemendapan di sepanjang pesisir pantai. Pergerakan sedimen, hakisan dan pemendapan ini penting bagi menentukan keselamatan sesebuah pantai dan dengan memahami mekanisme hakisan dan pemendapan di pantai, ia menunjukkan bagaimana proses timbal balik berlaku sehingga keadaan keseimbangan tercapai jika terdapat sebarang gangguan atau binaan di situ (Syafrina et al., 2000). Selain itu, menurut Triatmodjo (1999), ada dua istilah tentang pantai yang sering digunakan iaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut manakala pantai pula ialah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi.

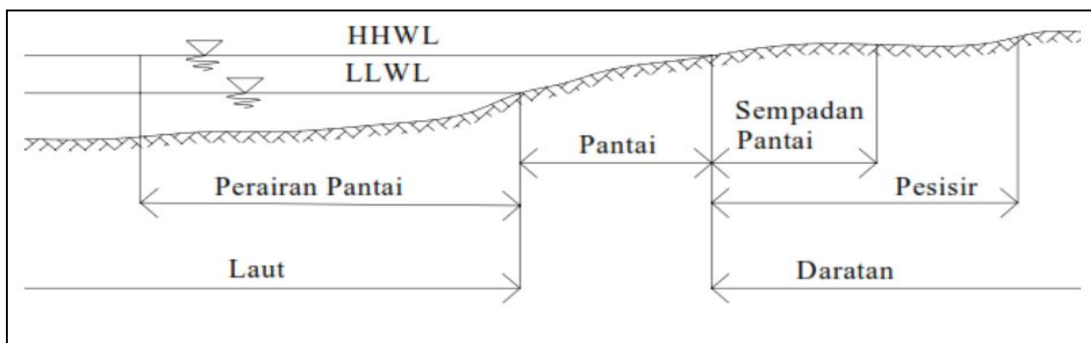
Terdapat tiga titik penting dalam menentukan zon pinggir pantai iaitu daratan, lautan dan atmosfera. Menurut Jamaluddin (2009), zon pinggir pantai secara umumnya adalah merupakan pertembungan kritikal antara daratan, lautan dan atmosfera. Zon tersebut dapat didefinisikan sebagai suatu jaluran daratan dan ruang laut yang bersebelahan dengannya (perairan pinggir pantai dan tanah yang tenggelam) yang saling bergantung antara satu sama lain. Zon pinggir pantai terdiri daripada unsur-unsur yang terdapat pada tiga zon utama yang saling bergantung, iaitu daratan, teteluk-muara sungai yang cetek dan marin ataupun ditinjau daripada sudut lain zon ini terdiri daripada daratan pinggir pantai, zon pesisir dan zon hampir pesisir (Ketchum, 1972). Kawasan pesisir pantai ialah kawasan yang sensitif dan cenderung terdedah kepada pelbagai ancaman hakisan. Keadaan ini secara tidak langsung akan memberikan kesan kepada kesejahteraan manusia khususnya, persekitaran dan ekosistem (Siti Nuramirah Jaafar, 2016).

Kawasan pesisir pantai merupakan kawasan yang begitu rapuh dan sangat cepat mengalami perubahan. Proses pemulihan pantai mengambil jangka masa yang panjang berbanding masa yang diambil bagi melakukan perubahan ke atasnya. Zon pinggir pantai dianggap rapuh kerana apa sahaja bentuk gangguan di zon pinggir pantai mampu menyebabkan perubahan. Malahan setiap perubahan pula akan mempengaruhi tindakan yang seterusnya. Sekiranya sesuatu gangguan hanya menyebabkan perubahan kecil, biasanya agen-agen yang bertindak mampu memulihkan keadaan secara semula jadi. Bagaimanapun, sekiranya gangguan itu berterusan dan melampaui had kemampuan untuk pemulihan secara semula jadi oleh agen-agen yang bertindak, biasanya gangguan berkenaan akan menimbulkan masalah menyebabkan kemerosotan kualiti persekitaran fizikal dan zon pinggir pantai (Jamaluddin, 1996, 2000a, 2000b & 2009). Menurut Shahrizaila (1992), pesisir pantai Malaysia terbahagi kepada pesisir

pantai hutan paya bakau dan pesisir pantai berpasir. Pesisir pantai hutan paya bakau membantu mengekalkan keseimbangan pantai daripada berlakunya hakisan pantai terutamanya pada musim monsun. Kemusnahan yang berlaku ke atas hutan paya bakau akan memberi impak negatif kepada hakisan pantai. Kajian kes iaitu persepsi terhadap kemusnahan hutan bakau yang telah dijalankan oleh Mokhtar dan Ahmad (2013) ke atas responden-responden nelayan di pesisir pantai di mukim Serkat, Johor menunjukkan bahawa, kesan negatif yang paling tinggi ditanggapi oleh responden adalah impak kemusnahan hutan paya bakau terhadap hakisan pantai (100.0% responden bersetuju). Kajian kes ini menunjukkan bahawa kepentingan pesisir hutan paya bakau adalah berada di tahap yang maksimum. Pesisir pantai berpasir pula ialah sistem geomorfologi dinamik yang berubah-ubah secara berterusan berlaku pada skala ruang dan masa yang pelbagai (Del Rio et al., 2013). Dalam jangka pendek, perubahan pantai adalah dikaitkan dengan turun naik tenaga gelombang manakala pada skala jangka panjang pula, (berabad, millennia) variabiliti pesisir kebanyakannya dinisbahkan oleh turun naik paras laut dan pelepasan sedimen dari sungai ke laut. Kedua-duanya didorong oleh perubahan iklim (Cowell dan Thom, 1994).

Menurut Yuwono (1992) terdapat beberapa definisi yang berkaitan dengan kawasan pantai iaitu pantai adalah kawasan di tepi perairan (laut atau tasik) persempadanan antara tika air surut dengan tika air pasang. Kawasan pantai juga adalah suatu pesisir beserta perairannya di mana pada daerah tersebut masih terpengaruh baik oleh aktiviti darat ataupun aktiviti marin. Pesisir adalah tepi laut yang masih terpengaruh oleh aktiviti marin. Manakala perairan pantai adalah kawasan perairan yang masih terpengaruh oleh aktiviti daratan dan sempadan pantai adalah kawasan sepanjang pantai yang diperuntukkan bagi kelestarian pantai.

Menurut Triatmodjo (1999) sempadan pantai adalah kawasan tertentu sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai. Kriteria sempadan pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya sesuai dengan bentuk dan keadaan fizikal pantai, minimum 100 m dari titik pasang tertinggi ke arah daratan (Rajah 2.1). Secara ringkasnya pantai adalah kedudukan yang bersempadan antara sempadan pantai dengan perairan pantai dan terdapat pengaruh pasang surut tinggi (HHWL) dengan pasang surut rendah (LLWL).



Rajah 2.1 Definisi kawasan pantai (Triatmodjo, 1999).

2.3 KAJIAN HAKISAN PANTAI

Sensitif, mudah berubah, rapuh, terdedah kepada pelbagai ancaman, dan dinamik merupakan gambaran kepada kawasan pesisir pantai. Menurut Siti Nuramirah at al. (2016), kawasan pesisir pantai merupakan kawasan yang sensitif dan cenderung terdedah kepada pelbagai ancaman seperti hakisan. Kawasan pesisir pantai ini cenderung terdedah kepada pelbagai ancaman seperti hakisan yang boleh mengancam kesejahteraan kelangsungan hidup manusia sama ada dari segi sosial, ekonomi mahupun budaya.

Setiap pantai di dunia akan mengalami proses hakisan walaupun berbeza benua, masa, ruang, tempat dan garisan lintang dan masing-masing terdedah kepada tahap yang berbeza terhadap cuaca yang melampau dan potensi perubahan iklim serta yang menghasilkan kadar hakisan adalah berbeza bagi setiap kawasan. Malaysia adalah negara tropika yang dikelilingi oleh laut dan tertakluk kepada pengaruh laut tersebut. Kajian hakisan dan pemendapan pantai adalah penting kerana Malaysia adalah sebuah negara yang mempunyai pesisir pantai yang sangat panjang iaitu 4,800 km (JPBD, 1999).

Hakisan pantai merujuk kepada keadaan pemadatan permukaan daratan sehingga mengakibatkan permukaan tanah atau pasir turun ke dalam laut sehingga menyebabkan garis pantai berubah. Pantai juga dikatakan terhakis apabila pengangkutan sedimen yang berlaku ke suatu titik yang lebih besar berbanding dengan jumlah sedimen yang diangkut keluar dari titik tersebut. Dalam erti kata yang lebih ringkas ialah hakisan berlaku apabila jumlah sedimen yang diangkut ke permukaan laut adalah lebih banyak berbanding sedimen yang dibawa ke darat (Nur, 2004). Menurut Wright et al. (2001) hakisan pantai membawa maksud sistem laut secara progresif menguasai sistem daratan lalu membentuk landskap muka bumi yang baharu seperti teluk, tebing tinggi dan kewujudan batuan-batuan yang tersusun (Siti Nuramirah et al., 2016). Selain itu, terdapat dua jenis hakisan iaitu “*episodic*” dan “*sporadic*”. “*Episodic*” ialah tempoh berlaku hakisan adalah dalam masa yang singkat, contohnya berlaku taufan, manakala “*sporadic*” pula ialah hakisan yang berlaku sekali-sekala dan kadar hakisan yang berlaku adalah tidak sama di semua tempat (Stewart, 2011; Nor Shahida, 2017).

Dua aspek dominan yang menyebabkan berlakunya hakisan pesisir pantai ialah aktiviti fizikal seperti ombak arus, pasang surut, angin dan aktiviti manusia. Menurut Jamaluddin (2009) tindakan fizikal lautan serta tindak balas yang diwujudkan berlaku berterusan secara semula jadi dalam rangka mewujudkan suatu keadaan keseimbangan dinamik yang boleh dikesan secara keratan rentas ataupun keratan memanjang. Fenomena ini berlaku akibat daripada proses semula jadi yang tidak dapat dielakkan antara daya semula jadi yang saling bertindak di kawasan pesisir pantai seperti ombak, bahan mendak, angin, arus dan pasang surut (JPS, 2014).

Namun begitu aktiviti manusia menyebabkan hakisan yang lebih teruk berbanding aktiviti fizikal. Menurut Sataquo et al. (2015) faktor utama berlakunya hakisan pantai adalah disebabkan oleh aktiviti manusia di sekitar pesisir pantai. Hakisan pantai sebahagian besarnya berlaku disebabkan oleh ketidakseimbangan ruang dalam pengangkutan pasir di pesisir pantai. Sebagai contoh kajian kes yang telah dijalankan oleh Jin-Cheng et al. (2009) di Pantai Kangnan, Taiwan. Pantai Kangnan juga telah mengalami hakisan pantai selama lebih daripada 10 tahun sejak pembinaan sebuah Pelabuhan Perikanan Hsinchu. Selepas pembinaan pelabuhan perikanan seperti pembinaan dua pangkalan, Pantai Kangnan mengalami hakisan pantai kerana pasir terperangkap oleh struktur Pelabuhan Perikanan Hsinchu. Pembinaan struktur di pantai sering menggalakkan perubahan morfologi di zon pesisir kerana struktur tersebut mengubah arus berhampiran dan kemudian mengganggu keseimbangan semula jadi bekalan dan pengurangan bahan pesisir. Pengangkutan sedimen pesisir panjang (*longshore*) di pantai menunjukkan sedimen apabila pergerakan semula jadi sedimen disekat oleh pembinaan jeti, pemecah atau groin. Struktur-struktur ini bertindak sebagai empangan, menahan sedimen dan menyebabkan pemandapan pantai namun pada sisi lonjakan ombak berlaku hakisan serentak dalam arah turun naik air.

Kebanyakan zon pesisir terdedah kepada perubahan garis pantai fizikal, di sesetengah tempat berlakunya pemendapan, tetapi kebanyakannya hakisan lebih banyak berlaku. Kebanyakan perubahan disebabkan oleh, atau diburukkan oleh aktiviti manusia seperti kejuruteraan pantai dengan pembangunan pelabuhan yang akan mengganggu susur pesisir (*longshore*) perlindungan pengangkutan sedimen pantai. Secara lebih meluas, ia adalah disebabkan oleh pengekalan (oleh pengempangan) sedimen banjir yang dahulunya dilepaskan di pantai (WCD 2000; Crossland et al., 2005), seperti kajian kes yang berlaku Delta Nil. Hakisan yang dipercepatkan di pantai Delta Nil Mesir selama abad ini adalah disebabkan oleh pembinaan dua empangan di Aswan, penimbunan sedimen di Tasik Nasser di belakang Empangan Tinggi, dan kesan bendungan dan struktur kawalan pemendapan sungai di Sungai Nil di bawah Aswan (Daniel, 1996).

Pada asalnya, pantai tidak diganggu secara melampau oleh manusia, maka sifat fizikal pantai akan dapat dikekalkan kerana secara semula jadi segala proses geomorfologi yang bertindak akan sentiasa berada dalam pada tahap keseimbangan. Namun begitu, aktiviti manusia yang telah membangunkan kawasan pantai bagi memenuhi kehendak dan permintaan manusia sehingga menyebabkan fungsi pantai terabai dan keseimbangan proses-proses geomorfologi terganggu. Pantai semakin terhakis dan sempit dan pada akhirnya boleh mengancam manusia.

2.4 KAJIAN PEMENDAPAN PANTAI

Pemendapan pantai berlaku apabila tenaga persekitaran adalah lemah seperti ombak, ribut, angin dan air pasang. Walaupun perairan yang tidak stabil di kawasan pantai mencapai hakisan dan pengangkutan ketara, dalam banyak kes ciri-ciri topografi yang paling mudah dilihat di pantai yang dibentuk oleh pemendapan. Sama seperti dalam

aliran sungai ke atas permukaan benua, pemendapan laut berlaku, iaitu tenaga air yang bergerak akan berkurangan. Sedimen pantai di sepanjang pantai cenderung untuk menjadi lebih kekal daripada sedimen bukan pantai (*noncoastal*). Hal ini adalah disebabkan oleh komposisi sedimen pantai, yang biasanya terdiri daripada zarah atau butiran yang agak kecil (pasir dan batu). Kebanyakan sedimen pantai adalah di bawah serangan berterusan oleh perairan yang tidak stabil, yang dengan cepat boleh menghanyutkan sebahagian sedimen. Oleh itu, "bajet sedimen" mesti seimbang jika deposit itu berterusan; untuk bajet mestilah seimbang, penyingkiran pasir perlu diimbangi dengan penambahan pasir. Kebanyakan sedimen pantai telah menyeimbangkan sedimen fluks, dengan serpihan yang tiba di sesetengah tempat itu dan kemudiannya beranjak ke tempat lain (Tom dan Darrel, 2002).

Kebanyakan pantai di seluruh dunia selalunya lebih dominan kepada hakisan pantai walaupun kadar hakisan adalah rendah. Namun begitu, terdapat juga kawasan pantai yang lebih dominan mengalami pemendapan walaupun pemendapan pantai adalah rendah seperti kes yang berlaku di bahagian selatan pantai Cardiz yang terletak di bahagian barat daya Sepanyol. Hasil dapatan kajian Del Rio et al. (2013) menunjukkan bahagian selatan pantai Cardiz boleh dianggap agak stabil, kecuali beberapa kawasan kecil di mana hakisan atau pemendapan signifikan telah direkodkan.

2.5 AKTIVITI MANUSIA

Kawasan-kawasan pantai yang pada asalnya hanyalah sebuah perkampungan nelayan, pekan-pekan kecil terevolusi dan tumbuh berkembang menjadi bandar-bandar pantai dan kota-kota pantai kerana pantai mulai menampilkan fungsinya yang bersifat penentu masa depan sesebuah negara. Perkembangan yang diwarnai dengan fungsi-

fungsi bandar sebagai pusat perdagangan, pelabuhan, industri, pelancongan dan pentadbiran. Seiring dengan pertambahan penduduk, permintaan dan penawaran, perkembangan yang berlaku adalah untuk memberi kesejahteraan kehidupan manusia ke arah yang lebih baik mulai melampaui batas daya keupayaan sesebuah pesisir pantai sehinggakan fungsinya terabai dan memberi tekanan kepada sumber daya tampungan serta digunakan secara berlebihan.

Secara tradisinya, fungsi pantai tertumpu kepada aktiviti perikanan iaitu ia menyediakan sumber pendapatan kepada masyarakat yang tinggal di pesisir pantai dengan menjadi nelayan, pengusaha bot dan pengutip siput (Syafriana et al., 2000). Seiring dengan pertambahan penduduk pembukaan tanah menjadi lebih besar sehinggakan memaksa pembukaan tanah pantai bagi menyediakan keperluan penduduk dengan pelbagai perancangan yang dilakukan. Namun begitu, keadaan pantai menjadi lebih parah dengan wujudnya perancangan yang tidak teratur atau sistematik dalam penjagaan lingkungan pantai.

Perancangan sistem binaan yang tidak teratur mengancam proses angkutan sedimen di sepanjang pesisir dan mengakibatkan ketidakseimbangan angkutan sedimen seperti struktur binaan dinding laut (*seawall*) dan tembok penahan (*revetments*). Pembinaan grion, pelabuhan dan tembok pemecah ombak secara fizikalnya menghalang pergerakan sedimen di sepanjang pesisir dan mengakibatkan pemendapan dan hakisan. Dinding laut dan struktur garis pesisir memantulkan tenaga ombak akan mengakibatkan hakisan di pantai. Maka, perancangan pembinaan struktur di kawasan pantai yang tidak teratur tanpa mengambil kira impak terhadap pantai akan menggalakkan lagi kemusnahan pantai penyepihan, perenggangan serta penghanyutan batuan. Permukaan bumi yang mengalami proses-proses ini yang pada asalnya telah tinggi menjadi rendah (Zaitul Zahira et al., 2000).

Kajian kes di barat daya Sepanyol yang dijalankan oleh Del Rio et al. (2013) menunjukkan, selain daripada faktor-faktor semula jadi, terdapat beberapa sebab yang berkaitan dengan manusia yang mempengaruhi aliran pantai di pantai Cardiz. Salah satu faktor yang berkaitan dengan manusia yang menyebabkan pola hakisan tertentu pada titik tertentu ialah pembinaan struktur kejuruteraan pantai. Satu kajian kes telah dijalankan di Pantai Levante di tetanjung-halangan (*spit-barrier*) Valdelagrana, iaitu perbezaan fasa-fasa pembinaan jeti dan pemanjangan di muara sungai Guadalete yang bertanggungjawab terhadap penambahan atau pemendapan garis pantai yang luar biasa di hujung utara pantai dan episod pengunduran pantai yang ekstrem di penghujung selatan tetanjung, disebabkan oleh perancangan log-lingkar (*log-spiral*) keseimbangan pantai (Martínez et al., 2001; Benavente et al., 2006).

Selain itu, struktur pantai-selari yang tersebar luas di sepanjang kawasan bandar di pantai Cardiz, mempunyai pengaruh yang kuat ke atas keseimbangan pesisir-pantai (*cross-shore*) sedimen tempatan kerana dinding-dinding laut (*seawalls*) atau penahan rip-rap (*revertment rip-rap*) dapat meningkatkan hakisan pantai dengan pantulan ombak dan dengan mencegah penyesuaian profil kepada keadaan gelombang. Perkara terpenting ialah pembinaan empangan di lembangan sungai Guadalquivir, Guadalete dan Barbete sebagai sedimen sungai yang terperangkap di dalam takungan menyebabkan pengurangan sedimen di zon pantai berikutnya (Komar, 1998). Kebanyakan empangan di rantau ini dibina paa tahun 1960 dan tahun 1970 dan akibatnya hampir semua pantai di kawasan kajian telah merekodkan paras air yang tinggi (*high water level*) dan hakisan bukit pasir (*dune erosion*).

Secara ringkasnya, aktiviti manusia menyebabkan pantai hilang titik keseimbangan. Pergerakan sedimen secara besar-besaran akibat daripada pembinaan kejuruteraan konkrit. Kerja-kerja pengorekan pasir menyebabkan struktur dan ikatan

sedimen pantai menjadi lemah dan longgar. Hal ini menyebabkan sedimen mudah dihakisan oleh agen-agen hakisan pantai dan terdedah kepada ancaman hakisan yang lebih besar.

2.6 KLASIFIKASI HAKISAN PANTAI

Perubahan profil pantai dan hakisan dan pemendapan sedimen ialah proses yang bersifat global dan kesannya boleh memberikan kesan sama ada baik atau buruk di sesebuah pantai. Perbincangan mengenainya telah diterjemahkan melalui kajian-kajian tempatan dan luar negara. Ini menunjukkan bahawa hakisan dan pemendapan pantai merupakan proses yang penting untuk dikaji dari semasa ke semasa termasuklah pantai-pantai di Pulau Pinang.

Pada asalnya, pantai tidak diganggu secara melampau oleh manusia, maka sifat fizikal pantai akan dapat dikekalkan kerana secara semula jadi iaitu segala proses geomorfologi yang bertindak ke atasnya akan sentiasa berada dalam pada tahap keseimbangan. Namun begitu, aktiviti manusia yang telah membangunkan kawasan pantai bagi memenuhi kehendak dan permintaan manusia sehingga menyebabkan fungsi pantai terabai dan keseimbangan proses-proses geomorfologi terjejas. Pantai semakin terhakis dan sempit dan boleh mengancam manusia pada akhirnya. Menurut Ghazali (2007), Hakisan Pantai Negara mengenalpasti bahawa 29% daripada garis pantai Malaysia berada dalam pelbagai peringkat pengunduran. Kajian itu memutuskan bahawa selain daripada punca-punca hakisan semula jadi, kes-kes tertentu sebenarnya disebabkan aktiviti manusia. Pembangunan yang tidak terkawal dalam atau sangat dekat dengan zon aktif pantai didapati sumber masalah hakisan.

Kajian mengenai hakisan pantai telah dijalankan oleh Kerajaan Malaysia pada tahun 1984 dengan melaksanakan Kajian Hakisan Pantai (NCES) (Ann, 1996; Ramesh & Noram, 2018). Kajian membuktikan bahawa hampir 30% pantai Malaysia (termasuk Sabah, Sarawak dan Wilayah Persekutuan Labuan) sedang mengalami hakisan. Hal ini menyebabkan kerajaan melaksanakan rancangan kawalan hakisan (Chazali, 2007).

Berdasarkan kajian Hakisan Pantai Pesisir Nasional (NCES), pihak berkuasa telah mengklasifikasikan hakisan pantai ke dalam tiga kategori berikut iaitu .ategori 1 (Kritikal) ialah garis pantai yang terjejas oleh hakisan pantai yang menyebabkan kerosakan kepada kemudahan berasaskan pantai dan kerugian ekonomi utama. kategori 2 (penting) pula garis pantai yang akan terjejas dalam tempoh masa 5 hingga 10 tahun yang boleh meletakkan kemudahan berasaskan pantai kepada bahaya jika tiada tindakan diambil dan kategori 3 (boleh diterima) ialah garis pantai yang sedang dibangunkan yang mungkin menyebabkan kerugian ekonomi kecil jika hakisan terus berleluasa. Hasil Kajian Hakisan Pantai Pesisir Negara menyatakan bahawa 52.7% pantai Semenanjung Malaysia sedang mengalami hakisan pantai Ann, 1996; Ghazali, 2007; JPS, 2017; Ramesh & Noram, 2018).

Oleh itu, pemantau terhadap hakisan pantai harus diteruskan supaya isu dan masalah hakisan pantai yang boleh mengancam manusia dari segi ekonomi, social dan budaya manusia dapat dikurangkan dan dapat memulihkan kembali pantai-pantai yang teruk terhakis kesan daripada aktiviti-aktiviti manusia demi kesejahteraan dan kelestarian pantai pada masa akan datang.

2.7 PROFIL PANTAI

Salah satu perubahan yang paling jelas dalam persekitaran pesisir pantai ialah morfologi pantai yang sering dikira sebagai profil pantai yang mana mewakili bentuk permukaan topografi pantai, dicipta oleh penghausan melalui pantai dari kawasan luar pesisir ke luar bukit pasir. Profil pantai sentiasa mengubah bentuknya dengan menyesuaikan diri terhadap keadaan paksaan laut seperti ombak, pasang surut, angin, arus dan arus berhampiran dengan pantai yang dihasilkan. Bentuk profil juga menentukan bagaimana pantai bertindak balas terhadap agen-agen yang mengubahnya. Kajian pertama yang didokumentasikan daripada profil pantai telah dijalankan untuk memahami tingkah laku pantai untuk digunakan dalam operasi amfibia semasa Perang Dunia Kedua (WW2), apabila bot kakitangan dan bekalan terpaksa menyeberangi profil pantai dari luar pesisir ke pantai (Kraus, 2005). Menurut Bernabeu et al. (2003) profil pantai menyediakan maklumat yang berguna untuk pemantauan kajian pantai. Sementara itu, menurut Ferreira dan Andrade (2003) pula kaedah pengukuran profil yang digunakan ternyata memberi keputusan kajian yang sangat baik dengan variasi profil pantai bulanan yang berbeza-beza.

Profil pantai merupakan titik pertemuan antara air laut dengan daratan dan kedudukannya sentiasa berubah-ubah apabila berlaku kejadian pasang surut, pengaruh ombak dan arus laut (Yudha, 2012). Bentuk dan profil pantai berubah-ubah hasil dari pengaruh damparan dan unduran ombak, perubahan gerakan ombak mengikut musim-musim yang berlainan, keadaan pasang-surut, kejadian ombak-ombak yang luar biasa, kuantiti dan jenis bahan yang dimendapkan di kawasan tersebut. Kebanyakan pantai berpasir mempunyai cerun yang lebih landai berbanding dengan pantai berbatu lada yang lebih curam. Pantai-pantai berpasir kebanyakannya terbentang luas dan bercerun landai (Abdul Ghani, 1990).

Secara umumnya, bentuk profil pantai adalah sangat dinamik yang mana dipengaruhi oleh serangan ombak, sifat-sifat sedimen seperti rapat masa dan ketahanan terhadap hakisan, ukuran dan bentuk partikel serta arus perairan pantai. Menurut Kraus (2005) gelombang, paras air dan saiz butiran sedimen adalah kawalan utama dalam bentuk profil pantai. Mengikut pemahaman klasik mengenai tindak balas profil terhadap perubahan keadaan gelombang melibatkan pergerakan pasir pantai yang signifikan antara profil 'berm' (penghujung beting) dan 'bar' (Komar, 1998). Secara ringkasnya, profil pantai adalah sentiasa mengubah bentuknya dengan dipengaruhi oleh keadaan sekeliling. Sebarang perubahan yang berlaku seperti kekuatan angin, ombak akan menyebabkan profil pantai turut berubah.

2.8 OMBAK

Ombak merupakan satu agen yang memainkan peranan dalam berlakunya perubahan morfologi pantai sama ada berlaku hakisan atau pemendapan. Satu pemahaman klasik menyatakan, ombak berlaku apabila angin bertiup di atas permukaan dan memindahkan tenaga kepada air untuk menghasilkan gelombang (Komar, 1998). Apabila ombak bergerak mengarah ke pantai, ketinggian ombak akan bertambah dan pergerakannya akan menjadi semakin laju pada kedalaman yang cetek. Semasa pergerakannya, ombak mulai kehilangan kestabilan secara beransur-ansur dan pada kedalaman air tertentu, ia akan pecah (Zaitul Zahira et al., 2000). Saiz ombak bergantung kepada had laju angin dan kedalaman air laut. Semakin lama dan kuat angin bertiup, semakin besar ombak yang dihasilkan. Hal ini kerana dalam tempoh yang lama, ombak mampu mengumpulkan tenaga yang banyak dan menghasilkan ombak yang cukup besar (Groves, 1989).