



KEMENTERIAN PERTANIAN
DAN KETERJAMINAN MAKANAN
JABATAN PERIKANAN MALAYSIA

KEPELBAGAIAN BIOLOGI DI PERAIRAN UTARA KEPULAUAN LANGKAWI, KEDAH



KEPELBAGAIAN BIOLOGI DI PERAIRAN UTARA KEPULAUAN LANGKAWI, KEDAH

Editor

Mohamad Saupi Ismail

Md. Nizam Ismail

Norhanida Daud

INSTITUT PENYELIDIKAN PERIKANAN

2025

Cetakan pertama 2025
(c) Institut Penyelidikan Perikanan (IPP) 2025

Hak Cipta Terpelihara. Tidak dibenarkan mengeluarkan mana-mana bahagian artikel, ilustrasi dan isi kandungan buku ini dalam apa juga bentuk sama ada cara elektronik, fotokopi, mekanik, rakaman atau cara lain sebelum mendapat izin daripada editor. Perundingan tertakluk kepada perkiraan royalti atau honorarium.

Editor:
Mohamad Saupi Ismail
Md. Nizam Ismail
Norhanida Daud

Gambar muka hadapan – Pantai Teluk Palas, Langkawi menghadap Kepulauan Tarutao, Thailand.

Gambar muka belakang – Komuniti terumbu karang di Teluk Palas, Langkawi.

Diterbitkan oleh:
INSTITUT PENYELIDIKAN PERIKANAN
11960 Batu Maung, Pulau Pinang
☎ (604)-626 3925 / 26
📠 (604)-626 2210
✉ fri_helpdesk@dof.gov.my
🌐 <https://fri.dof.gov.my>



Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan
Perpustakaan Negara Malaysia
Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati
dari Perpustakaan Negara Malaysia
ISBN 978-967-2946-51-9 (hardback)

Dicetak oleh:
Percetakan PMI (IP0095034-U)
PMI Point No. 201 & 203
Jalan Taiping Kerian
34200 Parit Buntar
Perak, Malaysia

**LANGKAWI:
BISIKAN ANGIN, NYANYIAN LAUT**

*Aku melihat pulau ini
seperti ada kasih seorang ibu
menghampar damai pada alam dan laut
mencurah kasih pada flora dan fauna
tempat berteduh buat musafir kala bertamu
lalu memotret warisan dalam hembusan bayu.*

*Langkawi bukan sekadar tanah dan air
ia adalah jurnal yang dibaca angin
dengan gunung-gunung sebagai aksara
dan sejarahnya tertulis di pasir pantai.*

*Di sini, Mahsuri pernah menangis
tujuh keturunan menghitung waktu
luka tersakiti tak pernah kering
akibat dendam merendam di hati.*

*Pulau ini setia menanti
pelancong datang, pelancong pergi
ada yang meninggalkan sampah
ada yang meninggalkan doa
ingatlah, alam di sini hanya mahu dihormati
tak semua keindahan perlu disentuh
tak semua kenangan perlu dicemari.*

*Langkawi akan tetap bernyanyi
dalam bisik angin, dalam gelora laut
pandanglah bintang di langit malam
mungkin itulah nyala sejarah
yang belum terpadam.*

*Hasil nukilan:
ABDUL HAMID ABDUL HALIM
Bandar Baru Bangi, Selangor
23 Mac 2025*

KANDUNGAN

	Kata pengantar	iii
	Ringkasan Eksekutif	v
Bab 1.	PENDAHULUAN	1
	<i>Mohamad Saupi Ismail & Md. Nizam Ismail</i>	
Bab 2.	STATUS KOMUNITI BENTOS DI UTARA LANGKAWI	5
	<i>Mohamad Saupi Ismail & Md. Nizam Ismail</i>	
Bab 3.	STATUS IKAN TERUMBU DI UTARA LANGKAWI	25
	<i>Khoo Mei Ling, Zaidnuddin Ilias, Muhammad Aiman Mas'ud & Mohamad Saupi Ismail</i>	
Bab 4.	INDEKS KESIHATAN KARANG DI UTARA LANGKAWI	41
	<i>Mohamad Saupi Ismail, Ahmad Ridzuan C. Nik & Khairunnisa Khirul Akbar</i>	
Bab 5.	PEMETAAN HABITAT MARIN DI UTARA LANGKAWI	47
	<i>Jamil Tajam, Muhammad Sahir Othman, Nor Azhar Mat, Mohamad Sajjad Mohamad Azlan & Mohamad Najmuddin Mohd Sairi</i>	
Bab 6.	STATUS TUMBUHAN BAKAU DI UTARA LANGKAWI	65
	<i>Khairul Naim Abd Aziz, Sharir Aizat Kamaruddin, Nadzirah Jamaluddin & Siti Syafiqah Hashim</i>	
Bab 7.	KESEDARAN, SIKAP DAN TANGGAPAN UMUM TERHADAP SUMBER LAUT	77
	<i>Khairunnisa Ahmad Kamil, Nurul Hidayah Rosmee & Norhanida Daud</i>	
Bab 8.	DAPATAN KAJIAN TERDAHULU DI UTARA LANGKAWI	89
	<i>Mohd Lias Kamal & Nur Amira Yasmin Nizar</i>	

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, setinggi-tinggi kesyukuran dan pujian ke hadrat Ilahi kerana limpah kurnia-Nya, buku Kepelbagaian Biologi di Perairan Utara Kepulauan Langkawi, Kedah berjaya diterbitkan.

Berdasarkan Laporan National Marine Parks Malaysia : Policy and Concepts 1989 yang diterbitkan Jabatan Perikanan Malaysia, terdapat tiga kategori pulau yang diketahui, namun satu lagi kategori pulau telah diperkenalkan. Keempat-empat kategori pulau adalah (i) Pulau Pembangunan, (ii) Pulau Peranginan atau Pulau Destinasi Pelancongan, (iii) Pulau Taman Laut; dan (iv) Pulau Tidak Didiami. Ironinya, Pulau Langkawi termasuk di dalam kategori Pulau Pembangunan (bersama-sama Pulau Labuan) kerana ia menepati salah satu atau kedua-dua kriteria iaitu (i) mempunyai keluasan melebihi 90 km² dan bilangan penduduk melebihi 20,000 orang; dan/atau (ii) merupakan pulau-pulau terpenting yang menjadi penggerak kepada ekonomi negara dan mempunyai pelbagai rancangan pembangunan untuk meningkatkan ekonomi setempat dan negara.

Pulau Langkawi yang sebelum ini terkenal sebagai hab pelancongan utama negara kini turut memberi fokus terhadap sub-pelancongan berasaskan konservasi; yang makin mendapat tempat di kalangan pelancong tempatan dan antarabangsa. Melalui penganugerahan Taman-geo (Geopark) oleh Pertubuhan Sainifik dan Kebudayaan Pendidikan Bangsa-Bangsa Bersatu

(UNESCO) pada 1 Jun 2007, Pulau Langkawi, Kedah merupakan negeri pertama di Malaysia dan juga di Asia Tenggara menerima anugerah ini.

Dalam kepesatan dan keghairahan Pulau Langkawi sebagai Pulau Pembangunan, aspek konservasi dan kepentingan biologi turut ditekankan dengan pelaksanaan kajian-kajian berpotensi bagi pewartaan beberapa Kawasan Perlindungan Marin terutama di bahagian utara kepulauan ini. Pusat Penyelidikan Taman Laut Negara (PPTLN) sebagai peneraju telah mengambil langkah proaktif dalam melaksanakan pelbagai disiplin penyelidikan bersama-sama rakan strategik dari Universiti Teknologi Mara (UiTM) Cawangan Perlis dan Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) Bangi.

Akhir kalam, syabas dan tahniah saya ucapkan kepada sidang editorial yang bertungkus lumus membuat kompilasi dan penerbitan kajian-kajian ini dalam satu bentuk dokumentasi yang akan menjadi naskah rujukan penting kepada para penyelidik dan pengurusan tertinggi Jabatan Perikanan khususnya.

Sekian, terima kasih.

Dr. Azhar bin Hamzah
Pengarah Kanan
Institut Penyelidikan Perikanan
Jabatan Perikanan Malaysia

RINGKASAN EKSEKUTIF

STATUS KOMUNITI BENTOS DI UTARA PULAU LANGKAWI

Satu survei telah dilaksanakan ke atas 13 lokasi di sekitar utara Pulau Langkawi pada tahun 2023, dengan menggunakan kaedah transek silangan titik (point intercept transect) yang diubahsuai untuk menentukan komuniti karang pulau tersebut. Hasil kajian menunjukkan terumbu di sekitar utara Pulau Langkawi adalah pada tahap sederhana dengan purata litupan karang hidup sebanyak 30.27%. Sebanyak 81 spesies karang keras daripada 15 famili direkodkan sepanjang tempoh kajian. Sekurang-kurangnya dua rekod baharu spesies karang keras di perairan Selat Melaka dan 13 spesies karang keras kategori terancam (endangered) ditemui semasa survei ini. Karang *Porites lutea* dan *Dipsastraea favus* merupakan spesies yang paling banyak ditemui di semua lokasi persampelan. Purata litupan karang lembut, bagaimanapun, hanyalah sekitar 0.67% di kesemua lokasi, dengan hanya lima genus karang lembut direkodkan. Indeks kesihatan karang (CHI), diversiti, kesamarataan dan morfologi diukur di setiap lokasi. Nilai purata CHI bagi bentos di utara Pulau Langkawi adalah 30.27, yang menggambarkan kesihatan karang di kawasan tersebut sebagai merosot. Indeks diversiti Shannon-Wiener memberikan nilai tertinggi sebanyak 3.76 di lokasi S1. Ini menyokong hasil survei yang mana kepelbagaian spesies karang keras didapati kedua tertinggi di S1 dengan 43 spesies. Indeks kesamarataan berjulat antara 0.75 hingga 0.94, menunjukkan karang di utara Pulau Langkawi tersebar hampir sama di semua lokasi. Morfologi terumbu didominasi oleh karang jenis tahan tekanan (stress tolerant). Secara keseluruhannya, terumbu pinggir di utara Pulau Langkawi boleh dikategorikan sebagai terumbu tidak dilindungi yang kesihatannya kian merosot. Justeru, perairan ini perlu dilindungi bagi tujuan pemuliharaan dan kelangsungan habitat terumbu karangnya.

STATUS IKAN TERUMBU DI UTARA PULAU LANGKAWI

Kajian ini bertujuan untuk menentukan kepelbagaian spesies dan kelimpahan ikan terumbu karang di Utara Langkawi, Kedah. Tinjauan ikan dilakukan dengan menggunakan teknik bancian visual secara SCUBA di 13 lokasi persampelan di utara Pulau Langkawi iaitu Pulau Anak Datai, Pulau Dangli, Pulau Gasing, Pulau Pasir, Hutan Palas, Tanjung Hulur, Selat Datai, Pantai Andaman, Teluk Tok Mat dan Pantai Golf. Sebanyak 58 spesies ikan daripada 17 famili telah dikenal pasti. Famili Pomacentridae mencatatkan jumlah spesies tertinggi dengan 11 spesies, diikuti oleh famili Apogonidae dengan tujuh spesies. Famili Chaetodontidae dan Caesionidae masing-masing mencatatkan enam spesies, manakala famili Labridae dan Serranidae masing-masing merekodkan empat spesies. Famili lain yang dijumpai ialah Lutjanidae dan Pempheridae

masing-masing sebanyak tiga spesies, diikuti Carangidae, Muraenidae, Nemipteridae dan Siganidae dengan dua spesies masing-masing. Famili Centriscidae, Haemulidae, Scaridae, Scorpaenidae dan Zanclidae merekodkan hanya satu spesies. Jumlah biojisim ikan di semua 13 lokasi mencatatkan nilai purata 756.92 g/m². Lokasi S8 barat Pulau Dangli mencatatkan biojisim tertinggi sebanyak 276.06 g/m², diikuti S1 Hutan Palas dan S2 Tok Mat sebanyak 121.11 g/m² dan 114.00 g/m² masing-masing. Lokasi S11 timur Pulau Gasing merekodkan biojisim ikan terendah dengan hanya 1.43 g/m². Julat nilai CHI adalah antara 0.002 hingga 0.55, yang mana S8 barat Pulau Dangli mempunyai nilai paling tinggi (0.55) dan S11 timur Pulau Gasing yang paling rendah (0.002). Kepelbagaian di S2 Tok Mat dan S8 barat Pulau Dangli adalah paling tinggi berdasarkan nilai indeks kepelbagaian yang menunjukkan lokasi tersebut mempunyai kekayaan spesies, kelimpahan relatif yang tinggi dan kesamarataan, manakala kepelbagaian S5 Pantai Andaman dan S11 timur Pulau Gasing kedua-duanya adalah paling rendah. Jumlah bilangan spesies yang dicatatkan adalah lebih tinggi berbanding pulau lain di perairan Langkawi seperti Pulau Payar, walaupun kebanyakan lokasi kajian didominasi oleh ikan Pomacentridae. Kepelbagaian ikan terumbu karang yang rendah diperhatikan di sepanjang kawasan Teluk Datai menunjukkan litupan karang adalah rendah di kawasan tersebut dan kekurangan famili ikan terumbu penunjuk seperti Chaetodontidae dan Scaridae; yang mungkin menunjukkan kesihatan terumbu adalah semakin merosot. Kelimpahan spesies ikan komersial sasaran yang rendah juga menjadi penunjuk tekanan penangkapan ikan di kawasan kajian yang tidak terkawal. Oleh itu, kajian lanjut dan pemantauan himpunan ikan terumbu disyorkan untuk lebih memahami dinamik komuniti ikan terumbu di Pulau Langkawi bagi pembangunan strategi pengurusan dan penguatkuasaan mampan.

INDEKS KESIHATAN KARANG DI UTARA PULAU LANGKAWI

Indeks Kesihatan Karang (CHI) merupakan indeks kumulatif yang menunjukkan status dan trend bagi sesuatu kawasan terumbu yang terdiri daripada tiga komponen ekosistem iaitu bentos, ikan terumbu dan mikrob. Namun, disebabkan kesukaran untuk mendapat dan menganalisis data berkaitan mikrob, penggunaan Indeks Kesihatan Karang Dua-Dimensi (2D-CHI), yang mana hanya dua komponen iaitu bentos dan ikan boleh diambil kira. Kaedah 2D-CHI ini telah diguna pakai untuk melihat pertalian di antara litupan bentos dan biojisim ikan di perairan utara Pulau Langkawi. Keputusan menunjukkan nilai 2D-CHI adalah di antara 0.12 hingga 0.43. Ini menyatakan tiada lokasi di utara Pulau Langkawi yang mempunyai status kesihatan karang yang sihat. Secara amnya, keseluruhan utara Pulau Langkawi mempunyai status kesihatan karang yang merosot. Perairan Pulau Langkawi memerlukan langkah-langkah konservasi yang holistik, berdasarkan keunikan lokasinya yang mempunyai ekosistem terumbu karang di Selat Melaka yang mempunyai pertalian dengan Laut Andaman. Perairan utara Pulau Langkawi

berpotensi untuk dijadikan kawasan perlindungan marin sebagai penambahan yang bermakna kepada kawasan perlindungan marin sedia ada di Malaysia.

PEMETAAN HABITAT MARIN DI UTARA PULAU LANGKAWI

Kajian pemetaan habitat marin dengan menggunakan sistem diskriminasi dasar akustik (*Acoustic Ground Discrimination System - AGDS*) telah dilaksanakan di sembilan lokasi berbeza iaitu Teluk Tanjung Tembun, Teluk Datai, Teluk Sungai Langgora, Pulau Jemuruk, Teluk Yu, Pulau Dangli, Pulau Gasing, Pulau Pasir, dan Teluk Pasir Panjang. Profil kedalaman menunjukkan ciri-ciri unik di setiap lokasi dengan kedalaman tinggi di Pulau Dangli, Pulau Gasing dan Pulau Pasir (melebihi 15 meter) dan kawasan cetek seperti Teluk Yu (1.1 hingga 4.4 meter). Taburan substrat permukaan keras dan karang mati beralga menunjukkan perubahan ekologi dinamik, dengan Pulau Jemuruk mempamerkan peratusan yang terbesar (15.16%), manakala Teluk Datai merekodkan taburan yang lebih kecil (3.08%). Taburan substrat berbatu pula menunjukkan taburan yang tidak sekata di Pulau Jemuruk, Pulau Dangli, Pulau Gasing dan Pulau Pasir. Secara keseluruhannya, Teluk Datai mempamerkan liputan karang yang tinggi (38,896 m²), manakala Teluk Tanjung Tembun memaparkan liputan sederhana (10,821 m²). Seterusnya, taburan substrat berpasir di Teluk Datai merekodkan pengedaran terbesar (1,125,503 m²) manakala Pulau Gasing melaporkan pengedaran minimum (86,959 m²). Akhir sekali, Teluk Pasir Panjang menunjukkan taburan kelodak berpasir dan tanah liat yang signifikan (138,645 m²). Analisis holistik ini menyediakan pelan tindakan untuk usaha pemuliharaan yang berkesan dan membolehkan pelan pengurusan yang strategik untuk dibangunkan. Daripada kajian ini, ia menggariskan kepentingan pelan pemuliharaan mapan yang dapat disesuaikan dengan cabaran khusus di setiap lokasi dan secara tidak langsung akan menyumbang kepada pemeliharaan kepelbagaian karang dan kesihatan keseluruhan ekosistem marin.

STATUS KOMUNITI TUMBUHAN BAKAU DI UTARA PULAU LANGKAWI

Hutan paya bakau merupakan satu ekosistem marin yang penting dalam memberi pelbagai khidmat penting kepada ekosistem dan juga manusia. Namun, demi mengekalkan dan memelihara kepentingan hutan paya bakau ini, peratus liputan terkini harus ditentukan. Walau bagaimanapun, negara masih kekurangan data berkaitan hutan bakau kerana kawasan hutan paya bakau yang sangat luas adalah sukar dianalisis menggunakan pendekatan konvensional. Oleh itu, kajian ini mengetengahkan analisis bagi liputan kawasan hutan paya bakau di bahagian utara Pulau Langkawi yang merangkumi hutan simpan paya bakau Kilim, Teluk Datai, Tanjung Rhu dan Kubang Badak menggunakan analisis penderiaan jauh dan Sistem Maklumat Geografi (GIS). Kajian ini mendapati kawasan hutan paya bakau hanya meliputi 14.5% (1,669.52 ha)

daripada keseluruhan liputan kawasan hutan di zon utara Pulau Langkawi, yang mana ia terdiri daripada hutan paya bakau Tanjung Rhu (6.35%, 731.13 ha), Kilim (4.34%, 500.10 ha), Kubang Badak (3.77%, 433.94 ha); dan Teluk Datai 0.04% (4.35 ha). Selain itu, didapati struktur hutan paya bakau didominasi bakau keluarga Rhizophoraceae yang mana spesies *Rhizophora apiculata* ditemui di setiap lokasi kajian. Kajian ini mengetengahkan kepentingan kajian liputan hutan bakau terkini bagi membantu pengurusan masa hadapan hutan paya bakau Langkawi.

SIKAP, KESEDARAN DAN TANGGAPAN UMUM TERHADAP SUMBER MARIN

Usaha mencapai objektif pemeliharaan ekologi sering berdepan kesukaran apabila pembangunan setempat terpaksa dikurang atau dihentikan. Ini kerana kesejahteraan komuniti setempat amat bergantung kepada pembangunan ekonomi dan sosial di sesuatu kawasan. Adalah penting untuk memahami sikap, kesedaran dan persepsi awam terhadap kawasan diduduki mereka dan mengambil kira pandangan awam dalam setiap usaha pengurusan. Satu kajian soal selidik terhadap 150 responden telah dijalankan di sekitar utara Langkawi bagi mencapai keperluan tersebut. Berdasarkan kajian tersebut, didapati rata-rata responden mempunyai sikap dan kesedaran positif terutama berkaitan sumber marin di sekitar mereka dan menyokong usaha pemeliharaan ekologi. Persepsi mereka terhadap pelan pembangunan yang dicadangkan juga adalah positif. Ini bakal menarik keterlibatan dan kerjasama masyarakat setempat, seterusnya menjamin kejayaan sesebuah pelan pembangunan.

DAPATAN KAJIAN TERDAHULU DI UTARA PULAU LANGKAWI

Kajian rujukan yang komprehensif telah dijalankan untuk mengumpul pandangan daripada penyelidikan terdahulu di utara Pulau Langkawi. Nilai Indeks Kualiti Air Marin Malaysia (IKAM) untuk Pantai Kok dan Pasir Tengkorak masing-masing dinilai sebagai “Baik” dan “Terbaik”, dengan keseluruhan pulau secara konsisten mencapai kategori “Terbaik” di semua kawasan. Analisis permukaan sedimen mendedahkan kepekatan Hidrokarbon Aromatik Polisiklik (PAH) yang tinggi, terutamanya di Sungai Kilim dan Tanjung Rhu, manakala Pulau Dangli menunjukkan kadar pemendapan yang agak tinggi pada 42.85 ± 8.73 mg/cm²/hari. Perairan utara, terutamanya di sekitar Pulau Dangli merekodkan kepekatan arsenik yang tinggi (11.42 ± 1.63 µg/g) berbanding kerak bumi. Terumbu karang di sekitar Pulau Dangli, Pulau Pasir dan Pulau Gasing menunjukkan keadaan kesihatan yang sederhana, dengan 25 spesies karang dikenal pasti di laluan air Datai. Rantau ini menampilkan kepelbagaian hidupan marin, termasuk penyu belimbing dan penyu hijau, ikan paus *Bryde*, Indo Pacific *Finless Porpoise*, ikan lumba-lumba Indo Pacific Humpback, dan Jerung Paus (*Rhincodon typus*). Dua jenis obor-obor beracun, Chirodropid dan Carybdeid turut diperhatikan. Kajian fitoplankton mengenal pasti 106 spesies daripada 29 genera, seperti *Amphora lineata* dan *Asterionella japonica*. Pokok paya bakau di

kawasan itu kebanyakannya terdiri daripada spesies Rhizophoraceae, termasuk spesies bakau terancam seperti *Sonneratia griffithii*. Lebih daripada 90 spesies rumpai laut telah direkodkan, dengan empat spesies Halophila dikenal pasti. Kawasan utara Langkawi ditandai dengan aktiviti akuakultur di dalam sangkar dan di darat, khususnya menumpukan kepada penternakan ikan, rumpai laut, tiram, dan ketam nipah. Selain itu, terdapat geosite khas, dengan 13 lokasi di Sungai Kubang Badak dan 10 lokasi sekitar Kilim Geoforest Park. Program “*Ecosystem Approach to Fisheries Management*” (EAFM) turut diperkenalkan, bertujuan menangani kemerosotan habitat terumbu karang dan memperkasakan komuniti nelayan, sejajar dengan Matlamat Pembangunan Mapan (SDG) untuk pemeliharaan dan pemuliharaan habitat marin di kawasan kajian.





PENDAHULUAN

MOHAMAD SAUPI ISMAIL & MD. NIZAM ISMAIL

1 BAB



Menara MAHA, Langkawi.

1.1 PENGENALAN

Selat Melaka yang sepanjang 930 km merupakan salah satu laluan perkapalan yang terpenting di dunia. Namun, kewujudan kawasan terumbu karang dan paya bakau di perairan ini membuktikan Selat Melaka masih mempunyai kawasan biodiversiti marin yang boleh menyumbang kepada sektor perikanan dan eko-pelancongan. Maklumat terkini menunjukkan sekitar 100 spesies karang keras telah direkodkan di Selat Melaka, dengan setiap tahun terdapat spesies baharu ditemui di perairan ini dan didokumentasikan. Di utara Selat Melaka, habitat terumbu karang dan paya bakau boleh ditemui di kepulauan Pulau Langkawi, Kedah.

Kajian pentaksiran biodiversiti marin Langkawi melibatkan kawasan perairan bermula dari Daerah Padang Mat Sirat hingga ke Ayer Hangat yang terletak di utara kepulauan tersebut. Kawasan ini unik kerana terdapat tapak warisan dunia UNESCO iaitu Taman Geo Global Langkawi, selain bersempadanan dengan Taman Nasional Tarutao, Thailand yang terletak sekitar 4 batu nautika dari Malaysia. Di kawasan ini terdapat beberapa pulau utama seperti Pulau Dangli, Pulau Gasing dan Pulau Pasir, yang terletak berhampiran dengan Teluk Yu, serta Pulau Anak Datai di Teluk Datai.

Kawasan perairan ini berpotensi untuk menjadi kawasan perlindungan marin (MPA) yang baharu melalui pewujudan kawasan perlindungan rentas sempadan (transboundary protected area) yang dijangka bakal melibatkan kerjasama di antara negara Malaysia dengan Thailand. Pewujudan konsep baharu MPA ini penting untuk memulihara kepelbagaian biologi marin, khususnya ekosistem terumbu karang dan hutan bakau.

Skop kajian ini melibatkan komuniti karang, biojisim ikan, pemetaan habitat marin, hutan bakau, sosioekonomi, dan kajian atas meja. Semua maklumat saintifik ini amat penting sebagai rujukan dan panduan kepada DOF dalam merangka pelan pengurusan yang bersesuaian. Pewujudan MPA baharu adalah penting untuk memenuhi komitmen KPI Kementerian dalam Matlamat Pembangunan Lestari (SDGs), Dasar Agromakanan Negara 2.0 (DAN 2.0), Dasar Kepelbagaian Biologi Kebangsaan 2016-2025 dan Indeks Sekuriti Makanan Global (GFSI).

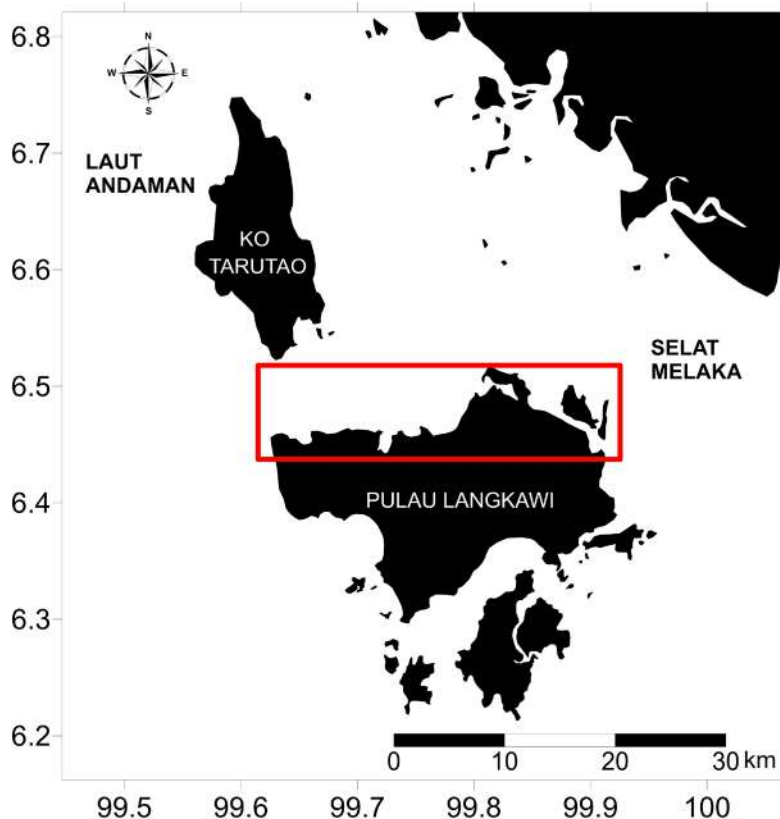
Kajian ini telah dilaksanakan melalui kerjasama strategik antara para penyelidik Pusat Penyelidikan Taman Laut Negara (PPTLN), Institut Penyelidikan Perikanan (IPP) Batu Maung dengan pakar berkaitan daripada Stesen Penyelidikan Marin, Universiti Teknologi MARA (UiTM) Perlis dan Fakulti Sains & Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), Selangor.

1.2 SKOP KAJIAN

Skop	Komponen
Komuniti bentos	Pengumpulan inventori bentos di kawasan terumbu karang, termasuk lokasi, peratus litupan dan status kesihatan.
Komuniti ikan terumbu	Rekod inventori dan biojisim spesies ikan terumbu.
Pemetaan habitat marin	Penentuan profil kedalaman dan komposisi substrat termasuk litupan karang, dengan menggunakan hidroakustik.
Komuniti tumbuhan bakau	Senarai inventori spesies bakau dan keluasan hutan bakau dengan menggunakan kaedah penderiaan jauh
Sosioekonomi	Dapatan mengenai persepsi awam berkenaan pemuliharaan ekosistem di utara Langkawi.
Kajian atas meja	Sorotan kajian terdahulu yang telah dijalankan di perairan utara Langkawi termasuklah kualiti air, terumbu karang, penyu, mamalia marin, ubur-ubur, plankton, paya bakau, rumpai laut dan akuakultur.

1.3 LOKASI KAJIAN

Kajian ini meliputi sebahagian besar perairan utara Pulau Langkawi, Kedah, seperti di dalam Rajah 1.



Rajah 1: Kawasan kajian Status Komuniti Bentos di Utara Pulau Langkawi

1.4 JADUAL KERJA LAPANGAN

Kerja lapangan bermula dari Ogos hingga November 2023 seperti berikut:

Survei	Tarikh
Komuniti bentos dan ikan	Ogos – September 2023
Pemetaan habitat marin, komuniti tumbuhan bakau dan sosioekonomi	Ogos – November 2023

1.5 RAKAN STRATEGIK

Seramai 20 orang rakan strategik penyelidikan telah terlibat secara langsung dalam kerja lapangan, analisis data dan penyediaan laporan, seperti berikut:

Skop 1: Komuniti bentos		
1.	Ts. Mohamad Saupi Ismail	IPP
2.	Md. Nizam Ismail	IPP
3.	Ahmad Ridzuan C. Nik	IPP
4.	Khairunnisa Khirul Akbar	IPP
Skop 2: Komuniti ikan		
1.	Dr. Khoo Mei Ling	UKM
2.	Hj. Zaidnuddin Ilias	IPP
3.	Muhammad Aiman Mas'ud	UKM
Skop 3: Pemetaan habitat marin		
1.	Ts. Dr. Jamil Tajam	UiTM
2.	Muhammad Sahir Othman	UiTM
3.	Nor Azhar Mat	UiTM
4.	Mohamad Sajjad Mohamad Azlan	UiTM
5.	Mohamad Najmuddin Mohd Sairi	UiTM
Skop 4: Komuniti tumbuhan bakau		
1.	Ts. Khairul Naim Abd Aziz	UiTM
2.	Ts. Sharir Aizat Kamaruddin	UiTM
3.	Nadzirah Jamaluddin	UiTM
4.	Siti Syafiqah Hashim	UiTM
Skop 5: Sosioekonomi		
1.	Dr. Khairunnisa Ahmad Kamil	UiTM
2.	Nurul Hidayah Rosmee	UiTM
Skop 6: Kajian atas meja		
1.	Mohd Lias Kamal	UiTM
2.	Nur Amira Yasmin Nizar	UiTM

STATUS KOMUNITI BENTOS DI UTARA LANGKAWI

MOHAMAD SAUPI ISMAIL & MD. NIZAM ISMAIL

2 BAB

Karang *Porites* spp. di Pulau Anak Datai.

2.1 PENGENALAN

Malaysia merupakan sebuah negara maritim yang kaya dengan khazanah lautnya seperti terumbu karang. Terumbu karang dan ekosistem yang berkaitan dengannya mempunyai kepentingan biologi dan ekonomi kepada Malaysia. Ia membekalkan makanan kepada penduduk setempat, memberi perlindungan kepada kawasan berpantai, di samping menyumbang kepada aktiviti rekreasi dan pelancongan (Praveena et al., 2012).

Taburan terumbu karang di Malaysia dianggarkan seluas 3,600 km², dengan kebanyakannya ditemui di kawasan cetek di pesisir pulau (Ismail et al., 2022a). Malaysia merupakan antara negara di dunia yang mempunyai kepelbagaian spesies karang yang tinggi. Lebih 500 spesies karang telah direkodkan dengan kebanyakannya ditemui di perairan Sabah. Namun, hanya sekitar 10% atau 56 spesies direkodkan di pantai barat Semenanjung Malaysia (Waheed, 2016). Terumbu karang di pantai barat adalah kurang terbentuk berbanding di pantai timur (Lee & Mohamed, 2011). Ini kerana kadar pendedapan dan kekeruhan air yang tinggi menyebabkan kepelbagaian dan litupan karang hidup menjadi rendah (Toda et al., 2007; Praveena et al., 2012). Kawasan terumbu karang yang telah dikenal pasti di perairan utara pantai barat Semenanjung Malaysia adalah seperti Kepulauan Langkawi, Pulau Payar, Kepulauan Songong dan Tukun Perak di negeri Kedah serta Kepulauan Sembilan, Pulau Pangkor dan Pulau Jarak di negeri Perak (Ismail, 2021; Ismail et al., 2022a).

Walaupun terdapat beberapa kajian telah dilakukan ke atas terumbu karang di Kepulauan Langkawi (Abdullah, 2017; Tajam et al., 2017; Ismail et al., 2022b), namun tiada kajian menyeluruh yang memfokuskan struktur komuniti dan kesihatan terumbu karang di keseluruhan perairan utara kepulauan tersebut. Bagi meramalkan masa hadapan terumbu karang, ia memerlukan penentuan pelbagai aspek dalam struktur komuniti terumbu itu sendiri. Kajian menunjukkan pernyataan berkaitan litupan karang hidup, kepelbagaian dan kekayaan spesies, perlu disokong oleh indeks-indeks lain seperti kelas konservasi (Edinger & Risk, 2000) dan indeks kesihatan (Diaz-Perez et al., 2016), bagi meningkatkan ketepatan status kesihatan terumbu karang. Pentaksiran kesihatan terumbu karang adalah sangat berguna dalam pengurusan terumbu karang dan ekosistem yang berkaitan (Ismail et al., 2021). Justeru, kajian ini telah dijalankan bagi menentukan status terumbu karang di utara Pulau Langkawi berdasarkan dua parameter ekosistem iaitu litupan bentos dan biojisim ikan. Informasi berkaitan biojisim ikan akan dibincangkan dalam bab yang seterusnya.

2.2 KAEDAH KAJIAN

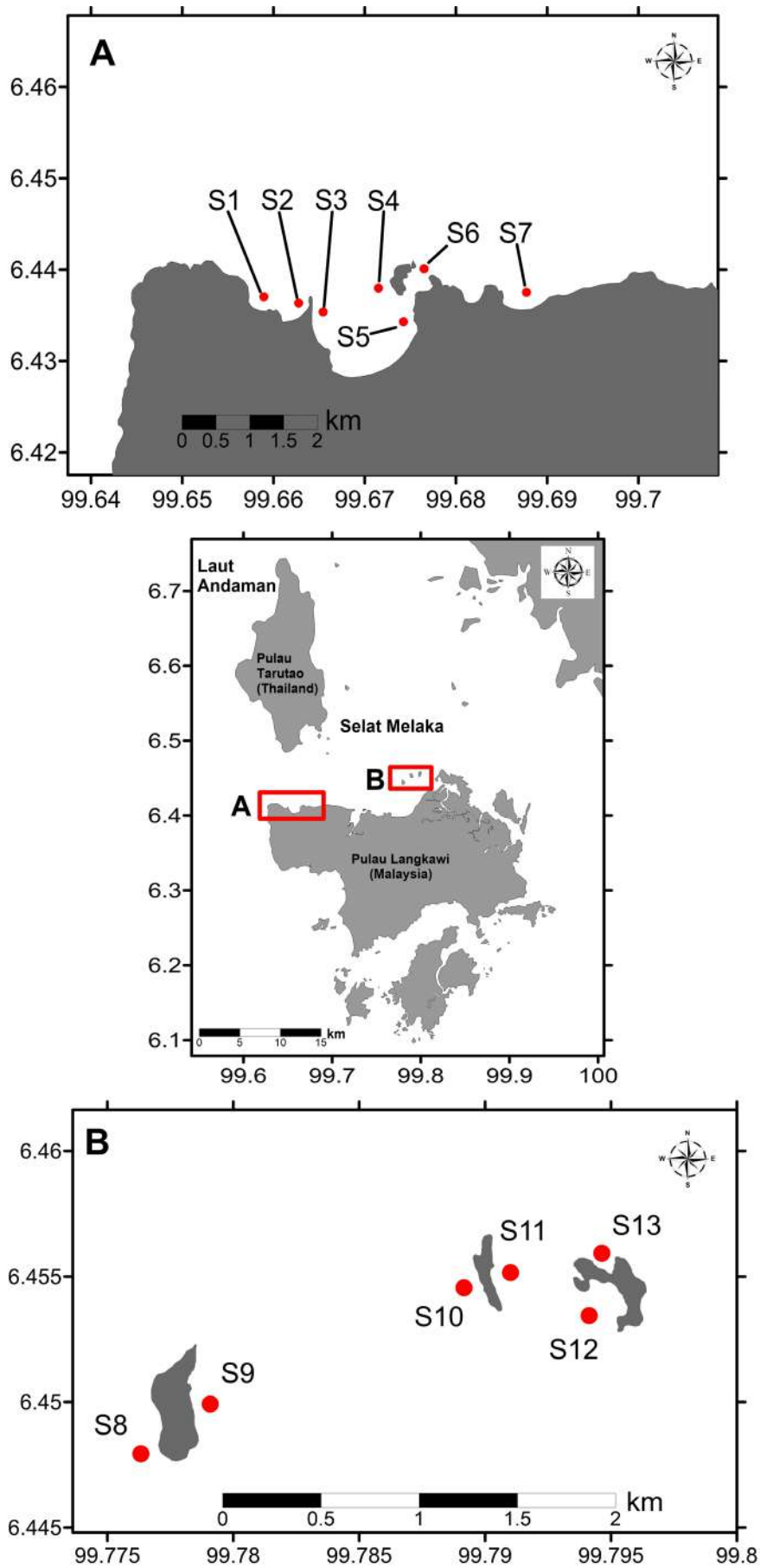
2.2.1 Kawasan Kajian

Aktiviti persampelan parameter ekosistem (bentos dan ikan) telah dijalankan pada Ogos dan September 2023, melibatkan perairan utara Pulau Langkawi (**Rajah 1**). Sebanyak 13 lokasi persampelan bawah air telah dipilih iaitu Hutan Palas (S1), Teluk Tok Mat (S2), Tanjung Hulus (S3), Pantai Andaman (S4), Pulau Anak Datai (S5), Selat Datai (S6), Pantai Golf (S7), barat Pulau Dangli (S8), timur Pulau Dangli (S9), barat Pulau Gasing (S10), timur Pulau Gasing (S11), barat Pulau Pasir (S12), dan timur Pulau Pasir (S13).

2.2.2 Kaedah Persampelan

Kaedah transek silangan titik (PIT) yang diperkenalkan English et al. (1997) telah digunakan dalam survei ini. Dua garisan transek sepanjang 50 m setiap satu ditarik di dasar laut pada kedalaman antara 3-5 m, selari dengan garisan pantai. Penglihatan di bawah air adalah kurang daripada 5 m sepanjang tempoh persampelan dijalankan. Kesemua hidupan bentos sesil yang berada di bawah garisan transek direkodkan. Bagi setiap penandaan 1 m, kesemua bentos yang berada 0.25 m daripada penandaan direkodkan, berdasarkan kaedah oleh Ismail & Khoo (2019). Setiap koloni karang dicatatkan sehingga ke peringkat spesies. Untuk tujuan pengecaman, setiap karang diambil gambarnya dan dikenal pasti berdasarkan penerbitan oleh Kelley (2016), Veron et al. (2016) dan Ismail (2021).

Komuniti bentos dikelaskan kepada enam kategori utama iaitu karang keras (scleractinian coral), karang lembut (non-scleractinian coral), karang mati, alga krustos (crustose coralline algae), lain-lain biota (seperti alga berfilamen, makro alga dan span), dan lain-lain substrat bukan-hidup (seperti pasir, selut, dan batuan).



Rajah 1: Peta lokasi persampelan di perairan utara Pulau Langkawi.

2.2.3 Analisis Data

Kriteria kesihatan terumbu karang ditentukan menggunakan nilai litupan karang hidup (LCC) yang diperkenalkan Chou et al. (1994), dan Indeks Kesihatan Karang (CHI), yang dipelopori Kaufman et al. (2011). Nilai LCC dikelaskan sebagai teruk, sederhana, baik, dan sangat baik berdasarkan julat 0-25%, 26-50%, 51-75%, dan 76-100%. Sementara nilai CHI dikategorikan sebagai sangat merosot, merosot, sederhana sihat, sihat dan sangat sihat berdasarkan julat 0-0.19, 0.20-0.39, 0.40-0.59, 0.60-0.79, dan 0.80-1.0

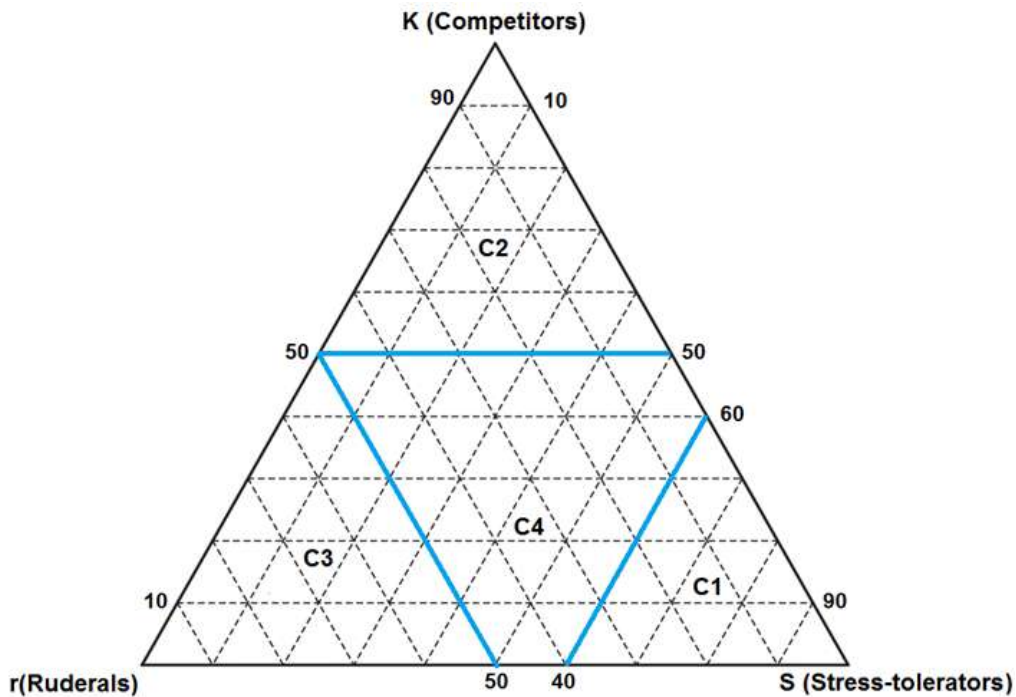
Parameter komuniti seperti kelimpahan spesies, kepelbagaian dan morfologi karang ditentukan bagi setiap lokasi. Nilai kelimpahan relatif (RA) bagi setiap spesies dijalankan menggunakan kaedah oleh Rilov & Benayahu (1998), dan dikategorikan sebagai (i) tiada rekod penemuan ($RA=0\%$); (ii) jarang ditemui ($0<RA<0.1\%$); (iii) tidak lazim ditemui ($0.1<RA<1\%$); (iv) lazim ditemui ($1<RA<10\%$); (v) banyak ditemui ($10<RA<20\%$); dan (vi) dominan ($RA>20\%$). Kepelbagaian karang dikira berdasarkan indeks Shannon-Wiener (H') dan ujian kesamarataan (E) (Ortiz-Burgos, 2016). Nilai kepelbagaian dikategorikan sama ada rendah ($H'<1$), sederhana ($1<H'<3$), atau tinggi ($H'>3$). Manakala nilai E berjulat daripada 0 hingga 1 boleh menggambarkan dominasi atau kesamaan kelimpahan sesuatu spesies (Fuad, 2010).

Seterusnya, komuniti terumbu diklasifikasi berdasarkan kategori morfologi karang (**Jadual 1**), mengikut kaedah yang diperkenalkan oleh Edinger & Risk (2000). Gambar rajah ternari r-K-S kemudiannya disediakan berdasarkan kategori setiap terumbu (**Rajah 2**). Kelas konservasi 1, 2, 3 atau 4 diberikan kepada kawasan terumbu yang didominasi oleh (C1) karang masif dan separa masif; (C2) karang berbentuk dedaun atau cabang bukan spesies *Acropora*; (C3) karang *Acropora*; atau (C4) karang campuran ketiga-tiga kelas tersebut (C4).

Keputusan daripada kajian ini diolah kepada data statistik univariat asas seperti nilai purata \pm sisihan piawai menggunakan perisian SPSS versi 21.0.

Jadual 1: Kategori morfologi karang mengikut Edinger & Risk (2000).

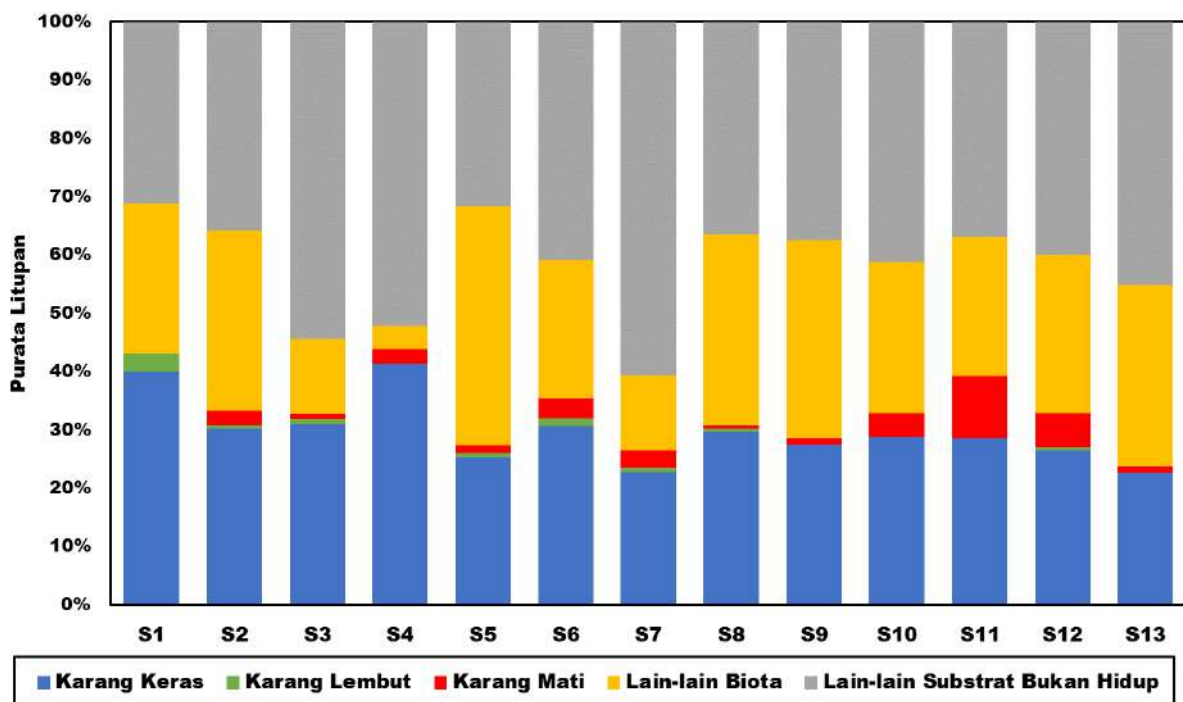
Morfologi	Huraian	Kumpulan
<i>Acropora</i>	<i>Acropora</i> berbentuk cabang, rumpun, jejari, meja/leper dan separa masif.	r
Karang meja/leper	Karang bukan <i>Acropora</i> , yang berbentuk meja atau leper seperti <i>Montipora</i> .	r
<i>Millepora</i> & <i>Heliopora</i>	<i>Millepora</i> & karang biru (hydrocoral).	r
Karang bercabang	Karang selain <i>Acropora</i> yang bercabang, seperti <i>Porites cylindrical</i> & <i>Pocillopora</i> .	K
Karang berkerak	Karang yang melekat di dasar, selalunya koloni kecil.	K
Karang dedaun	Karang selain <i>Acropora</i> , berbentuk daun menegak atau mendatar seperti <i>Montipora</i> , <i>Echinopora</i> .	K
Karang cendawan	Karang fungid yang hidup bebas	K
Karang plet masif	Karang plet yang membentuk koloni masif yang besar seperti <i>Euphyllia</i> & <i>Lobophyllia</i> .	S
Karang masif	Karang masif atau berbentuk kubah.	S
Karang separa masif	Karang berlobus atau berbonjol, ada kalanya berkolum seperti <i>Goniopora</i> dan <i>Galaxea</i>	S



Rajah 2: Kelas konservasi berdasarkan gambar rajah ternari r-K-S.

2.3 KEPUTUSAN

Sebanyak 13 transek telah dijalankan di sekitar utara Pulau Langkawi. Peratusan litupan karang hidup (LCC) (karang keras dan karang lembut) di setiap lokasi persampelan berjulat antara 23.48% hingga 43.20%, dengan nilai purata $30.27\% \pm 5.82$ (**Rajah 3**). Lokasi terumbu di bahagian barat perairan utara Pulau Langkawi (S1) mempunyai nilai LCC tertinggi iaitu 43.20%, sementara lokasi terumbu S7 di bahagian tengah perairan utama Pulau Langkawi mempunyai nilai LCC terendah (23.48%). Hanya lokasi S7 dikategorikan mempunyai litupan karang “teruk” sementara yang lainnya menunjukkan litupan karang “sederhana”. Tiada lokasi mempunyai litupan karang dalam kategori “baik”. Purata litupan karang lembut adalah sekitar 0.67% dengan hanya lima genus karang lembut direkodkan. Peratus litupan karang mati berjulat antara 0% (S1) hingga 10.71% (S11). Peratusan lain-lain biota adalah tertinggi di lokasi S5 (Pulau Anak Datai) iaitu 40.85%, kebanyakannya disumbangkan oleh litupan alga. Lokasi S7 yang dikategorikan sebagai “teruk” mempunyai litupan substrat bukan-hidup tertinggi melebihi 60%.



Rajah 3: Peratus litupan karang hidup dan lain-lain bentos di utara Pulau Langkawi.

Sebanyak 81 spesies karang keras yang merangkumi 37 genus dan 15 famili, serta 5 genus karang lembut telah direkodkan sepanjang pelaksanaan kajian ini (**Jadual 2**). Berdasarkan pengelasan status Senarai Merah oleh Kesatuan Antarabangsa untuk Pemuliharaan Alam Sekitar (IUCN) 2024, 13 spesies karang keras (15.12%) dikategorikan sebagai Terancam (EN),

iaitu *Acropora clathrata*, *A. cytherea*, *A. divaricata*, *A. grandis*, *A. hyacinthus*, *A. nasuta*, *A. robusta*, *A. secale*, *Lobophyllia hemprichii*, *Montipora aequituberculata*, *M. danae*, *M. hispida*, dan *Pectinia lactuca*. Spesies-spesies lain termasuk di bawah kategori Rentan (VU; 6.98%), Berisiko Rendah (LC; 72.09%), Kurang Maklumat (DD; 1.16%), dan Belum Dinilai (NE; 4.65%).

Lokasi S9 mencatatkan kepelbagaian spesies karang keras tertinggi dengan 44 spesies, sementara lokasi S10 mencatatkan kepelbagaian spesies karang keras terendah dengan 18 spesies. Tiga spesies karang keras, *Dipsastraea favus*, *Porites lobata* dan *Porites lutea* merupakan spesies yang paling lazim ditemui dan direkodkan di kesemua lokasi dengan peratus litupan masing-masing 9.59%, 5.12%, dan 15.31%. Berdasarkan kriteria oleh Rilov & Benayahu (1998), hanya *Porites lutea* merekodkan kelimpahan relatif kategori dominan di tiga lokasi persampelan, iaitu S4, S10 dan S11. Tiada spesies kategori 'jarang direkodkan' di utara Pulau Langkawi.

Jadual 2: Kelimpahan relatif dan purata peratusan koloni karang di utara Pulau Langkawi.

No.	Famili / Genus / Spesies	IUCN	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	Purata %
KARANG KERAS																
	Acroporidae															
1	<i>Acropora clathrata</i>	EN		**							***					2.01
2	<i>Acropora cytherea</i>	EN	***	**	**		***		***	***	***		**			1.59
3	<i>Acropora divaricata</i>	EN	**													0.50
4	<i>Acropora grandis</i>	EN			**					**				**	***	1.09
5	<i>Acropora hyacinthus</i>	EN									**					0.68
6	<i>Acropora nasuta</i>	EN		**						**					**	0.79
7	<i>Acropora robusta</i>	EN	**				***			**						1.17
8	<i>Acropora secale</i>	EN	**													0.68
9	<i>Astreopora gracilis</i>	LC	**									**				0.84
10	<i>Montipora aequituberculata</i>	EN	**					**		**					**	0.84
11	<i>Montipora danae</i>	EN									***					3.00
12	<i>Montipora hispida</i>	EN								**	**					0.83
13	<i>Montipora verrucosa</i>	VU	**							**						0.83
	Agariciidae															
14	<i>Leptoseris explanata</i>	LC				**										1.00
15	<i>Pavona decussata</i>	LC	**	**		**	**			***	***	***	***			2.59
16	<i>Pavona explanulata</i>	LC	**								**					1.00
17	<i>Pavona frondifera</i>	LC							**				***			3.84
	Dendrophylliidae															
18	<i>Duncanopsammia peltata</i>	LC		**											***	1.33
19	<i>Turbinaria frondens</i>	LC		**					***	**	**			**		1.55
20	<i>Turbinaria mesenterina</i>	LC	**	***			***	***		***	***	***	**	***	***	2.71
21	<i>Turbinaria reniformis</i>	LC		**	***				**	**	***	***	***	***	***	3.06

Dua spesies karang keras yang tidak pernah direkodkan di perairan Selat Melaka dan berkemungkinan pertama kali ditemui iaitu *Lobophyllia robusta* ditemui di lokasi S12, dan *Oxypora lacera* di lokasi S1, S2, S5, S8, S11, dan S12 (**Foto 1**).



Foto 1: Rekod baharu karang *Lobophyllia robusta* (kiri) dan *Oxypora lacera* (kanan) ditemui di utara Pulau Langkawi.

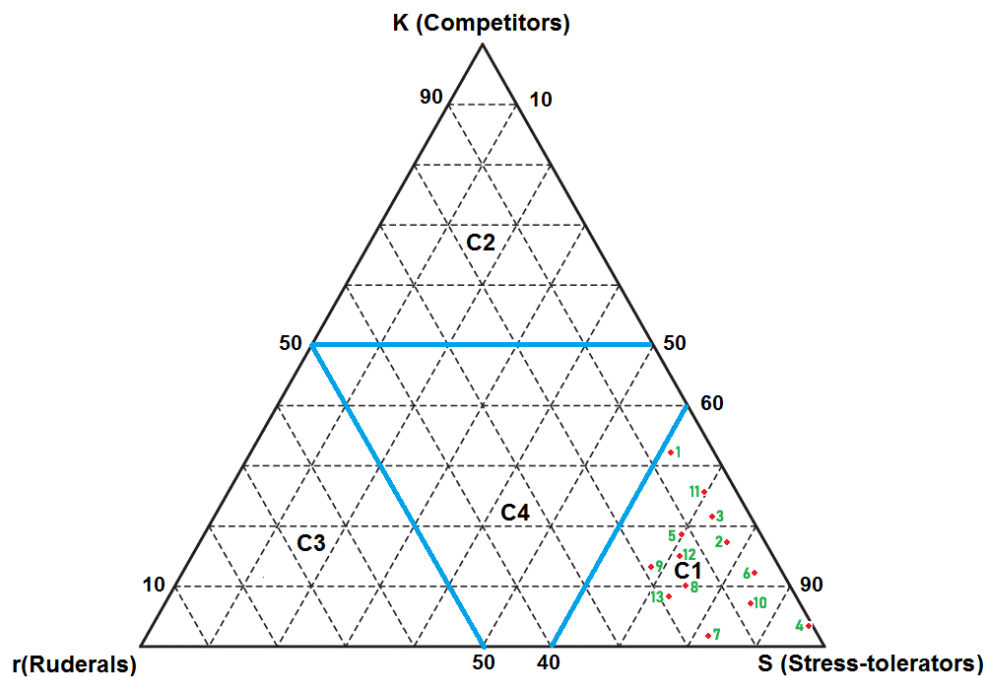
Kesihatan terumbu karang di utara Pulau Langkawi juga ditentukan berdasarkan Indeks Kesihatan Karang (CHI). Hasil kajian mendapati 11 daripada 13 lokasi (S2, S3, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, dan S13) mempunyai nilai indeks antara 0.20-0.39 (merosot). Hanya dua lokasi (S1 dan S4) yang berada dalam julat 0.40-0.59 (sederhana sihat). Tiada lokasi persampelan yang dikategorikan sebagai sihat. Nilai purata CHI bagi bentos di utara Pulau Langkawi adalah 0.30 (**Jadual 3**).

Nilai indeks kepelbagaian karang (H') berjulat antara 2.16 - 3.39 (**Jadual 3**). Lokasi S1 merekodkan nilai indeks kepelbagaian tertinggi ($H' = 3.39$), di samping merekodkan nilai kekayaan spesies kedua tertinggi sebanyak 43 spesies. Lokasi S10 pula mencatatkan nilai H' dan kekayaan spesies terendah iaitu masing-masing 2.16 dan 18. Indeks kesamarataan (E) pula menunjukkan bagaimana sesuatu spesies tersebar dalam komuniti. Julat E adalah antara 0.75 hingga 0.94. Lokasi S13 merekodkan nilai E tertinggi iaitu 0.94, menunjukkan karang di lokasi tersebut tersebar paling sama rata ketimbang lokasi-lokasi lain. Lokasi S10 yang merekodkan nilai H' terendah juga mencatatkan nilai E terbawah sebanyak 0.75

Jadual 3: Indeks kesihatan karang (CHI), Indeks pelbagaian (H') dan Indeks kesamarataan (E).

Lokasi	Bil. Spesies	CHI	H'	E
S1	43	0.41	3.39	0.90
S2	40	0.31	3.20	0.87
S3	21	0.31	2.73	0.90
S4	24	0.41	2.45	0.77
S5	20	0.26	2.69	0.90
S6	29	0.35	3.02	0.90
S7	19	0.23	2.62	0.89
S8	39	0.30	3.33	0.91
S9	44	0.28	3.30	0.87
S10	18	0.29	2.16	0.75
S11	22	0.29	2.51	0.81
S12	34	0.26	3.14	0.89
S13	30	0.23	3.18	0.94
Utara Pulau Langkawi	81	0.30	3.52	0.80

Nilai kelas morfologi karang bagi kesemua lokasi persampelan di utara Pulau Langkawi dinyatakan dalam gambar rajah ternari r-K-S (**Rajah 4**). Lebih 60% karang yang ditemui di lokasi persampelan termasuk dalam kumpulan sama ada karang plet masif, karang masif atau karang separa masif. Maka, kesemua 13 lokasi terumbu menunjukkan morfologi karang jenis tahan tekanan (stress-tolerator) dan dikategorikan sebagai kelas konservasi 1 (C1).



Rajah 4: Kelas konservasi karang bagi 13 lokasi terumbu di utara Pulau Langkawi.

2.4 PERBINCANGAN

Survei yang dijalankan di 13 lokasi di utara Pulau Langkawi menunjukkan litupan karang hidup kebanyakannya di peringkat “sederhana”. Hanya satu lokasi yang memberikan nilai LCC sebagai “teruk”. Nilai purata LCC sebanyak 30.27% adalah sedikit rendah berbanding Taman Laut Pulau Payar (33.05%), satu-satunya kawasan perlindungan marin di utara pantai barat Semenanjung Malaysia, yang terletak kira-kira 50km ke selatan Pulau Langkawi (Ismail et al., 2024). Nilai LCC ini juga lebih rendah berbanding nilai purata LCC bagi Malaysia pada tahun 2023 iaitu 45.87% (Reef Check Malaysia, 2024). Namun, nilai 30.27% adalah sedikit tinggi ketimbang Kepulauan Sembilan, Perak, sebuah lagi kepulauan yang bukan berstatus kawasan perlindungan marin di pantai barat Semenanjung Malaysia, yang merekodkan nilai LCC sebanyak 26.05% (Ismail et al., 2021).

Nilai LCC juga menunjukkan penurunan berbanding kajian terdahulu di Langkawi oleh Ismail et al. (2022). Mereka melaporkan terumbu karang di utara Pulau Langkawi pada tahun 2019 dalam keadaan “sederhana” dengan purata LCC sebanyak 41.78%. Bagaimanapun, kajian mereka hanya dijalankan di sekitar Pulau Anak Datai sahaja.

Nilai CHI bagi bentos yang rendah di setiap lokasi menunjukkan terumbu karang di utara Pulau Langkawi mengalami tekanan yang serius. Kemerosotan terumbu karang banyak dikaitkan dengan faktor pemendapan berterusan, terutamanya di pantai barat Semenanjung Malaysia (Lee & Mohamed, 2011; Praveena et al., 2014). Terumbu karang di kawasan ini adalah jarang dan sukar untuk hidup disebabkan kadar pemendapan dan kekeruhan yang tinggi (Tajam et al., 2017; Ismail, 2021). Perairan Pulau Langkawi adalah keruh disebabkan pembangunan di kawasan pesisir pantai. Di samping itu, pergerakan arus di utara Pulau Langkawi membawa bersama mendapan dari kawasan pesisir pantai ke kawasan terumbu karang (Abdullah & Yasin, 2002). Keputusan kajian ini menyokong faktor tekanan ke atas terumbu pinggir di kepulauan tersebut disebabkan pemendapan, yang juga memberi impak negatif kepada nilai LCC dan CHI. Nilai purata LCC (30.27%) berada di paras bawah kategori “sederhana” (26%-50%). Sementara nilai CHI bagi bentos pula (0.30) berada pada kategori “merosot” (0.20-0.39). Sebarang impak negatif yang berterusan ke atas terumbu tersebut boleh menyebabkan ia terjerumus ke dalam kategori yang lebih teruk.

Perairan utara Pulau Langkawi mempunyai bilangan spesies karang keras yang lebih tinggi (81 spesies) ketimbang keseluruhan 56 spesies yang dilaporkan oleh Waheed (2016) di perairan Selat Melaka. Bilangan spesies yang direkodkan juga adalah lebih tinggi berbanding terumbu karang di Taman Laut Pulau Payar, dengan 49 spesies (Ismail et al., 2024). *Porites*

lutea merupakan spesies yang dominan dan boleh ditemui di setiap lokasi persampelan. Dominasi karang *Porites* di perairan Langkawi juga dilaporkan oleh Abdullah (2017) dan Ismail et al. (2022b). Karang berbentuk masif seperti *Porites*, *Diploastrea*, *Dipsastraea* dan *Favites* mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap kekeruhan air dan pengumpulan mendapan di kawasan terumbu karang (Lee & Mohamed, 2011). Maka, mereka mampu hidup dan bertahan di dalam perairan yang kurang ideal untuk karang (Abdullah, 2017).

Sebanyak 13 spesies karang keras yang dikategorikan sebagai “terancam” oleh Kesatuan Antarabangsa untuk Pemuliharaan Alam Sekitar (IUCN), ditemui di utara Pulau Langkawi. Kebanyakan spesies ini sebelumnya dikategorikan sebagai “berisiko rendah” tetapi telah ditukarkan pengelasan kepada “terancam” mulai tahun 2024 (IUCN, 2024). Keujudan banyak spesies kategori “terancam” di perairan Pulau Langkawi memerlukan langkah yang sesuai dan tindakan yang sewajarnya oleh pihak bertanggungjawab untuk melindungi kawasan tersebut, agar kelestarian terumbu karang terus terpelihara.

Dua rekod baharu spesies karang keras berjaya dicatatkan, iaitu *Lobophyllia robusta* dan *Oxypora lacera*. Spesies ini belum pernah lagi direkodkan di mana-mana perairan Selat Melaka (Waheed, 2016; Ismail, 2021). Kedua-dua karang keras ini, bagaimanapun, pernah direkodkan oleh Mondal et al. (2011) di Kepulauan Andaman, India. Memandangkan Pulau Langkawi terletak berdekatan Laut Andaman, beberapa spesies karang yang lazim ditemui di Laut Andaman juga boleh dijumpai di Pulau Langkawi, seperti genus *Leptoseris* yang julung kali dicatatkan oleh Ismail et al. (2022b) di Pulau Anak Datai, Langkawi dan *Podabacia lankaensis* yang pertama kali direkodkan oleh Ismail et al. (2024) di Pulau Payar. Dalam kajian ini spesies *Leptoseris explanata* ditemui di lokasi S4 berhampiran Pulau Anak Datai.

Sebanyak 81 spesies karang yang ditemui dalam kajian ini jauh lebih tinggi daripada sejumlah 49 spesies karang keras yang direkodkan di Taman Laut Pulau Payar oleh Ismail et al. (2024); walaupun bilangan karang lembut di utara Pulau Langkawi (5) lebih rendah daripada di Pulau Payar (7). Bilangan spesies yang tinggi mungkin disebabkan oleh lokasi kawasan merupakan kawasan yang kurang dikunjungi orang awam, berbanding Taman Laut Pulau Payar yang merupakan tumpuan para pelancong. Impak daripada aktiviti pelancongan, dan pengaruh-pengaruh lain seperti pembangunan pesisir pantai, pencemaran dan pemendapan merupakan faktor-faktor utama yang memberi kesan negatif terhadap pertumbuhan karang (Toda et al., 2007; Praveena et al., 2012; Ismail et al., 2024). Manakala bilangan karang lembut yang rendah mungkin disebabkan oleh persampelan dijalankan pada kedalaman kurang daripada 5 meter. Karang lembut lazimnya ditemui di perairan berkedalaman lebih 5 meter (Mohammad et al., 2016).

Indeks kepelbagaian sering digunakan dalam kajian terumbu karang dan ia juga disarankan untuk menyokong pentaksiran kesihatan karang (Diaz-Perez et al., 2016). Amnya, semakin tinggi nilai indeks Shannon-Weaver (H'), semakin tinggi kepelbagaian sesuatu komuniti karang. Kepelbagaian karang berhubung rapat dengan kekayaan dan kesamarataan karang, dan ia berubah mengikut lokasi dan saiz sampel (Ismail et al., 2022b). Sebanyak tujuh daripada 13 lokasi mencatatkan kepelbagaian spesies yang tinggi ($H' > 3$), manakala tiada lokasi termasuk dalam kategori kepelbagaian yang rendah ($H' < 1$). Nilai H' melebihi 3 membayangkan ekosistem yang stabil, manakala nilai H' yang lebih rendah daripada 1 mengarah kepada kemusnahan habitat dan pencemaran (Fuad, 2010). Keputusan ini menunjukkan perairan utara Pulau Langkawi mampu menyediakan habitat terumbu karang yang stabil, sekiranya faktor-faktor yang memberi tekanan kepada terumbu karang dapat diatasi atau dikurangkan.

Perubahan pada kepelbagaian spesies karang juga boleh disebabkan oleh pengezonan spesies utama dan morfologi karang. Terumbu karang di utara Pulau Langkawi menunjukkan ciri tahan tekanan (stress-tolerator). Semua lokasi terumbu karang termasuk dalam kategori kelas 1 konservasi (C1), yang lebih menjurus kepada spesies yang tumbesarnya perlahan namun mampu hidup dalam hampir semua habitat (Edinger & Risk, 2000). Di Pulau Langkawi, spesies kelas C1 banyak didominasi oleh karang masif, seperti *Porites* spp., *Dipsastraea favus* dan *Diploastrea heliopora*. Spesies tersebut mampu menyesuaikan diri dengan perubahan parameter persekitaran seperti arus, ombak dan mendapan (Edinger & Risk, 2000). Justeru, karang tersebut tidak memerlukan tahap perlindungan yang tinggi seperti lain-lain kelas. Morfologi yang hampir sama juga direkodkan oleh Ismail et al. (2021) di Kepulauan Sembilan, Perak dan Ismail et al. (2022b) di Pulau Anak Datai, Langkawi. Secara amnya, boleh dirumuskan bahawa karang di utara Pantai Barat Semenanjung Malaysia adalah karang yang mampu bertahan kepada tekanan persekitaran.

Hasil kajian ini menunjukkan litupan terumbu karang di utara Pulau Langkawi kian merosot, dan boleh dikategorikan sebagai terumbu yang terganggu dan tidak sihat. Ini mungkin disebabkan oleh proses degradasi yang berterusan. Pembangunan kawasan pesisir pantai dan aktiviti manusia pula telah meningkatkan tahap pencemaran, mendapan dan kerosakan habitat marin, yang memberi kesan negatif kepada kesihatan karang dan kelimpahan spesies di kawasan tersebut. Kesan degradasi yang lebih tinggi mungkin berlaku akibat pembangunan di kawasan berhampiran seperti di Datai dan Tanjung Rhu. Justeru, langkah pengurusan yang sewajarnya amat perlu untuk mengurangkan gangguan ke atas terumbu di perairan Pulau Langkawi. Lebih menggundahkan, pengurusan terumbu karang yang praktikal dan holistik masih tidak wujud di kawasan ini, menjadikan terumbu karangnya kian terdedah kepada tekanan akibat pembangunan pesat di kawasan berhampiran.

2.5 KESIMPULAN

Masih tidak terlambat bagi usaha untuk sekurang-kurangnya, mengekalkan litupan karang hidup di perairan Pulau Langkawi. Walaupun karang jenis “stress-tolerator” mampu bertahan dengan tahap kekeruhan air sedia ada, pelan pemuliharaan dan perlindungan terumbu karang di kepulauan tersebut masih diperlukan. Pembangunan pesisir pantai perlu diuruskan dengan baik dan tersusun demi mengekalkan kelangsungan hidup terumbu karang. Cadangan untuk mewartakan perairan utara Pulau Langkawi sebagai salah satu bentuk kawasan perlindungan marin perlu diambil kira. Penubuhan kawasan perlindungan marin adalah penting kepada komuniti terumbu di Pulau Langkawi. Langkah konservasi sebegini adalah mustahak dan memerlukan tindakan segera. Kelewatan untuk melaksanakan langkah tersebut akan mendatangkan kesan negatif kepada terumbu karang dan akhirnya mengurangkan sumber marin yang bergantung kepada terumbu untuk kelangsungan hidup.

2.6 RUJUKAN

- Abdullah, A.L. & Yasin, Z. 2002. The changes in the fringing reef of north Langkawi. In Ali, et al. (eds). *The Asian Wetlands: Bringing partnerships into good wetland practices*. Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang.
- Abdullah, A.L. 2017. Spatial inequality: Evaluating diversity of hermatypic corals in similar reef settings of north Langkawi. *International Journal of Latest Research on Science and Technology*, 4(5): 33-39.
- Chou, L.M., Wilkinson, C.R., Licuanan, W.R.Y., Aliño, P., Cheshire, A.C., Loo, M.G.K., Tangjaitrong, S., Ridzwan, A.R. & Soekarno. 1994. Status of coral reefs in the ASEAN region. In Sudara, S., Wilkinson, C.R., & Chou, L.M. (eds). *Proceeding of Third ASEAN-Australia Symposium on Living Coastal Resources*, 1:1-10.
- Diaz-Perez, L., Rodriguez-Zaragoza, F.A., Ortiz, M., Cupul-Magana, A.L., Carriquiry, J.D., Rios-Jara, E., Rodriguez-Troncoso, A.P. & Garcia-Rivas, M.d.C. 2016. Coral reef health indices *versus* the biological, ecological and functional diversity of fish and coral assemblages in the Caribbean Sea. *PLoS ONE*, 11(8): e0161812.
- Edinger, E.N. & Risk, M.J. 2000. Reef classification by coral morphology predicts coral reef conservation value. *Biological Conservation*, 92: 1-13.
- English, S., Wilkinson, C. & Baker, V. 1997. *Survey manual for tropical marine resources*. 2nd. edition. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Fuad, M.A.Z., 2010. Coral reef rugosity and coral biodiversity. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Belanda. Thesis MSc.

- Ismail, M.S. 2021. Terumbu karang: Khazanah tersembunyi di Selat Melaka. Institut Penyelidikan Perikanan, Pulau Pinang, Malaysia. hlm. 126. https://fri.dof.gov.my/penerbitan-buku-dan-manual/#flipbookdf_850/1/
- Ismail, M.S. & Khoo, M.L. 2019. Community structure of coral reefs in Pulau Mertang, Johor, Malaysia. *Sains Malaysiana*, 48(11): 2335–2342.
- Ismail, M.S., Awang, D. & Jumatli, A. 2022a. Karang: Kultur dan pembiakan. Dewan Bahasa & Pustaka, KL. hlm. 131.
- Ismail, M.S., Ilias, Z., Ismail, M.N., Goeden, G.B., Yap, C.K., Al-Mutairi, K.A. & Al-Shami, S.A. 2022b. Coral health assessment in Malaysia: a case study of Pulau Anak Datai, Langkawi. *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 45860–45871. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19133-x>
- Ismail M.S., Ilias Z., Ismail M.N., Goeden G.B., Khoo M.L. & Yap C.Y. 2024. Reef health assessment of Pulau Payar Marine Park during the Covid-19 pandemic in Malaysia. *Aquatic Invertebrates and Ecosystem Research*, 1(1): 4-13. doi:10.69517/aier.2024.01.01.0002
- Ismail, M.S., Ling, K.M., Ilias, Z., Ismail, M.N., Pau, S.S.N., Zainee, N.F.A., Jamaludin, M.R. & Repin, I.M. 2021. Laporan kajian penentuan kawasan baharu yang berpotensi dijadikan kawasan perlindungan sumber (MPA) di Perairan Perak, Jabatan Perikanan Malaysia, Kementerian Pertanian dan Industri Makanan, Malaysia, hlm. 146.
- IUCN, 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1. <https://www.iucnredlist.org>. Akses terakhir pada 1 November 2024.
- Kaufman, L., Sandin, S., Sala, E., Obura, D., Rohwer, F. & Tschirky, T. 2011. Coral Health Index (CHI): Measuring coral community health. Science and Knowledge Division, Conservation International. USA. hlm.15.
- Kelley, R. 2016. Indo-Pacific coral finder 3rd. edition. BYO Guides. Townsville.
- Khodzori, F.A., Saad, S. & Mohammad-Noor, N. 2019. Coral community structure in Payar Island Marine Park, Malaysia. *Journal of Sustainability Science and Management*, 14(1): 29-39.
- Lee, J.N. & Mohamed, C.A.R. 2011. Accumulation of Settling Particles in Some Coral Reef Areas of Peninsular Malaysia. *Sains Malaysiana* 40(6): 549–554.
- Mohammad, M., Apandi, Z.N., Marican, H.A.W., Kamphol, N., Mubin, N.A.A.A., Salleh, S. & Ismail, M.N. 2016. The identification of octocorals from the northern region of Straits of Malacca. *Tropical Life Sciences Research*, 27: 87–93. <https://doi.org/10.21315/tlsr2016.27.3.12>
- Mondal, T., Raghunathan, C. & Venkataraman, K. 2011. Diversity of scleractinian corals in middle and north Andaman Archipelago. *World Journal of Zoology*, 6(4): 407-419.
- Ortiz-Burgos, S. 2016. Shannon-Weaver diversity index. In: Kennish, M.J. (ed) *Encyclopedia of Estuaries*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht.
- Praveena, S.M., Siraj, S.S. & Aris, A.Z. 2012. Coral reefs studies and threats in Malaysia: A mini review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 11: 27-39.

- Reef Check Malaysia. 2024. Status of coral reefs in Malaysia, 2023. Reef Check Malaysia. hlm. 243.
- Rilov, G. & Benayahu, Y. 1998. Vertical artificial structures as an alternative habitat for coral reef fishes in disturbed environments. *Marine Environmental Research*, 45: 431-451.
- Tajam, J., Mokhtar, M. & Wagiman, S. 2017. Mini review of coral reefs status in Langkawi UNESCO Global Geopark (LUGG), Malaysia. *Ecology, Environment and Conservation*, 23(2): 662-674.
- Toda, T., Okashita, T., Maekawa, T., Abdul Aziz, K.A., Mohd Khusairi, M.R., Nakajima, R., Chen, W., Takahashi, K.T., Haji Ross, O. & Terazaki, M. 2007. Community structures of coral reefs around Peninsular Malaysia. *Journal of Oceanography*, 63: 113-123.
- Veron, J.E.N., Stafford-Smith, M.G., Turak, E., DeVantier, L.M., 2016. *Corals of the world*. <http://www.coralsoftheworld.org/page/home/>. Akses terakhir pada 1 April 2024.
- Waheed, Z. 2016. Patterns of coral species richness and reef connectivity in Malaysia. Leiden University, Belanda. Thesis PhD. hlm. 237. <https://eprints.ums.edu.my/id/eprint/29904>.



STATUS IKAN TERUMBU DI UTARA LANGKAWI

KHOO MEI LING, ZAIIDNUDDIN ILIAS &
MUHAMMAD AIMAN MAS'UD

3 BAB



Ikan depu-belang zebra, *Pterois volitans*.

3.1 PENGENALAN

Ekosistem terumbu karang amat penting dalam menyediakan sumber makanan, melindungi pantai daripada ribut dan hakisan, menyediakan kawasan habitat dan kawasan pembiakan spesies ikan yang penting dari segi ekonomi. Terumbu karang menyokong lebih daripada 800 spesies karang keras dan lebih daripada 4,000 spesies ikan (Spalding et al., 2001). Ikan terumbu karang sensitif terhadap kemerosotan habitat dari segi fizikal, kimia, pencemaran alam sekitar dan produktiviti keseluruhan ekosistem. Kepelbagaian ikan terumbu berkait rapat dengan kepelbagaian struktur habitat yang menyokong kekayaan dan kelimpahan spesies yang lebih besar (Graham et al., 2011). Oleh itu, kepelbagaian dan kelimpahan ikan terumbu merupakan penunjuk kesihatan terumbu karang yang penting. Malaysia mempunyai 426 spesies ikan yang terdiri daripada 40 keluarga ikan terumbu. Namun begitu, kajian berkaitan ikan terumbu karang di pantai barat Semenanjung Malaysia masih kurang berbanding kajian yang dijalankan di perairan pantai timur Semenanjung Malaysia, perairan Sabah dan perairan Sarawak (Safuan et al., 2016).

Pulau Langkawi merupakan salah satu destinasi pelancongan popular di Malaysia, malah telah dihebahkan secara berterusan untuk eko-pelancongannya (Mokhtar et al., 2017). Namun, kajian menunjukkan persekitaran pantai Pulau Langkawi semakin merosot terutama di bahagian utara Langkawi. Kawasan Teluk Datai dilaporkan sebagai salah satu lokasi paling terganggu oleh aktiviti manusia kerana pembinaan hotel di sepanjang pantai teluk dan juga sumber pencemaran air yang berasal dari padang golf di sebelah timur teluk. Aktiviti perikanan dijalankan berhampiran kawasan terumbu karang yang mana pelbagai perangkap ikan ditemui semasa kajian dan perairan selat di luar teluk mempunyai trafik kapal kargo yang tinggi (Andersson, 2002). Kebanyakan koloni karang telah dilaporkan berada dalam keadaan tertekan kerana tahap kekeruhan dan kadar pemendapan yang tinggi (Johnson, 2002; Jamil et al., 2017). Rekod ikan terumbu di kawasan perairan utara Langkawi juga amat terhad. Salah satu rekod data yang dijumpai adalah sebanyak 15 famili ikan ditemui di Teluk Datai oleh Andersson (2002). Pulau Anak Datai merekodkan sejumlah 21 spesies ikan pada tahun 2002 (Andersson, 2002), namun jumlah bilangan spesies ikan telah menurun kepada 19 spesies pada tahun 2022 (Ismail et al., 2022). Sumber ikan di kawasan lain di perairan utara yang terkini masih belum diketahui.

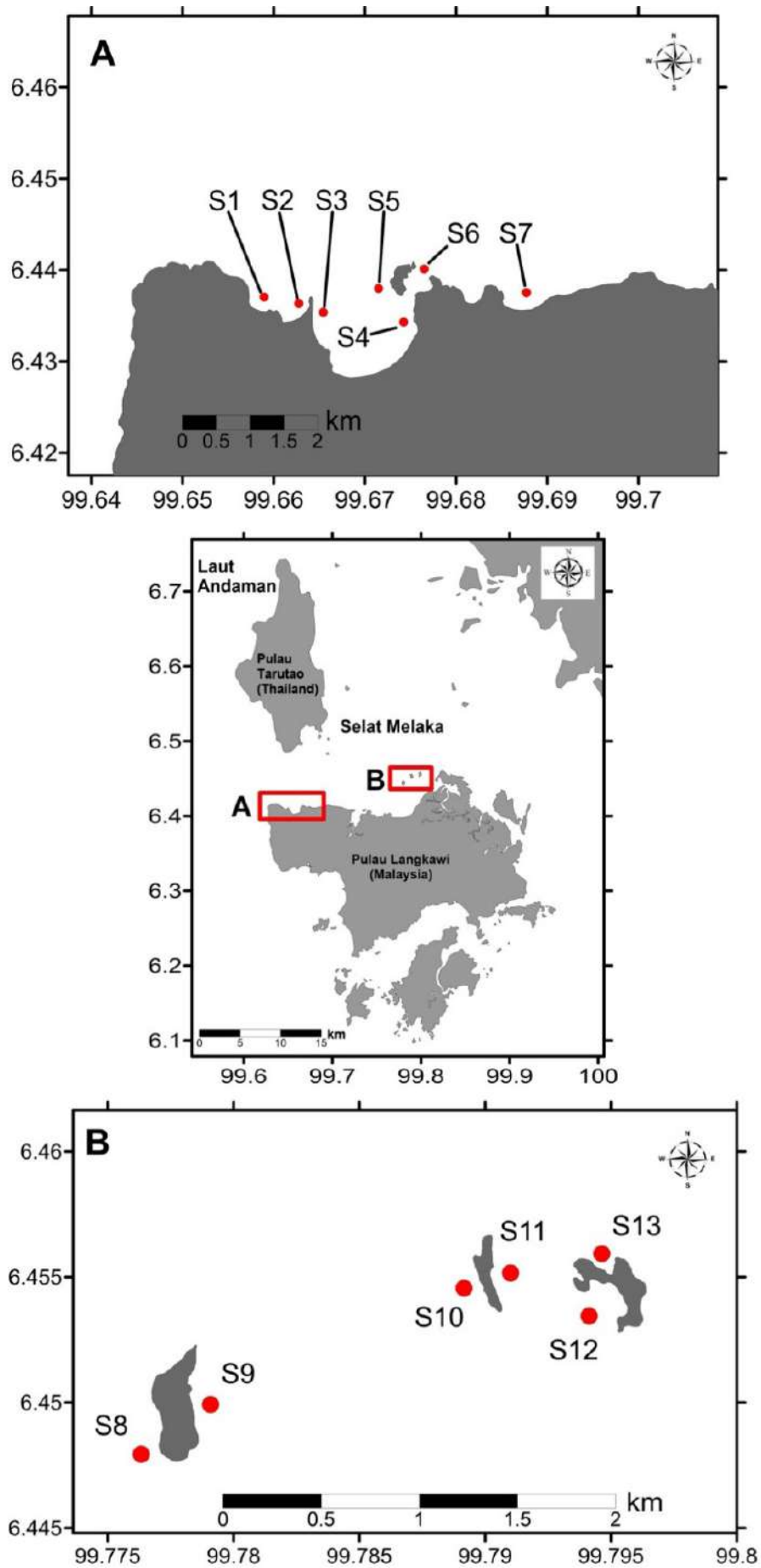
Oleh itu, kajian ini dijalankan bertujuan untuk menentukan status sumber ikan di bahagian utara perairan Langkawi. Kajian ini dapat memberi pemahaman yang lebih baik tentang kepelbagaian dan kelimpahan ikan terumbu karang dan memberi sumbangan yang besar kepada pembangunan penyelidikan dalam bidang perikanan di kawasan tersebut. Selain

itu, hasil kajian dapat dimanfaatkan pihak berkenaan dalam menjaga dan mengawal aktiviti manusia agar ekosistem terumbu karang di utara Pulau Langkawi diberi perhatian sewajarnya. Di samping itu, data yang terhasil diharapkan dapat menjadi data panduan di kawasan kajian.

3.2 KAEDAH KAJIAN

3.2.1 Kawasan Kajian

Kajian ini dijalankan di 13 stesen terumbu karang yang terletak di sebelah utara Pulau Langkawi, iaitu Hutan Palas, Tok Mat, Tanjung Hulus, Pantai Andaman, Pulau Anak Datai, Selat Datai, Pantai Golf, Barat Pulau Dangli, timur Pulau Dangli, barat Pulau Gasing, timur Pulau Gasing, barat Pulau Pasir, dan timur Pulau Pasir seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1**. Pulau Anak Datai, Pulau Dangli, Pulau Gasing dan Pulau Pasir tidak berpenghuni, namun merupakan tempat snorkeling yang terkenal. Pulau-pulau ini tidak mempunyai status Taman Laut, maka aktiviti pelancongan dan penangkapan ikan tidak dikawal dan dipantau.



Rajah 1: Kawasan kajian di perairan utara Langkawi.

3.2.2 Kaedah Persampelan

Kajian bancian visual bawah air telah dijalankan pada kedalaman antara 3-5 meter mengikut kaedah oleh English et al. (1997). Dua garisan transek sepanjang 50 m ditarik selari dengan garis pantai. Empat jenis data telah dikumpul iaitu rakaman video dalam air, spesies ikan, saiz ikan dan bilangan ikan. Data direkodkan di sepanjang garisan transek dengan mengira spesies, bilangan dan saiz ikan yang diperhatikan dalam jarak 1 m pada kedua-dua belah garisan transek dan 1 m di atas garisan transek, meliputi kawasan seluas 100 m² pada setiap garisan transek. Rakaman bawah air turut diambil dengan kamera yang dioperasikan oleh penyelam bagi membantu pengecaman spesies ikan kemudiannya. Ikan dikenal pasti sehingga ke peringkat spesies dengan bantuan rujukan yang diterbitkan Allen, 2020; Froese & Pauly, 2023.

3.2.3 Analisis Data

Indeks biodiversiti

Kepelbagaian ikan terumbu karang dianalisis menggunakan Indeks Kepelbagaian Shannon-Wiener dan Indeks kepelbagaian Simpson. Data dianalisis untuk Indeks Kepelbagaian (H') menggunakan formula yang dibangunkan oleh Shannon (1948), seperti berikut:

$$H' = - \sum^s P_i \ln P_i$$

yang mana H = kepelbagaian spesies dalam maklumat setiap komuniti; n= bahagian spesies yang dimiliki oleh spesies (bilangan individu setiap spesies); N = bilangan individu dalam komuniti; P= n/N dan Σ = jumlah.

Indeks Kepelbagaian Simpson (D) dikira menggunakan formula oleh Simpson (1949).

$$D = \sum \left(\frac{n(n-1)}{N(N-1)} \right)$$

yang mana D = kepelbagaian spesies dalam maklumat setiap komuniti; n = bilangan individu dalam setiap spesies; dan N = jumlah bilangan spesies dalam sampel.

Nilai D berjalut dari 0-1, dengan 0 adalah yang tertinggi dalam kepelbagaian dan 1 adalah yang paling rendah dalam kepelbagaian.

Biojisim ikan

Jumlah berat setiap spesies ikan dikira berdasarkan formula hubungan panjang-berat berikut:-

$$W = a \times L^b$$

yang mana W = berat ikan dalam g; L = jumlah panjang ikan dalam cm; = malar dan = eksponen pertumbuhan.

Biojisim dikira menggunakan W yang diperoleh daripada persamaan dibahagikan dengan kawasan yang diliputi dalam kajian pada setiap transek mengikut spesies.

Anggaran CHI ikan kemudiannya dikira dengan membahagikan jumlah biojisim ikan dengan 500 gram setiap meter persegi (maksimum = 1.0) seperti berikut:

$$\text{CHI Ikan} = \frac{\text{Biojisim ikan}}{500 \text{ gm}^{-2}}$$

Skor berjulat dari 0 (terdegradasi) hingga 1 (sihat) sebagai sebahagian kecil daripada jumlah biojisim ikan (Kaufman et al., 2011).

3.3 KEPUTUSAN

3.3.1 Spesies Ikan

Sebanyak 2,482 individu ikan telah direkodkan di lokasi kajian, yang mana sebanyak 58 spesies ikan telah dikenal pasti daripada 17 famili (**Jadual 1**). Famili yang mempunyai bilangan spesies tertinggi terdiri daripada famili Pomacentridae dengan 11 spesies, diikuti oleh famili Apogonidae dengan tujuh spesies, manakala famili Chaetodontidae dan Caesionidae masing-masing mencatatkan enam spesies. Famili Labridae, Famili Lutjanidae dan Serranidae masing-masing merekodkan empat spesies. Famili lain yang diperhatikan ialah famili Pempheridae dengan tiga spesies, diikuti famili Carangidae, Muraenidae, Nemipteridae dan Siganidae masing-masing sebanyak dua spesies setiap satu. Famili dengan jumlah bilangan spesies yang paling rendah ialah Centriscidae, Haemulidae, Scaridae, Scorpaenidae dan Zanclidae dengan hanya satu spesies direkodkan. Semua lokasi kajian didominasi ikan daripada famili Pomacentridae dan merangkumi jumlah lebih daripada 50% komposisi ikan di kawasan kajian.

Jadual 1: Spesies ikan di perairan utara Langkawi.

Order	Famili	Spesies
Perciformes	Apogonidae	<i>Apogon cooki</i>
		<i>Apogon semilineatus</i>
		<i>Apogon properupta</i>
		<i>Apogon perlitus</i>
		<i>Apogon endekataenia</i>
		<i>Apogon fragilis</i>
		<i>Ostorhinchus doederleini</i>
	Caesionidae	<i>Pterocaesio randalli</i>
		<i>Pterocaesio pisang</i>
		<i>Caesio caerulaurea</i>
<i>Caesio cunning</i>		
<i>Caesio teres</i>		
	<i>Caesio xanthonota</i>	
	Carangidae	<i>Caranx sexfasciatus</i> <i>Carangoides praeustus</i>
	Centriscidae	<i>Aeoliscus strigatus</i>
	Chaetodontidae	<i>Chaetodon collare</i>
		<i>Chaetodon octofasciatus</i>
		<i>Chaetodon reticulatus</i>
		<i>Chelmon rostratus</i>
		<i>Heniochus acuminatus</i> <i>Heniochus singularis</i>
	Haemulidae	<i>Plectorhinchus gibbosus</i>
	Labridae	<i>Halichoeres argus</i>
		<i>Halichoeres nigrescens</i>
		<i>Labroides dimidiatus</i>
		<i>Thalassoma lunare</i>
	Lutjanidae	<i>Lutjanus biguttatus</i>
		<i>Lutjanus fulviflamma</i>
		<i>Lutjanus ruselli</i>
		<i>Lutjanus vitta</i>
	Muraenidae	<i>Gymnothorax favagineus</i>
		<i>Gymnothorax javanicus</i>
	Nemipteridae	<i>Scolopsis ciliata</i>
		<i>Scolopsis vosmeri</i>
	Pempheridae	<i>Pempheris analis</i>
		<i>Pempheris oulensis</i>
		<i>Pempheris schwenkii</i>
	Pomacentridae	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
		<i>Abudefduf vaigiensis</i>
		<i>Amphiprion ocellaris</i>

	<i>Chromis amboinensis</i>
	<i>Cheiloprion labiatus</i>
	<i>Hemiglyphidodon</i>
	<i>plagiometopon</i>
	<i>Neoglyphidodon melas</i>
	<i>Neopomacentrus azysron</i>
	<i>Neopomacentrus cyanomos</i>
	<i>Neopomacentrus filamentosus</i>
	<i>Pomacentrus mollucensis</i>
Scaridae	<i>Scarus ricolatus</i>
Scorpaenidae	<i>Pterois volitans</i>
Serranidae	<i>Cephalopholis boenak</i>
	<i>Cephalopholis formosa</i>
	<i>Diploprion bifasciatum</i>
	<i>Ephinephelus erythrurus</i>
Siganidae	<i>Siganus corallinus</i>
	<i>Siganus javus</i>
Zanclidae	<i>Zanclus cornutus</i>

Daripada 13 lokasi kajian, S1 Hutan Palas mencatatkan bilangan famili dan spesies ikan tertinggi dengan jumlah 31 spesies daripada 13 famili, diikuti S8 barat Pulau Dangli dengan 27 spesies daripada 11 famili dan S2 Tok Mat dengan 25 spesies daripada 11 famili. Seterusnya ialah S6 Selat Datai dengan 19 spesies daripada 10 famili, S12 barat Pulau Pasir dengan 18 spesies daripada 10 famili dan S3 Tanjung Hulus dengan 17 spesies daripada 10 famili. S10 barat Pulau Gasing dan S13 timur Pulau Pasir kedua-duanya merekodkan 14 spesies ikan daripada lapan dan tujuh famili. Ini diikuti oleh S7 Padang Golf (13 spesies, 8 famili), S9 timur Pulau Dangli dan S4 Pulau Anak Datai (kedua-duanya 12 spesies, 6 famili), dan S5 Andaman dengan (8 spesies, 5 famili). S11 timur Pulau Gasing mencatatkan jumlah bilangan spesies terendah dengan hanya lima spesies direkodkan daripada dua keluarga. Bahagian barat Pulau Dangli, Pulau Gasing dan Pulau Pasir merekodkan lebih banyak spesies ikan berbanding sebelah timurnya (**Jadual 2**).

Jadual 2: Bilangan spesies ikan dan famili di lokasi kajian

Stesen	Bil. famili	Bil. spesies
S1 Hutan Palas	13	31
S2 Teluk Tok Mat	11	25
S3 Tanjung Hulus	10	17
S4 Pantai Andaman	5	8
S5 Pulau Anak Datai	6	12
S6 Selat Datai	10	19
S7 Padang Golf	8	13
S8 barat Pulau Dangli	11	27
S9 Pulau Dangli Timur	6	12
S10 barat Pulau Gasing	8	14
S11 timur Pulau Gasing	2	5
S12 barat Pulau Pasir	10	18
S13 timur Pulau Pasir	7	14

3.3.2 Biojisim Ikan dan Indeks Kesihatan Karang (CHI) untuk Ikan

Biojisim ikan di semua 13 lokasi mencatatkan jumlah nilai purata 756.92 g/m² (**Jadual 3**). S8 barat Pulau Dangli mencatatkan jumlah biojisim tertinggi dengan 276.06 g/m², diikuti S1 Hutan Palas dan S2 Tok Mat masing-masing dengan jumlah sebanyak 121.11 g/m² dan 114.00 g/m². Lokasi kajian yang lain mencatatkan nilai purata biojisim kurang daripada 100 g/m² (S4 Pulau Anak Datai dengan 68.45 g/m², S3 Tanjung Hulus dengan 41.71 g/m², S7 Padang Golf dengan 32.19 g/m², S5 Andaman dengan 21.75 g/m², S12 barat Pulau Pasir dengan 20.24 g/m², S10 barat Pulau Gasing dengan 13.24 g/m², S13 timur Pulau Pasir dengan 11.93 g/m², dan S9 timur Pulau Dangli dengan 9.43 g/m²). S11 timur Pulau Gasing merekodkan jumlah biojisim ikan terendah dengan hanya 1.44 g/m². Julat nilai CHI adalah antara 0.003 hingga 0.552, yang mana S8 barat Pulau Dangli mencatatkan nilai paling tinggi (0.552) dan S11 timur Pulau Gasing yang paling rendah (0.003).

Jadual 3: Biojisim ikan dan CHI bagi ikan di utara Pulau Langkawi.

Stesen	Purata jumlah individu	Anggaran biojisim (g/m ²)	CHI ikan
S1 Hutan Palas	199.50	121.11	0.242
S2 Teluk Tok Mat	360.00	114.00	0.228
S3 Tanjung Hulus	128.00	41.71	0.083
S4 Pantai Andaman	126.00	21.75	0.044
S5 Pulau Anak Datai	287.50	68.45	0.137
S6 Selat Datai	222.50	25.36	0.051
S7 Padang Golf	19.00	32.19	0.064
S8 barat Pulau Dangli	489.67	276.06	0.552
S9 timur Pulau Dangli	137.50	9.43	0.019
S10 barat Pulau Gasing	120.50	13.24	0.026
S11 timur Pulau Gasing	49.50	1.44	0.003
S12 barat Pulau Pasir	118.50	20.24	0.040
S13 timur Pulau Pasir	224.00	11.93	0.024
JUMLAH	2,482.17	756.92	

3.3.3 Indeks Kepelbagaian

Kajian ini memfokuskan kepelbagaian ikan yang terletak di 13 kawasan terumbu karang yang berbeza di bahagian utara perairan Langkawi dan keputusan kajian menunjukkan terdapat perubahan yang kurang ketara dalam kepelbagaian ikan di antara lokasi kajian dalam Teluk Datai (**Jadual 4**). Kajian menunjukkan stesen S5 Andaman dan S11 timur Pulau Gasing kedua-duanya mempunyai kepelbagaian yang rendah berdasarkan skor rendah Indeks Kepelbagaian Simpson (D) dan skor tinggi Indeks Shannon -Wiener (H'). Kedua-dua stesen mempunyai kekayaan spesies dan kelimpahan relatif spesies ikan yang rendah. Walaupun S1 Hutan Palas mempunyai skor tertinggi dalam Indeks Simpson (0.84), Indeks Shannon Wiener mendapat skor tinggi (1.92). Memandangkan Indeks Shannon Wiener sensitif terhadap kekayaan spesies, nilai yang tinggi mungkin disebabkan stesen ini mempunyai kekayaan spesies tertinggi. Indeks Simpson adalah sensitif kepada kelimpahan relatif dan kesamarataan, menyebabkan stesen ini mendapat markah tertinggi walaupun kekayaan spesies lokasi ini adalah paling tinggi. Ini menunjukkan stesen ini berkemungkinan besar mempunyai kelimpahan relatif ikan yang tidak sekata dan didominasi spesies ikan tertentu. S2 Tok Mat dan S8 barat Pulau Dangli kedua-duanya mendapat markah Indeks Simpson kedua terendah (0.15) dan Indeks Shannon Wiener tertinggi dengan masing-masing 2.31 dan 2.29. Ini menunjukkan bahawa kedua-dua stesen mempunyai kepelbagaian ikan yang tertinggi di antara 13 lokasi kajian; dengan kekayaan spesies, kelimpahan relatif dan kesamarataan yang tinggi. Ini diikuti rapat oleh S12 barat Pulau

Pasir dengan Indeks Simpson 0.14 dan Indeks Shannon Wiener 2.23. Apabila membandingkan tiga buah pulau (Pulau Dangli, Pulau Gasing dan Pulau Pasir) yang jauh dari Teluk Datai, kesemua bahagian barat pulau menunjukkan kepelbagaian yang lebih tinggi dari bahagian timurnya (skor D rendah dan skor H' lebih tinggi).

Jadual 4: Nilai indeks kepelbagaian ikan di utara Pulau Langkawi.

Stesen	D	H'
S1 Hutan Palas	0.84	1.92
S2 Teluk Tok Mat	0.15	2.31
S3 Tanjung Hulus	0.31	1.61
S4 Pantai Andaman	0.79	0.52
S5 Pulau Anak Datai	0.25	1.62
S6 Selat Datai	0.40	1.26
S7 Padang Golf	0.07	2.29
S8 Pulau Dangli barat	0.15	2.29
S9 timur Pulau Dangli	0.20	1.81
S10 barat Pulau Gasing	0.18	2.23
S11 timur Pulau Gasing	0.52	0.91
S12 barat Pulau Pasir	0.14	2.23
S13 timur Pulau Pasir	0.40	1.36

Nota: D = Indeks Simpson; H' = Indeks Shannon-Wiener.

3.4 PERBINCANGAN

Hanya 58 spesies ikan direkodkan di perairan utara Pulau Langkawi; jumlahnya jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan pulau-pulau lain yang telah diwartakan sebagai taman laut seperti Pulau Perhentian (174 spesies) dan Pulau Redang (172 spesies) (Yusuf et al., 2009). Bagaimanapun, bilangan spesies adalah lebih tinggi berbanding dengan pulau lain di perairan Langkawi seperti Pulau Payar (30 spesies) dan Pulau Lembu (16 spesies) (Ismail et al., 2024). Taman Laut Pulau Payar merupakan salah satu tarikan pelancongan di Langkawi dan terdedah kepada aktiviti manusia yang lebih tinggi berbanding dengan Teluk Datai yang hanya digunakan oleh tetamu hotel di sepanjang teluk tersebut, maka gangguan aktiviti manusia lebih rendah (Praveena et al., 2012; Ismail et al., 2024). Lee et al. (2005) merekodkan sejumlah 31 spesies ikan ditemui di Tanjung Hulus dan 21 spesies ikan ditemui di Pulau Anak Datai pada tahun 2005, manakala Ismail et al. (2022) telah melaporkan sejumlah 19 spesies ikan ditemui di Pulau Anak Datai. Terdapat penurunan dalam jumlah bilangan spesies ikan pada kajian semasa kerana hanya 17 spesies ikan dicatatkan di Tanjung Hulus dan 12 spesies di Pulau Anak Datai. Ini mungkin disebabkan kemerosotan liputan karang di kawasan tersebut, dan ia disokong oleh hasil litupan karang hidup dalam kajian ini. Kandungan bahan terampai yang tinggi di dalam air akibat aktiviti pembangunan di teluk ini secara langsung boleh membawa kesan negatif terhadap pertumbuhan dan taburan karang (Zaidnuddin 2001; Hanapiah et al., 2019).

Komuniti ikan terumbu paling tinggi dalam jumlah spesies dan kelimpahan ialah ikan gombing (Pomacentridae) dan ikan kardinal (Apogonidae). Ia adalah perkara biasa di kebanyakan kawasan terumbu kerana ikan ini secara semula jadi didapati dalam jumlah yang besar, bukan spesies yang disasarkan dalam perikanan, justeru kelazimannya di terumbu (Sale, 1993; Farhana-Azmi et al., 2022). Kepelbagaian dan kelimpahan ikan bagang (Chaetodontidae) dan ikan bayan (Scaridae) sering dijadikan penunjuk kesihatan terumbu, dan didapati bilangannya sangat rendah di perairan utara Langkawi. Hanya enam spesies ikan bagang telah direkodkan. Ini menunjukkan kemungkinan kepelbagaian dan kelimpahan spesies karang yang rendah di kawasan tersebut kerana bilangan spesies dan kelimpahan ikan bagang yang berkadar langsung dengan litupan karang hidup (Andersson, 2002; Mahadevan et al., 2021). Hanya satu spesies ikan bayan dicatatkan di satu stesen sahaja. Ini menunjukkan kemungkinan keadaan terumbu yang semakin teruk kerana ikan herbivor seperti ikan bayan berfungsi mengawal pertumbuhan alga yang bersaing dengan karang. Ia juga mungkin menunjukkan penangkapan ikan yang berlebihan di kawasan tersebut kerana ikan bayan juga merupakan salah satu ikan komersial sasaran (Lee & Chou 2003). Penunjuk lain terhadap tekanan penangkapan ikan di kawasan ini termasuk jumlah bilangan spesies dan kelimpahan ikan komersial yang rendah

seperti kerapu (Serranidae), jenahak (Lutjanidae), tenggiri (Carangidae), dan kaci (Haemulidae) (Longenecker et al., 2011; Farhana-Azmi et al., 2022).

Lokasi-lokasi kajian di sepanjang Teluk Datai juga mencatatkan jumlah paling sedikit dalam biojisim berbanding lokasi lain di luar teluk; menunjukkan tekanan penangkapan ikan yang berterusan di sepanjang kawasan teluk kerana pelbagai perangkap turut ditemui di kawasan terumbu karang di sepanjang Teluk Datai. Lokasi-lokasi di luar Teluk Datai seperti S1 Hutan Palas, S2 Tok Mat dan pulau-pulau yang lebih jauh dari kawasan teluk seperti Pulau Dangli dan Pulau Pasir merekodkan biojisim dan kepelbagaian ikan yang lebih tinggi, berkemungkinan disebabkan keadaan terumbu yang lebih baik dan jauh daripada gangguan aktiviti manusia. Apabila membandingkan ketiga-tiga pulau tersebut, Pulau Dangli mempunyai rekod terbaik dari segi jumlah biojisim dan kepelbagaian, diikuti Pulau Pasir manakala Pulau Gasing mencatatkan biojisim dan kepelbagaian terendah antara kesemua 13 stesen. Keputusan biojisim dan kepelbagaian adalah konsisten dengan litupan karang hidup (LCC) seperti yang dilaporkan Tajam & Mokhtar (2019) untuk ketiga-tiga pulau yang mana LCC dilaporkan tertinggi di Pulau Dangli, diikuti Pulau Pasir dan Pulau Gasing.

Dalam kajian ini, Indeks Shannon-Wiener berada dalam julat 0.52 – 2.29. Menurut Jayaprabha et al. (2018), nilai Indeks Shannon-Wiener lebih daripada 3.00 hanya dicapai di kawasan yang sihat dan kaya dengan biodiversiti. Oleh itu, terumbu karang yang terdapat di perairan utara Pulau Langkawi boleh dikatakan 'tidak sihat' dan kurang kaya dari segi biodiversiti karang. Ini disokong lagi oleh keputusan CHI antara 0.01 hingga 0.55, secara tidak langsung menunjukkan terumbu di utara Pulau Langkawi mungkin berada dalam keadaan 'tidak sihat' atau 'sederhana sihat'. Faktor lain seperti kekeruhan air juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keputusan kajian kerana kajian ini sangat bergantung kepada banci visual untuk mengesan dan mengira bilangan ikan semasa tinjauan. Selain itu, CHI untuk ikan sahaja tidak mencukupi untuk menentukan kesihatan terumbu karang kerana terdapat komponen lain seperti liputan karang, kepelbagaian dan kelimpahan bentos dan komuniti mikrob perlu dipertimbangkan juga. Oleh itu, rekod biojisim ikan dan nilai indeks CHI di perairan utara Langkawi mungkin berat sebelah dan lebih rendah daripada yang sepatutnya disebabkan keadaan cuaca buruk dan jarak penglihatan yang rendah yang secara tidak langsung menjejaskan keputusan.

3.5 KESIMPULAN

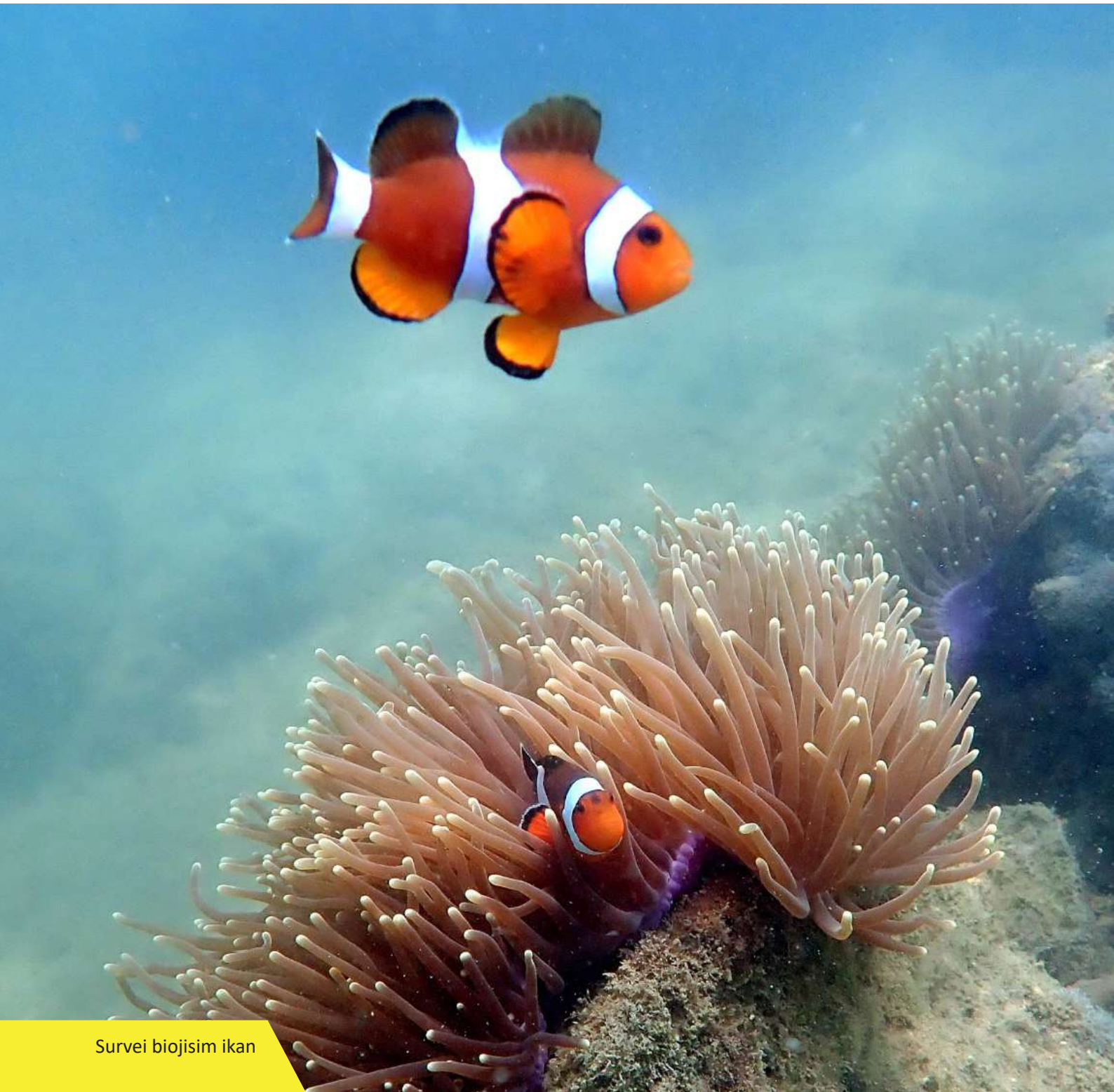
Kesimpulannya, kepelbagaian dan kelimpahan ikan di utara Pulau Langkawi agak rendah berdasarkan hasil kajian ini. Walaupun biojisim ikan di beberapa lokasi adalah tinggi, ianya didominasi oleh keluarga Pomacentridae. Ketiadaan dan kekurangan spesies ikan penunjuk dan ikan komersial disasarkan adalah membimbangkan. Walau bagaimanapun, jarak penglihatan dalam air adalah sangat rendah dan ini telah menjadi kekangan utama dalam menjalankan tinjauan visual dalam air. Memandangkan tahap eksploitasi kawasan terumbu karang yang tidak terkawal di perairan Langkawi, biodiversiti ikan terumbu karang juga akan berkurangan sekiranya tiada tindakan diambil oleh kerajaan. Kawasan ini memerlukan perhatian utama untuk tindakan selanjutnya. Kawasan ini memerlukan perhatian untuk tindakan selanjutnya. Oleh itu, pengurusan ekosistem terumbu karang perlu dititikberatkan disebabkan kemerosotan kritikal di perairan Selat Melaka dan pantai barat Semenanjung Malaysia. Kajian lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui kesan aktiviti antropogenik (memancing) terhadap populasi ikan terutamanya berkaitan pertumbuhan ikan, pembiakan dan rekrutmen ke dalam populasi keseluruhan.

3.6 RUJUKAN

- Andersson, K., 2002. A study of coral reef fishes along a gradient of disturbance in the Langkawi Archipelago, Malaysia. Undergraduate Thesis in Biology. Dept. Animal Ecology, Uppsala University, Sweden. hlm. 38.
- Allen, G.R., 2020. A field guide to tropical reef fishes of the Indo-Pacific. Tuttle Publishing. hlm. 315.
- English, S., Wilkinson, C. & Baker, V. (eds.) 1997. Survey manual for tropical marine resources (2nd. edition). Australian Institute of Marine Science. ASEAN-Australia Marine Science Project.
- Farhana-Azmi, N., Manjaji-Matsumoto, B.M., Maidin, N., John, J.B., Bavoh, E.M. & Saleh, E. 2022. Checklist of coral reef fishes of Darvel Bay, Sabah, Malaysian Coral Triangle, with a note on the biodiversity and community structure. Biodiversity Data Journal, 10: e79201. <https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e79201>
- Froese, R. & Pauly, D. (eds), 2023. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.
- Graham, N. A. J., Nash, K. L. & Kool, J. T. 2011. Coral reef recovery dynamics in a changing world. Coral Reefs, 30(2): 283–294. <https://doi.org/10.1007/s00338-010-0717-z>

- Ismail, M.S., Ilias, Z., Ismail, M.N., Goeden, G.B., Yap, C.K., Al-Mutairi, K.A. & Al-Shami, S.A. 2022. Coral health assessment in Malaysia: a case study of Pulau Anak Datai, Langkawi. *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 45860–45871.
- Ismail, M.S., Ilias, Z., Ismail, M.N., Goeden, G.B., Khoo, M.L. & Yap, C.K. 2024. Reef health assessment of Pulau Payar Marine Park during the Covid-19 pandemic in Malaysia. *Aquatic Invertebrates and Ecosystem Research*, 1 (1): 4-13.
- Jamil, T., Mazlin, M. & Sukarno, W. 2017. Mini review of coral reefs status in Langkawi UNESCO Global Geopark (LUGG), Malaysia. *Eco. Env. & Cons*, 23(2): 662–674.
- Jayaprabha, N., Purusothaman, S. & Srinivasan, M. 2018. Biodiversity of coral reef associated fishes along southeast coast of India. *Regional Studies in Marine Science*, 18: 97–105.
- Kaufman, L., Sandin, S., Sala, E., Obura, D., Rohwer, F. & Tschirky, T. 2011. Coral Health Index (CHI): Measuring coral community health. Science and Knowledge Division, Conservation International. USA. hlm.15.
- Lee, Y.L., Affendi, Y.A., Tajuddin, B.H, Yusuf, Y.B., Kee Alfian, A.A. & Anuar, E.A. 2005. A post-tsunami assessment of coastal living resources of Langkawi Archipelago, Peninsular Malaysia. *NAGA, WorldFish Center Newsletter*. 28(1&2): 17-22.
- Lee, W. & Chou, L. 2003. The status of coral reefs of Pulau Banggi and its vicinity, Sabah, based on surveys in June 2003. Department of Biological Sciences, National University of Singapore. REST Technical report, hlm. 31.
- Longenecker, K., Langston, R., Bolick, H. & Kondio, U. 2011. Reproduction, catch, and size structure of exploited reef-fishes at Kamiali Wildlife Management Area, Papua New Guinea. Bishop Museum. Technical Report, 1-169.
- Mahadevan, G., Gosavi, S.M., Murugesan, P. & Arumugam, A. 2021. Demographics of butterfly fish, *Heniochus acuminatus* (Perciformes, Chaetodontidae) from the Gulf of Mannar, India. *Thalassas*, 37(1): 81–91.
- Mokhtar, M., Mimhaz, F.A., Lee, K.E., Alam, L., Goh, C.T., Elfithri, R., Tajam, J. & Wong, A.K.H. 2017. Achieving sustainable coastal environment in Langkawi, Malaysia. *Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture*, 1: 7-15.
- Praveena, S.M., Siraj, S.S. & Aris, A.Z. 2012. Coral reefs studies and threats in Malaysia: A mini review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 11: 27-39.
- Safuan, M., Boo, W. H., Siang, H. Y., Chark, L. H. & Bachok, Z. 2016. Current status on community structure of coral reefs around West Coast of Peninsular Malaysia using coral video transect technique. *Journal of Sustainability Science and Management Special*, 1: 107-117.
- Sale, P. 1993. The ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, San Diego, California, USA. hlm. 278.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27: 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>

- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Spalding, M.D., Ravilious, C. & Green, E.P. 2001. *World atlas of coral reefs*. University of California Press, Berkeley, USA.
- Tajam, J. & Mokhtar, M. 2019. Marine habitat distribution and substrate composition of Dangli group of islands, Langkawi UNESCO Global Park, Kedah, Malaysia. *International Journal of Oceans and Oceanography*, 13: 37-56.
- Yusuf, Y., Affendi, Y.A. & Abdullah, R. 2009. Fishes of a 'neglected' coral reef area: Pulau Pangkor, Perak. *Proceeding of the Simposium Biologi Malaysia: Harnessing the potential of biodiversity*, (January 2009): 39–42.



INDEKS KESIHATAN KARANG DI UTARA LANGKAWI

MOHAMAD SAUPI ISMAIL, AHMAD RIDZUAN C. NIK
& KHAIRUNNISA KHIRUL AKBAR

4 BAB

Kima gergasi, *Tridacna crocea* di Teluk Datai.

4.1 PENGENALAN

Indeks Kesihatan Karang (CHI) merupakan indeks kumulatif yang menunjukkan status dan trend bagi sesuatu kawasan terumbu (Kaufman et al., 2011). Indeks ini terdiri daripada tiga komponen ekosistem iaitu bentos (litupan karang keras dan alga krustos), ikan terumbu (jumlah biojisim ikan) dan mikrob (kepekatan *Vibrio* spp.). Ia merupakan tiga parameter diagnostik yang berbeza tetapi dapat digabungkan untuk memberikan maklumat kesihatan ekosistem terumbu karang. Gabungan ini amat penting kerana walaupun salah satu komponen misalnya, ikan mempunyai nilai rendah, nilai keseluruhan masih boleh berada pada tahap tinggi secara relatifnya. Situasi ini menggambarkan terumbu tersebut mampu pulih pada masa hadapan.

Bagaimanapun, disebabkan kesukaran untuk mendapat dan menganalisis data berkaitan mikrob, Kaufman et al. (2011) mencadangkan penggunaan Indeks Kesihatan Karang Dua-Dimensi (2D-CHI), yang mana hanya dua komponen diambil kira iaitu bentos dan ikan. Aplikasi 2D-CHI telah dilaksanakan dengan jayanya di Laut Caribbean (Díaz-Pérez et al., 2016). Di Malaysia, penentuan kesihatan karang berdasarkan CHI telah dijalankan oleh Ismail et al. (2021) di Kepulauan Sembilan, Perak, dan Ismail et al. (2022) di Pulau Anak Datai, Langkawi. Manakala aplikasi 2D-CHI telah diguna pakai untuk menentukan kesihatan terumbu karang di Pulau Perhentian, Terengganu oleh Safuan et al. (2022), dan di Pulau Payar, Kedah oleh Ismail et al. (2024). Penggunaan 2D-CHI diharap dapat menentukan tahap kesihatan dan konservasi terumbu karang di perairan utara Pulau Langkawi, Kedah.

4.2 KAEDAH KAJIAN

Berbanding CHI, Indeks Kesihatan Karang Dua-Dimensi (2D-CHI) hanya menggunakan dua parameter iaitu bentos dan ikan. Nilai CHI untuk bentos ditentukan berdasarkan peratus jumlah litupan karang keras dan alga krustos ke atas keseluruhan substrat (bentos). Nilai CHI bagi ikan ditentukan secara membahagikan jumlah biojisim ikan terumbu dengan nilai 500 g/m² (dengan nilai maksima CHI yang diperolehi adalah 1.0). Kedua-dua nilai tersebut kemudiannya ditransformasikan kepada nilai di antara 0 dan 1.

Nilai akhir CHI dikira, berdasarkan Kaufman et al. (2011), seperti berikut:

$$2D-CHI = \frac{(CHI \text{ bentos} + CHI \text{ ikan})}{2}$$

2

Parameter bentos dan ikan dinilai secara saksama dan dipuratakan bagi menentukan nilai akhir CHI dari sifar ('Sangat merosot') hingga satu ('Sangat sihat'). Keputusannya digunakan untuk mengklasifikasikan kesihatan terumbu karang kepada 5 kategori (**Jadual 1**).

Jadual 1: Indeks Kesihatan Karang

Sangat merosot	Merosot	Sederhana sihat	Sihat	Sangat sihat
0 – 0.19	0.20 – 0.39	0.40 – 0.59	0.60 – 0.79	0.80 – 1

Sumber: Kaufman et al. (2011).

4.3 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Nilai 2D-CHI bagi perairan utara Pulau Langkawi adalah di antara 0.12 hingga 0.43 dengan nilai puratanya 0.21 (**Jadual 2**). Ini menunjukkan tiada lokasi di utara Pulau Langkawi mempunyai status kesihatan karang sebagai "sihat" atau "sangat sihat". Hanya satu lokasi (S8) yang mempunyai status "sederhana sihat", selebihnya dikategorikan sebagai "merosot" dan "sangat merosot". Secara amnya, keseluruhan utara Pulau Langkawi mempunyai status kesihatan karang sebagai "merosot", yang menunjukkan komuniti terumbu karang di perairan tersebut adalah tidak sihat.

Kaedah 2D-CHI ini diguna pakai untuk melihat pertalian di antara litupan bentos dan biojisim ikan di perairan utara Pulau Langkawi. Kedua-dua komponen CHI merupakan parameter penting untuk menentukan kesihatan semasa terumbu karang dan bagi meramalkan kesihatan terumbu pada masa akan datang serta pemulihan terumbu tersebut (Kaufman et al., 2011). Sekiranya hanya satu komponen CHI yang nilainya menurun, terumbu tersebut masih mempunyai keupayaan untuk pulih. Namun, dalam kes Kepulauan Sembilan, dua komponen (bentos dan ikan) dianggap mengalami tekanan dan menjadi terancam. Secara tuntas, nilai keseluruhan CHI di utara Pulau Langkawi (0.21) adalah rendah dan menghampiri nilai "sangat merosot". Ini menandakan risiko yang lebih tinggi ke arah peningkatan tahap kemerosotan pada masa hadapan. Perbandingan nilai CHI kajian ini dapat dilakukan oleh beberapa kajian terdahulu di pantai barat Semenanjung Malaysia. Ismail et al. (2022) dan Ismail et al. (2024) melaporkan nilai 2D-CHI di Pulau Anak Datai, Langkawi dan di Pulau Payar adalah pada kategori "merosot". Sementara itu, nilai CHI bagi karang dan ikan di Kepulauan Sembilan adalah pada tahap "sangat merosot" (Ismail et al., 2021). Sekiranya tiada langkah dilaksanakan di perairan Langkawi, terumbu karang di sana berkemungkinan mengalami nasib yang sama seperti di Kepulauan Sembilan.

Jadual 2: Nilai 2D-CHI dan status kesihatan bagi setiap lokasi persampelan.

Lokasi	Bentos	Ikan	2D-CHI	Status
S1	0.41	0.24	0.33	Merosot
S2	0.31	0.23	0.27	Merosot
S3	0.31	0.08	0.20	Merosot
S4	0.41	0.04	0.23	Merosot
S5	0.26	0.14	0.20	Merosot
S6	0.35	0.05	0.20	Merosot
S7	0.23	0.06	0.15	Sangat merosot
S8	0.30	0.55	0.43	Sederhana
S9	0.28	0.02	0.15	Sangat merosot
S10	0.29	0.03	0.16	Sangat merosot
S11	0.29	0.00	0.15	Sangat merosot
S12	0.26	0.04	0.15	Sangat merosot
S13	0.23	0.02	0.12	Sangat merosot
Utara Langkawi	0.30	0.12	0.21	Merosot

4.4 KESIMPULAN

Survei terumbu karang di perairan utara Pulau Langkawi menunjukkan terdapat sebahagian terumbu mempunyai produktiviti dan pertumbuhan karang yang berciri daya tahan (stress tolerant). Ingin dijelaskan bahawa indeks CHI merupakan satu kaedah yang boleh diguna pakai untuk mentaksirkan kesihatan terumbu karang di perairan tersebut. Keputusan ini juga menunjukkan keupayaan kaedah CHI untuk mengklasifikasikan status kesihatan karang di Malaysia. Hasil kajian ini menunjukkan karang hidup dan populasi ikan di utara Langkawi mengalami kemerosotan. Kawasan tersebut menerima tekanan yang berterusan dan menjadi terumbu yang tidak sihat. Kami percaya perairan Pulau Langkawi memerlukan langkah-langkah konservasi yang holistik, berdasarkan keunikan lokasinya yang mempunyai ekosistem terumbu karang di Selat Melaka yang mempunyai pertalian dengan Laut Andaman. Menyedari hakikat ini, perairan utara Pulau Langkawi berpotensi untuk dijadikan zon konservasi sebagai penambahan yang bermakna kepada kawasan perlindungan marin sedia ada di Malaysia. Hanya melalui perlindungan, kita dapat memulihkan dan memulihara sumber perairan semula jadi di kepulauan tersebut. Diharapkan agar perairan utara Pulau Langkawi menerima status perlindungan yang amat diperlukan di kawasan tersebut.

4.5 RUJUKAN

- Diaz-Perez, L., Rodriguez-Zaragoza, F.A., Ortiz, M., Cupul-Magana, A.L., Carriquiry, J.D., Rios-Jara, E., Rodriguez-Troncoso, A.P. & Garcia-Rivas, M.d.C. 2016. Coral reef health indices *versus* the biological, ecological and functional diversity of fish and coral assemblages in the Caribbean Sea. *PLoS ONE*, 11(8): e0161812.
- Kaufman, L., Sandin, S., Sala, E., Obura, D., Rohwer, F. & Tschirky, T. 2011. Coral Health Index (CHI): Measuring coral community health. Science and Knowledge Division, Conservation International. USA. hlm. 15.
- Ismail, M.S., Ilias, Z., Ismail, M.N., Goeden, G.B., Yap, C.K., Al-Mutairi, K.A. & Al-Shami, S.A. 2022. Coral health assessment in Malaysia: a case study of Pulau Anak Datai, Langkawi. *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 45860–45871. doi:10.1007/s11356-022-19133-x
- Ismail, M.S., Ilias, Z., Ismail, M.N., Goeden, G.B., Khoo, M.L. & Yap, C.Y. 2024. Reef health assessment of Pulau Payar Marine Park during the Covid-19 pandemic in Malaysia. *Aquatic Invertebrates and Ecosystem Research*, 1(1): 4-13. doi:10.69517/aier.2024.01.01.0002
- Ismail, M.S., Ling, K.M., Ilias, Z., Ismail, M.N., Pau, S.S.N., Zainee, N.F.A., Jamaludin, M.R. & Repin, I.M. 2021. Laporan kajian penentuan kawasan baharu yang berpotensi dijadikan kawasan perlindungan sumber (MPA) di Perairan Perak, Jabatan Perikanan Malaysia, Kementerian Pertanian dan Industri Makanan, Malaysia, hlm. 146.
- Safuan, C.D.M., Talaat, W.I.A.W., Nazli, Aziz., Jefry, H., Lai, R.K., Khyril-Syahrizan, H., Afiq-Firdaus, A.M., Faiz, A.M., Arbaeen, M.J.N., Lua, W.Y., Xue, X-Z., Repin, I.M. & Bachok, Z. 2022. Assessment of coral health status using two-dimensional Coral Health Index (2D-CHI): A preliminary study in Pulau Perhentian Marine Park, Malaysia. *Regional Studies in Marine Science*, 55: 102543. doi:10.1016/j.rsma.2022.102543.



Spesies gamat *Holothuria atra*, yang ditemui di utara Pualu Langkawi.

PEMETAAN HABITAT MARIN DI UTARA LANGKAWI

JAMIL TAJAM, MUHAMMAD SAHIR OTHMAN,
NOR AZHAR MAT, MOHAMAD SAJJAD MOHAMAD AZLAN
& MOHAMAD NAJMUDDIN MOHD SAIRI

5 BAB

Kenampakan substrat pantai Pulau Anak Datai.

5.1 PENGENALAN

Secara amnya, kejernihan air adalah penting dalam menentukan tahap kesihatan sesuatu ekosistem dan pengurusan alam sekitar yang berkesan. Namun begitu, sejak beberapa tahun kebelakangan ini terdapat bukti jelas bahawa ekosistem dengan keadaan air yang keruh juga boleh menunjukkan persekitaran baik bagi kehidupan terumbu karang yang sihat. Di perairan utara kepulauan Langkawi merupakan sebuah lokasi kajian yang baik dengan kebanyakan koloni karangnya hidup dalam persekitaran air yang keruh. Walaupun keadaan airnya yang keruh, masih terdapat beberapa spesies karang yang boleh bertahan hidup di perairan ini. Oleh sebab kekurangan data dalam pemetaan habitat marin yang unik ini, maka pengetahuan mengenai ketahanan terumbu karang yang hidup di dalam air keruh amat kurang. Berkemungkinan, terdapat mekanisme unik yang tidak pernah diterokai sebelum ini, yang mana jika ia dikaji akan dapat menyingkap maklumat menarik, yang sehingga kini masih tidak diketahui para saintis. Kajian ini akan membantu menyediakan data untuk digunakan bagi pengurusan kawasan ini secara mampan.

Cabaran yang sering dibangkitkan dalam pemetaan habitat marin ialah batasan dalam pengimejan satelit apabila air laut tidak jernih atau apabila maklumat yang diperlukan adalah dari kawasan perairan laut dalam. Menurut Foster et al. (2013), ketepatan maklumat yang diperoleh melalui pengimejan udara dan satelit adalah terhad kepada perairan sederhana dan kawasan pesisiran, manakala ia adalah satu cabaran untuk pemetaan perairan laut dalam. Sebagai contoh, lebih 55% (sekitar 1,540 bn²) dari Santuari Marin Nasional Florida Keys di Amerika Syarikat tidak dapat dipetakan kerana faktor kedalaman dan kekeruhan air (Gleason et al., 2008). Oleh itu, kajian ini bertujuan menyiasat pola ciri-ciri benthik dalam air keruh dengan menggunakan kaedah yang lebih praktikal, iaitu isyarat hidroakustik.

Peta habitat marin dapat memberi informasi mengenai corak kepelbagaian substrat dan habitat marin. Data ini boleh digunakan bagi tujuan pemuliharaan kepelbagaian biologi, serta membantu dalam pemilihan kawasan berpotensi untuk diwartakan sebagai kawasan perlindungan marin. Dengan ini, pihak kerajaan dapat memenuhi komitmen negara terhadap Konvensyen Kepelbagaian Biologi (Foley et al., 2010; Copeland et al., 2013), pengurusan kawasan perikanan dan perancangan pembangunan kawasan pantai (Edinger & Risk, 2000).

5.2 OBJEKTIF

Tujuan kajian ini dijalankan adalah untuk mendapat dan menentukan:

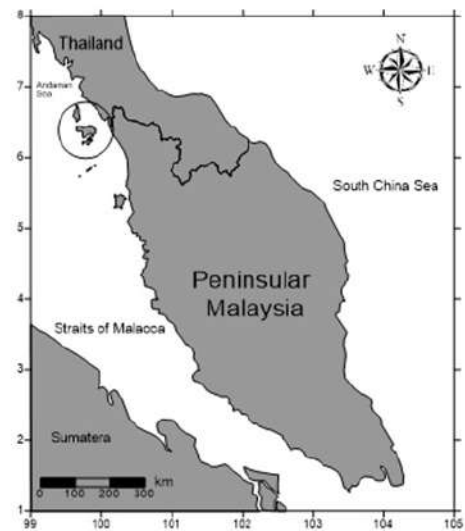
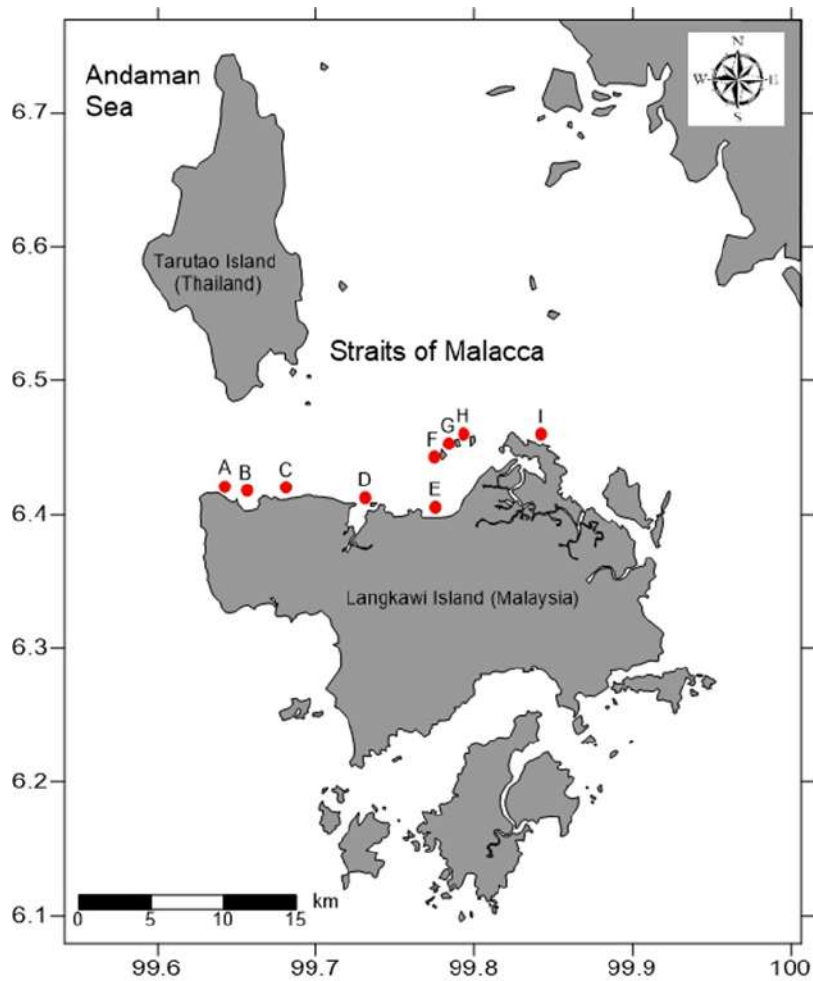
- i. profil kedalaman untuk menentukan dinamik ekologi bagi kawasan kajian.
- ii. komposisi jenis substrat di utara Pulau Langkawi.
- iii. maklumat awal berkenaan kadar keluasan karang di kawasan kajian untuk pertimbangan Jabatan bagi pewartaan sebagai MPA.

5.3 KAEDAH KAJIAN

5.3.1 Kawasan Kajian

Kawasan kajian terletak di Utara Pulau Langkawi (**Rajah 1**), yang mana kebanyakan koloni karangnya hidup di dalam air yang keruh. Kawasan kajian ini terdiri daripada sembilan kawasan, iaitu (i) Teluk Tanjung Tembun, (ii) Teluk Datai, (iii) Teluk Sungai Langgara, (iv) Pulau Jemuruk, (v) Teluk Yu, (vi) Pulau Dangli, (vii) Pulau Gasing, (viii) Pulau Pasir; dan (ix) Teluk Pasir Panjang. Kawasan ini terletak kira-kira 30 km ke barat hujung utara Semenanjung Malaysia di sempadan antara Malaysia dan Thailand.

Terumbu karang di sini sangat terdedah kepada kemungkinan perubahan iklim yang drastik dari Laut Andaman dan Lautan Hindi. Selanjutnya, landskap semula jadi utara Langkawi adalah gabungan bukit-bukit hutan hujan yang kaya dengan tumbuh-tumbuhan dan beberapa batuan yang agak tandus. Geopark mempunyai jujukan sedimen Palaeozoik yang paling terdedah dan paling lengkap di Malaysia, dari zaman Kambrium hingga Permian. Taman Geoforest Kambrium Machinchang dan Taman Geoforest Kilim Karst merupakan beberapa taman rimba-geo yang memelihara geodiversiti dan biodiversiti di habitat yang pelbagai di kawasan kajian.

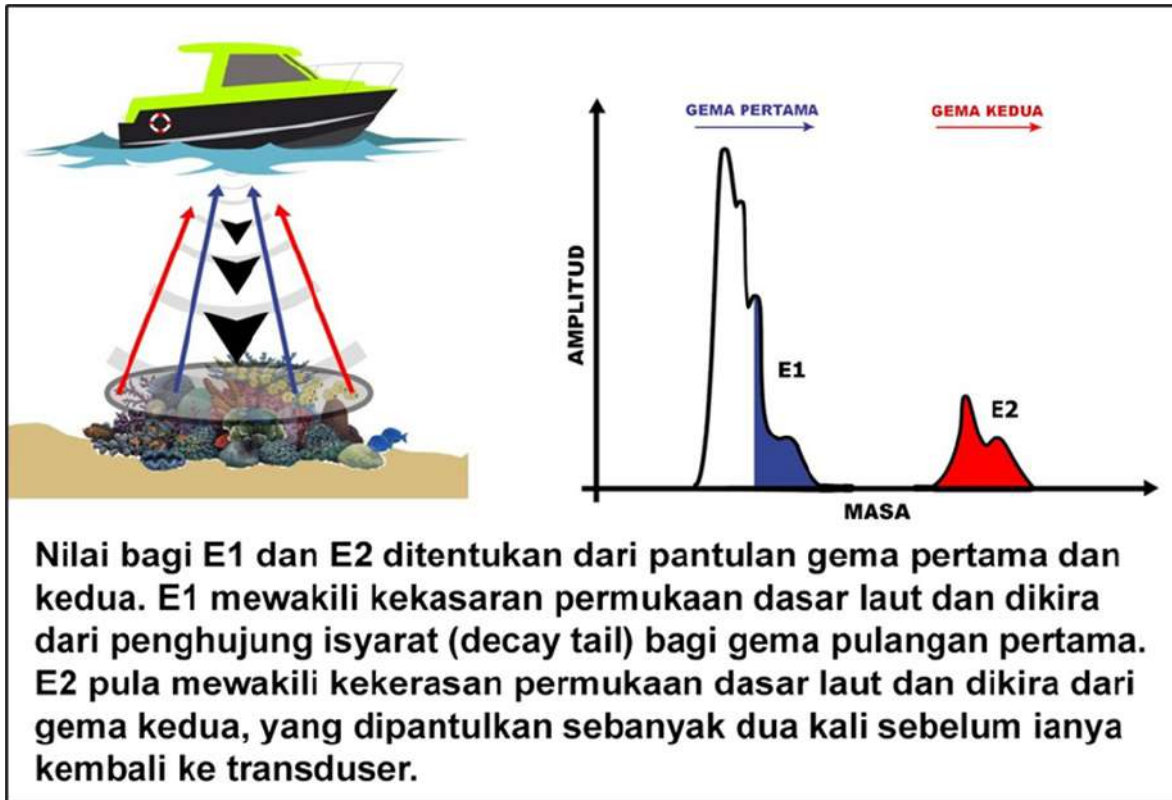


Rajah 1: Kawasan kajian yang merangkumi A: Teluk Tanjung Tembun, B: Teluk Datai, C: Teluk Sungai Langgara, D: Pulau Jemuruk, E: Teluk Yu, F: Pulau Dangli, G: Pulau Gasing, H: Pulau Pasir dan I: Teluk Pasir Panjang.

5.3.2 Penilaian Permukaan Dasar Laut Melalui Pendekatan Akustik

Kajian ini menggunakan sistem diskriminasi dasar akustik (Acoustic Ground Discrimination System - AGDS), iaitu sejenis alat penderiaan jauh (hidroakustik) yang menghantar dan menerima gelombang akustik berfrekuensi tinggi bagi tujuan pemetaan habitat marin. Menurut Foster-Smith dan Sotheran (2003), sistem ini beroperasi berdasarkan pemerum gema (echosounder) pancaran tunggal, yang mengintegrasikan komponen gema atau gelombang yang kembali setelah dipantulkan untuk memberi maklumat terperinci tentang ciri-ciri dasar laut. Selain ciri-ciri kedalaman laut, kekasaran (E1) dan kekerasan (E2) struktur dasar laut juga boleh diukur dengan menggunakan sistem ini. Isyarat bagi E1 dan E2 masing-masing diperolehi daripada penghujung (ekor) gema pertama dan keseluruhan gema kedua. White et al. (2003) menyatakan bahawa gema kedua merujuk kepada gema yang dipantulkan sebanyak dua kali sebelum ia kembali ke transduser seperti dalam **Rajah 2**. Pemprosesan data asas dan pengelasan habitat sangat bergantung kepada kekuatan gema atau gelombang yang telah kembali (E2). Ketepatan maklumat mengenai habitat dasar laut adalah tertakluk kepada keadaan atau ciri-ciri dasar laut semasa proses pencerapan dijalankan.

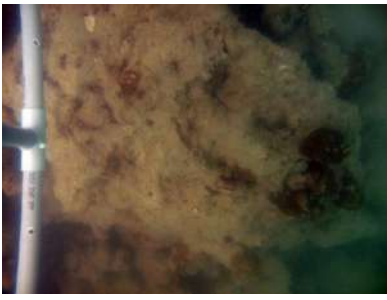
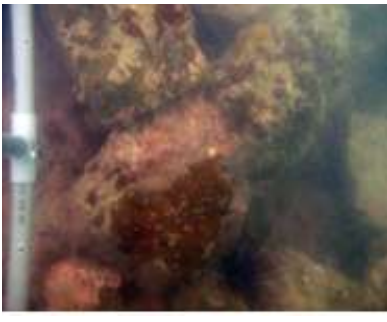
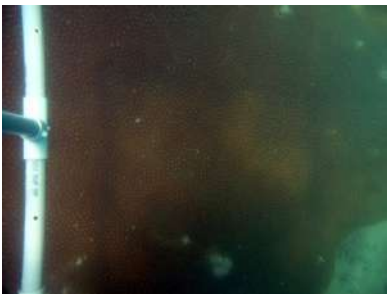

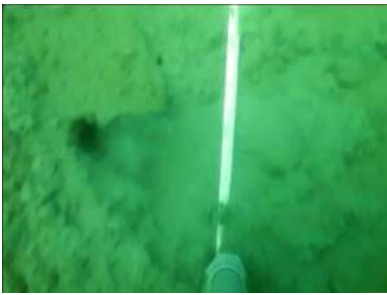
Aktiviti pencerapan data hidroakustik dijalankan untuk semua sembilan lokasi persampelan mengikut transek yang telah ditetapkan. Latitud dan longitud direkodkan dengan menggunakan alat DGPS sepanjang aktiviti pencerapan bagi mendapatkan koordinat yang tepat semasa proses pemetaan dijalankan. Bagi perairan di sekitar pulau-pulau yang lebih kecil (Pulau Dangli, Pulau Gasing dan Pulau Pasir), pencerapan data dilakukan dengan mengelilingi pulau dalam beberapa pusingan dengan garisan pencerapan antara 5 hingga 10 meter. Semasa aktiviti cerapan, isyarat yang terhasil (koordinat dan kedalaman; E1 dan E2) dipantau dan kawasan tinjauan yang unik (dengan nilai E1 dan E2 yang tinggi serta kedalaman yang berubah-ubah) diperhatikan, bersama-sama sebarang titik data yang mungkin meragukan. Kesemua data yang dikumpulkan dalam bentuk Kod Standard Amerika untuk Pertukaran Maklumat (American Standard Code for Information Interchange - ASCII) dianalisis menggunakan perisian Surfer versi 13.0 bagi menghasilkan peta tematik.



Rajah 2: Pembolehubah-pembolehubah akustik yang dicatat oleh sistem diskriminasi dasar akustik RoxAnn (Hume et al., 2005).

Pantulan gelombang bunyi yang dihasilkan oleh RoxAnn AGDS akan menghasilkan nilai E1 dan E2 yang berbeza, bergantung kepada jenis substrat. Sebagai contoh, substrat yang terdiri daripada batu dan kerikil akan menghasilkan nilai-nilai E1 dan E2 yang tinggi. Substrat berlumpur pula menyerap bunyi dari transduser dan oleh itu, ia akan mempunyai nilai kekerasan (E2) dan kekasaran (E1) yang sangat rendah disebabkan oleh sifatnya yang datar. Substrat karang pula mempunyai nilai kekasaran (E1) dan kekerasan (E2) yang tersendiri. Lima jenis pengelasan telah dibuat berdasarkan nilai E1 dan E2 seperti mana di **Jadual 1**. Sebelum aktiviti pencerapan data dasar laut dijalankan, peralatan telah kalibrasi dengan nilai E1 dan E2 daripada nilai piawai.

Jadual 1: Substrat laut yang dikenal pasti dan dikalibrasi sebelum aktiviti cerapan.

JENIS SUBSTRAT		Nilai E1	Nilai E2
Hidupan pada permukaan kasar dan karang mati beralga		1.115 – 2.837	0.067 – 2.347
Batuan dasar		1.091 – 3.187	0.926 – 2.969
Karang hidup		0.015 – 1.209	0.067 – 0.928
Pasir		0.014 – 2.101	0.068 – 2.848
Kelodak berpasir dan tanah liat		0.002 – 0.616	0.057 – 0.432

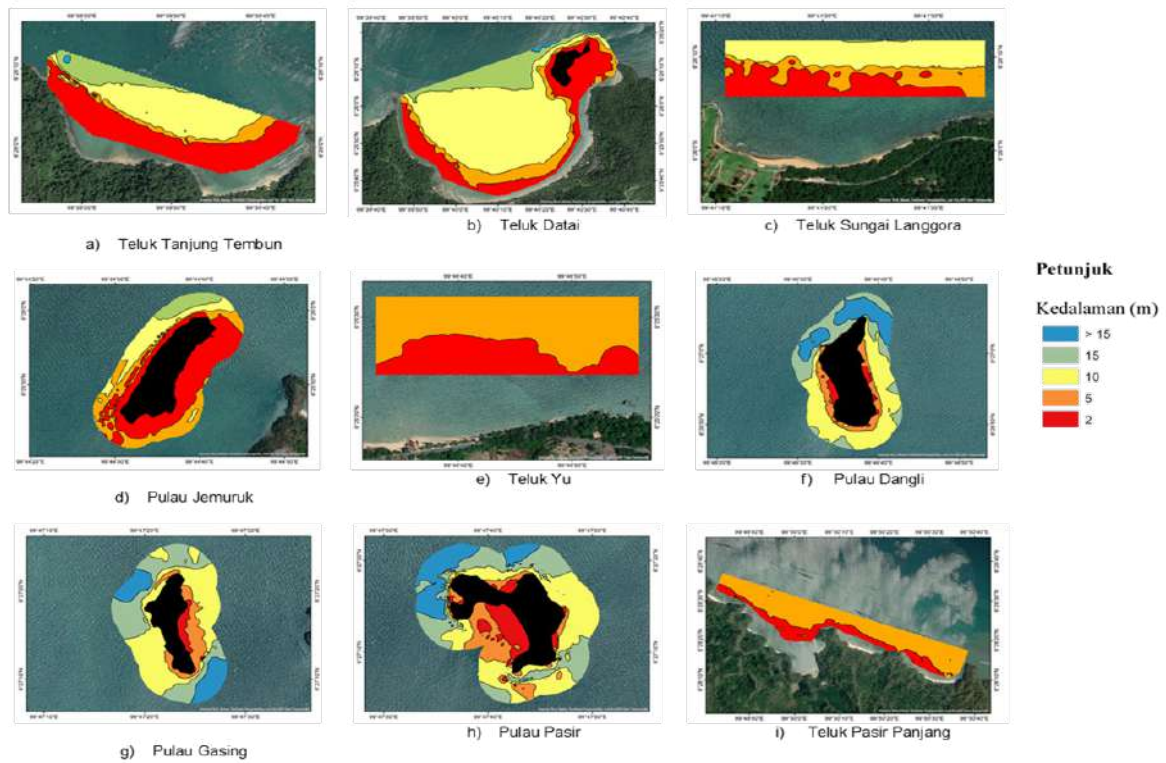
5.3.3 Pemrosesan Pasca bagi Data AGDS Roxann

Setiap data diklasifikasikan mengikut ciri-ciri substrat dengan memplot graf E2 melawan E1. Ketepatan dalam pengelasan data dapat ditentukan melalui pemerhatian corak data. Ini adalah penting bagi kejituan dalam pemetaan menggunakan AGDS. Ia dipanggil pengelasan yang tidak berselia (un-supervise classification). Kaedah yang digunakan adalah membezakan kawasan berdasarkan isyarat pantulan akustik dan menghalang untuk mengelak dari kawasan-kawasan yang terbatas dengan “set-kotak” yang ditentukan pengguna. Selepas itu, data E1, E2 dan profil kedalaman dipindahkan ke perisian Surfer untuk dibuat pengelasan berselia (supervise classification) dengan menggunakan kaedah Krigging, manakala pemetaan interpolasi tematik menggunakan kaedah Jiran Terdekat (nearest neighbour). Bagi tujuan kawalan kualiti, data dengan nilai-nilai yang tidak tepat seperti yang tidak mempunyai rekod kedalaman, kedudukan dan ciri-ciri substrat akan dikeluarkan.

5.4 KEPUTUSAN

5.4.1 Profil Kedalaman

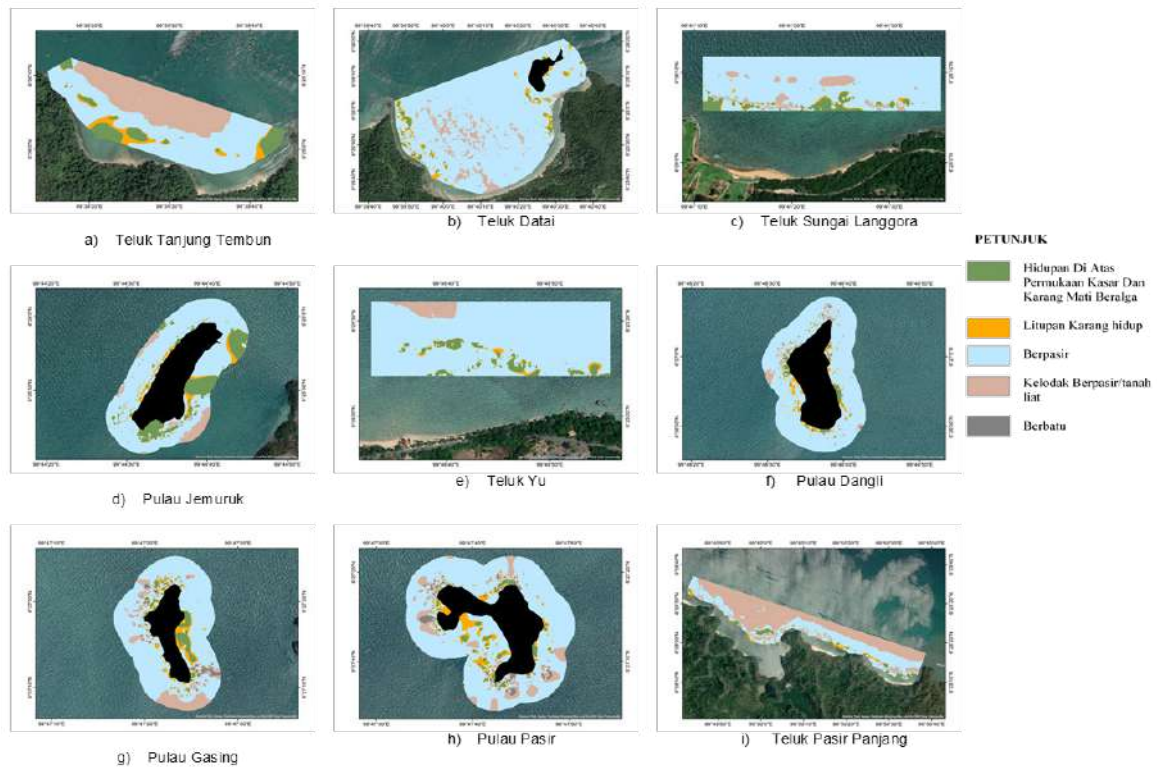
Data profil kedalaman (**Rajah 3**) menunjukkan profil kedalaman di kawasan kajian. Ia ber julat antara 2 meter sehingga melebihi 15 meter kedalaman yang membentuk ciri-ciri habitat dan mempengaruhi taburan hidupan marin. Teluk Sungai Langgora, Teluk Yu dan Teluk Pasir Panjang mempunyai kedalaman antara 2 hingga 5 meter manakala julat kedalaman di Pulau Jemuruk antara 2 hingga 15 meter. Kawasan kajian lain seperti Teluk Tanjung Tembun, Teluk Datai, Pulau Dangli, Pulau Gasing dan Pulau Pasir mempunyai julat kedalaman antara 2 hingga melebihi 15 meter. Kedalaman tertinggi direkodkan di Pulau Pasir iaitu 23.2 meter.



Rajah 3: Profil kedalaman bagi setiap kawasan kajian.

5.4.2 Komposisi Substrat Dasar Laut

Rajah 4 menunjukkan peta tematik berkenaan komposisi substrat di kawasan kajian yang telah dikelaskan kepada kawasan (i) Hidupan di atas Permukaan Kasar dan Karang Mati Beralga, (ii) Litupan Karang Hidup, (iii) Berpasir, (iv) Kelodak Berpasir/Tanah Liat; dan (v) Berbatu. Jenis substrat yang paling dominan untuk semua kawasan kajian adalah pasir dan kelodak. Substrat jenis hidupan di atas permukaan kasar dan karang mati beralga dan karang juga direkodkan di kesemua lokasi kajian tetapi masing-masing dalam taburan yang sederhana dan sedikit. Pulau Pasir mencatatkan litupan karang tertinggi dengan keluasan 10,456.99 m². Substrat jenis berbatu pula hanya direkodkan di Pulau Pasir dan Pulau Gasing berbanding kawasan kajian lain yang tiada substrat berbatu.



Rajah 4: Peta tematik substrat dasar laut bagi setiap kawasan kajian.

5.5 PERBINCANGAN

Pada masa kini, sebahagian besar sumber hidupan marin terutamanya terumbu karang berada dalam keadaan kritikal dan berkemungkinan akan mengalami kepupusan pada masa akan datang (Wilkinson, 2008). Kejadian ini disebabkan peningkatan aktiviti pemusnahan dan ancaman besar seperti penangkapan ikan secara berlebihan (Jackson et al., 2001), penggunaan peralatan menangkap ikan yang kurang mesra sumber (Mangi & Roberts, 2006; Cinner, 2009), pembangunan pesisir pantai yang tidak lestari (Lockwood & Maslo, 2014), larian air pertanian (Burke et al., 2011); dan kadar pendedapan yang tinggi (Fabricius & De'ath, 2004).

Kepelbagaian diversiti yang rendah di kawasan kajian berkemungkinan disebabkan oleh kualiti air yang lemah di zon pesisir pantai yang berhampiran. Untuk makluman, secara purata kawasan terumbu karang di Pulau Dangli terletak dalam lingkungan kedalaman 2-5 meter sahaja; namun begitu terdapat kekurangan struktur terumbu dalam lingkungan kedalaman ini. Menurut Morgan et al. (2016) pada kedalaman antara 1-5 meter, ia sering dicirikan mempunyai satu set kepelbagaian diversiti karang yang tinggi. Selain itu, menurut Fabricius (2005), terumbu karang ini juga dapat dicirikan daripada tahap pendedapan yang boleh mengurangkan juga kepelbagaian karang di kawasan ini. Kadar pendedapan yang tinggi telah

menyebabkan masalah pengelodakan yang serius di beberapa muara sungai dan pulau-pulau yang berada di sepanjang pantai barat Semenanjung Malaysia (Chua, 2002). Peningkatan kadar pemendapan disebabkan proses larian air hujan ketika musim monsun yang menyebabkan tekanan berpanjangan ke atas komuniti karang dan mengakibatkan kadar kemerosotan karang meningkat (Erftemeijer et al., 2012).

Beberapa taksa karang akan kurang berdaya tahan bagi beradaptasi dengan sedimen dan persaingan alga menyebabkan kepelbagaian karang menjadi merosot (De'ath & Fabricius, 2010). Menurut Jonsson (2003), keadaan air di sekitar kawasan kajian mempunyai kadar ketampakan yang sangat rendah dengan sedimentasi yang tinggi. Keadaan ini adalah normal bagi pulau-pulau yang terletak di Selat Melaka. Ini disokong oleh kajian yang dijalankan oleh Lee dan Mohamed (2009) mengenai kadar sedimentasi di Kepulauan Pulau Langkawi dengan nilai 49.92 mg/cm²/hari dan 6.64 mg/cm²/hari untuk Telok Yu dan Teluk Datai.

Sementara itu, menurut Abdullah et al. (2011) kadar pemendapan biasanya lebih rendah semasa musim Monsun Timur Laut berbanding Monsun Barat Daya di bahagian utara Kepulauan Langkawi. Ini kerana sedimen boleh menghalang sinar matahari yang diperlukan untuk proses fotosintesis dan untuk membekalkan nutrien kepada alga yang bersimbiosis dengan karang (Larcombe & Woolfe, 1999). Selain itu, sedimen yang kaya nutrien dapat membinasakan karang dengan peningkatan aktiviti mikrob dan mewujudkan keadaan anoksik (Weber et al., 2006).

Proses sedimentasi mengakibatkan peningkatan kekeruhan, yang seterusnya mengurangkan penembusan cahaya melalui kolom air. Akibatnya, cahaya yang kurang dapat mencapai zooxantela yang hidup secara simbiotik dengan karang. Tambahan pula, kadar pemendapan yang tinggi dari sungai yang berdekatan biasanya dikaitkan dengan kemasukan nutrien yang tinggi yang boleh menyebabkan peningkatan proses eutrofikasi bio-jisim alga pada terumbu (De'ath et al., 2012).

Daripada pemerhatian kawasan kajian, Teluk Sungai Langgora merekodkan jumlah litupan karang yang sedikit berbanding kawasan kajian lain. Ini kerana lokasi kajian berhampiran dengan kawasan padang golf yang berkemungkinan menjadi punca utama kemerosotan terumbu karang di kawasan ini. Selain itu, pengurangan kepelbagaian terumbu karang juga disebabkan pencemaran dari kawasan terrestrial dan peningkatan pencemaran daripada sisa domestik yang sering dikaitkan dengan peningkatan aktiviti pelancongan harus dianggap sebagai menyumbang kepada kemerosotan ekosistem terumbu karang (Hasler & Ott, 2008; Lamb et al., 2014).

Menurut Alias dan Mohd-Saupi (2000), amalan penangkapan ikan yang kurang mesra sumber juga akan memusnahkan struktur terumbu dan mengurangkan biojisim ikan dan secara tidak langsung; ia akan mengganggu keseimbangan ekosistem terumbu karang. Di samping itu, ancaman perubahan iklim global telah mula memperhebat ancaman-ancaman tempatan ini dalam pelbagai cara. Peningkatan suhu permukaan laut telah menyebabkan kerosakan terumbu karang yang meluas. Tambahan pula, peningkatan suhu permukaan laut di luar keadaan normal akan mencetuskan tekanan terhadap ekosistem terumbu karang dan akhirnya akan menyebabkan pelunturan karang (Donner et al., 2005; De'ath et al., 2012).

Semasa fenomena ini, karang akan kehilangan simbiotik mikroalga mereka, dan ini akan mendedahkan kerangka putih, sehingga menjadikan ia terdedah kepada penyakit dan akhirnya kematian. Malangnya, fenomena ini dijangka meningkat dalam dekad yang akan datang (Tun et al., 2010; Praveena et al., 2012).

Profil kedalaman laut menyediakan kepelbagaian habitat kepada hidupan marin. Pada kebiasaannya, kawasan perairan cetek sepanjang pesisir pantai, terutamanya di Pantai Barat Semenanjung Malaysia didominasi substrat jenis pasir dan selut/tanah liat. Kepelbagaian profil kedalaman ini menyediakan habitat untuk spesies marin yang beradaptasi dengan substrat dan kedalaman yang sesuai. Pemahaman tentang profil kedalaman dan substrat adalah penting untuk pengurusan dan pemuliharaan ekosistem marin yang efektif (Yeh & Drazen, 2009).

Hasil pemetaan yang telah dijalankan, didapati terumbu karang di kawasan kajian tertumpu pada julat kedalaman antara 2 hingga 5 meter. Ini mungkin disebabkan kadar kejernihan air laut berada pada tahap rendah akibat kadar sedimentasi yang tinggi. Menurut Zweifler et al. (2021), pertumbuhan terumbu di perairan yang keruh, tindak balas komuniti karang terhadap pertambahan sedimen dan impak perubahan iklim akan mempengaruhi perkembangan terumbu karang. Pengaliran masuk sedimen ke laut akan menghadkan kadar penembusan cahaya matahari. Ini secara tidak langsung akan memberi ancaman kepada organisma benthik yang memerlukan cahaya untuk proses fotosintesis seperti terumbu karang dan rumput laut (Jones et al., 2021).

Peningkatan sedimen di Pulau Langkawi disebabkan proses semula jadi dan aktiviti antropogenik seperti pengindustrian dan urbanisasi. Aktiviti seperti pembinaan, pertanian dan pelancongan menyumbang kepada beban sedimen yang lebih tinggi memasuki perairan pesisir yang memberi kesan buruk kepada terumbu karang dan habitat marin yang lain (Miskon et al., 2012; Mokhtar et al., 2019). Menurut Lim et al. (2009), sedimen yang tinggi boleh menyebabkan penurunan penembusan cahaya di dalam air yang membahayakan terumbu karang dan organisma fotosintetik lain. Ini boleh mengakibatkan tekanan kepada karang dan

kadar pertumbuhan yang rendah, seterusnya menjejaskan kepelbagaian biologi ekosistem marin.

Kajian yang telah dijalankan oleh Jonsson (2003) mendapati sedimen memberi kesan yang ketara terhadap terumbu karang di Pulau Langkawi. Terumbu karang yang berhampiran dengan kawasan yang terdapat aktiviti pembangunan, khususnya Pulau Rebak Besar menunjukkan tahap gangguan dan kematian karang tertinggi. Sebaliknya, Pulau Singa Besar dikenal pasti sebagai tapak yang paling kurang terganggu, manakala Teluk Datai menunjukkan tahap gangguan yang sederhana. Walaupun terdapat gangguan sedimentasi, kepelbagaian karang secara keseluruhan tidak terjejas teruk. Terumbu air keruh (turbid reef) boleh diklasifikasikan berdasarkan rejim kekeruhan mereka (berterusan, turun naik atau peralihan) dan sumber input sedimen (semula jadi atau antropogenik). Di rantau Indo-Pasifik, sumber antropogenik seperti perubahan penggunaan tanah (49%) dan pengerukan (7%) adalah penyumbang utama kepada kekeruhan (Zweifler et al., 2021).

Pulau Pasir mempunyai litupan karang hidup yang lebih tinggi berbanding kawasan persampelan lain mungkin kerana ia mempunyai teluk yang besar di bahagian barat pulau berkenaan. Teluk ini menyediakan kawasan yang terlindung daripada ancaman seperti pengaruh ombak dan arus kuat serta kadar sedimentasi tinggi, yang menyokong kepada pertumbuhan karang. Menurut Lange et al. (2021) terumbu karang yang terlindung daripada tindakan ombak membolehkan pertumbuhan kepelbagaian karang yang lebih besar dan berdaya tahan.

Kawasan terlindung adalah penting untuk pembangunan terumbu karang kerana ia menyediakan persekitaran yang lebih stabil dengan tekanan fizikal yang lebih rendah daripada ombak. Kestabilan ini membolehkan kepelbagaian karang yang lebih tinggi dan kadar kelangsungan hidup yang lebih baik bagi karang juvana, serta menyumbang kepada kesihatan keseluruhan ekosistem terumbu (Kerry & Bellwood, 2012; Lange et al., 2021).

Terumbu air keruh di utara Pulau Langkawi adalah ekosistem unik dan kurang dikaji yang memainkan peranan penting dalam mengekalkan kepelbagaian biologi dan keseimbangan ekologi di kawasan pesisir. Kajian telah menunjukkan bahawa terumbu air keruh dapat mengurangkan kelunturan karang akibat pemanasan global. Analisis global ke atas 3,694 tapak pemantauan kesihatan karang mendapati tahap keruh yang lebih tinggi mengurangkan keterukan kelunturan karang semasa kejadian tekanan terma (Sully & Woesik, 2020). Kajian di Singapura mendapati terumbu air keruh dapat menyokong komuniti karang yang pelbagai. Terdapat 82 spesies karang berzooxantela, termasuk 33 rekod baharu. Namun, urbanisasi pesisir telah menyebabkan kehilangan yang ketara bagi karang Pocilloporidae di kawasan ini (Zweifler et al., 2021).

Walaupun mempunyai kepentingan, terumbu keruh menghadapi ancaman daripada pembangunan pesisir pantai, pengerosan dan perubahan iklim. Strategi pengurusan yang berkesan diperlukan untuk memastikan kelangsungan hidup jangka panjang mereka. Melindungi terumbu keruh adalah penting untuk mengekalkan kepelbagaian biologi, keseimbangan ekologi dan potensi untuk penemuan perubatan masa depan (Sully & Woesik, 2020; Zweifler et al., 2021).

5.6 KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, kini dengan kurangnya kawalan ke atas pencerobohan penangkapan ikan, amalan pengurusan tanah yang kurang mapan dan kurang kesedaran komuniti setempat terhadap kepentingan ekosistem terumbu karang di Pulau Langkawi telah menjadi kebimbangan jangka panjang kepada kerajaan tempatan. Raymundo et al. (2005) menyatakan bahawa, kepelbagaian karang yang rendah tidak bermaksud keadaan terumbu sesuatu kawasan adalah teruk tetapi ia menjurus kepada ketahanan yang lebih rendah. Namun terdapat bukti yang menunjukkan beberapa spesies yang toleran dan beradaptasi bagi mengekalkan daya tahan karang terhadap kesan antropogenik dan perubahan global, serta menunjukkan ia memerlukan penyelidikan lebih lanjut.

5.7 RUJUKAN

- Abdullah, A.L., Yasin, Z., Shutes, B.R., Fitzsimons, M. 2011. Sediment fallout rates in Tanjung Rhu coral reefs. *Kajian Malaysia*, 29(2): 1-30.
- Alias, M. & Mohd-Saupi, I. 2000. Fisheries status and trends of key fisheries species of Pulau Payar waters. ms.4-17. Dlm: Ahyudin, A., Md-Akhir, A., Zaidnuddin, I. & Shahrul-Anuar, M.S. (eds). *Proceedings of National Symposium on Pulau Payar Marine Park*. Fisheries Research Institute, Penang. hlm. 218.
- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M. & Perry, A. 2011. Reefs at risk revisited. World Resources Institute, USA. hlm. 113.
- Chua, T.E. 2002. Creating a shared vision for environmental management in the Straits of Malacca. *Tropical Marine Environment: Charting Strategies for the Millennium*.
- Cinner, J.E. 2009. Poverty and the use of destructive fishing gear near east African marine protected areas. *Environmental Conservation*, 36(04): 321–326.
- Copeland, A., Edinger, E., Devillers, R., Bell, T., LeBlanc, P. & Wroblewski, J. 2013. Marine habitat mapping in support of Marine Protected Area management in a subarctic fjord: Gilbert

- Bay, Labrador, Canada. *Journal of Coastal Conservation*, 17(2): 225–237. <https://doi.org/10.1007/s11852-011-0172-1>
- De'ath, G. & Fabricius, K.E. 2010. Water quality as a regional driver of coral biodiversity and macroalgae on the Great Barrier Reef. *Ecological Applications*, 20(3): 840–850.
- De'ath, G., Fabricius, K.E., Sweatman, H. & Puotinen, M. 2012. The 27-year decline of coral cover on the Great Barrier Reef and its causes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(44): 17995–17999. <https://doi.org/10.1073/pnas.1208909109>
- Donner, S.D., Skirving, W.J., Little, C.M., Oppenheimer, M. & Hoegh-Gulberg, O. 2005. Global assessment of coral bleaching and required rates of adaptation under climate change. *Global Change Biology*, 11(12): 2251–2265. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01073.x>
- Edinger, E.N. & Risk, M.J. 2000. Reef classification by coral morphology predicts coral reef conservation value. *Biological Conservation*, 92(1): 1–13.
- Erftemeijer, P.L.A., Riegl, B., Hoeksema, B.W. & Todd, P.A. 2012. Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 64(9): 1737–1765.
- Fabricius, K.E. 2005. Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: Review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 50(2): 125–146. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.11.028>
- Fabricius, K.E. & De'ath, G. 2004. Identifying ecological change and its causes: a case study on coral reefs. *Ecological Applications*, 14(5): 1448–1465.
- Foley, M.M., Halpern, B.S., Micheli, F., Armsby, M.H., Caldwell, M.R., Crain, C.M., Prahler, E., Rohr, N., Sivas, D., Beck, M.W., et al. 2010. Guiding ecological principles for marine spatial planning. *Marine Policy*, 34(5), 955–966.
- Foster, G., Gleason, A., Costa, B., Battista, T. & Taylor, C. 2013. Acoustic applications. In: Goodman, J., Purkis, S. & Phinn, S. (eds) *Coral Reef Remote Sensing*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9292-2_9
- Foster-Smith, R.L. & Sotheran, I. S. 2003. Mapping marine benthic biotopes using acoustic ground discrimination systems. *International Journal of Remote Sensing*, 24(13): 2761–2784.
- Gleason, A.C.R., Reid, R.P. & Kellison, G.T. 2008. Single-beam acoustic remote sensing for coral reef mapping. *Proceedings of the 11th. International Coral Reef Symposium*, Ft. Lauderdale, Florida. hlm. 7–11.
- Hasler, H. & Ott, J.A. 2008. Diving down the reefs? Intensive diving tourism threatens the reefs of the northern Red Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 56(10): 1788–1794. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.06.002>
- Hume, D., Gunnartz, U., Daw, T., Badjeck, M.C., Hunt, A., Velterop, R., Broadhurst, P., Zapata,

- Y. & Segura, A. 2005. Reef map Nicaragua 2003: Corn Islands and Pearl Cays project report. Tropical Coastal Management programme, University of Newcastle.
- Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughes, T.P., Kidwell, S., Lange, C.B., Lenihan, H.S., Pandolfi, J.M., Peterson, C.H., Steneck, R.S., Tegner, M.J. & Warner, R. R. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293(5530): 629–637. <https://doi.org/10.1126/science.1059199>
- Jones, R., Pineda, M., Luter, H.M., Fisher, R., Francis, D., Klonowski, W. & Slivkoff, M. 2021. Underwater light characteristics of turbid coral reefs of the inner central Great Barrier Reef. *Frontiers in Marine Science*, 8: 727206.
- Jonsson, D. 2003. An inventory of coral reefs in Langkawi Archipelago, Malaysia – Assessment and impact study of sedimentation. Uppsala University, Sweden.
- Kerry, J.T. & Bellwood, D.R. 2012. The effect of coral morphology on shelter selection by coral reef fishes. *Coral Reefs* 31: 415–424. <https://doi.org/10.1007/s00338-011-0859-7>
- Lamb, J.B., True, J.D., Piyomvaragorn, S. & Willis, B.L. 2014. Scuba diving damage and intensity of tourist activities increases coral disease prevalence. *Biological Conservation*, 178: 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.06.027>
- Lange, I.D., Benkwitt, C.E., McDevitt-Irwin, J.M. et al. 2021. Wave exposure shapes reef community composition and recovery trajectories at a remote coral atoll. *Coral Reefs* 40: 1819–1829. <https://doi.org/10.1007/s00338-021-02184-w>
- Larcombe, P. & Woolfe, K.J. 1999. Increased sediment supply to the Great Barrier Reef will not increase sediment accumulation at most coral reefs. *Coral Reefs*, 18(2): 163–169.
- Lee, J.N. & Mohamed, C.A.R. 2009. Trace metal contents in the *Porites* corals of Peninsular Malaysia. 3(1): 85–94.
- Lim, H.S., MatJafri, M.Z., Abdullah, K. & Wong, C.J. 2009. Total suspended solids (TSS) mapping using ALOS imagery over Penang Island, Malaysia,” 6th. International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization, Tianjin, China. hlm. 503-509. <https://doi.org/10.1109/CGIV.2009.39>
- Lockwood, J.L. & Maslo, B. 2014. The conservation of coastal biodiversity. *Coastal Conservation*, 1–10.
- Mangi, S.C. & Roberts, C.M. 2006. Quantifying the environmental impacts of artisanal fishing gear on Kenya’s coral reef ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 52(12): 1646–1660.
- Miskon, F., John, A., Yunus, K., Jalal, K.C.A., Saad, S., Faudzi, F., Zahir, M.S. & Aznida, A. 2012. The Distribution of selected metals in the surface sediment of Langkawi coast, Malaysia. *Oriental Journal of Chemistry*, 28: 725-732. <https://doi.org/10.13005/ojc/280211>
- Mokhtar, M., Tajam, J. & Wagiman, S. 2019. Determination of the sediment contamination level in Dangli waters of Langkawi UNESCO Global Geopark, Kedah, Malaysia. *Sains Malaysiana*, 48: 45-59. <https://doi.org/10.17576/jsm-2019-4801-06>.

- Morgan, K.M., Perry, C.T., Smithers, S.G., Johnson, J.A. & Daniell, J.J. 2016. Evidence of extensive reef development and high coral cover in nearshore environments: implications for understanding coral adaptation in turbid settings. *Scientific Reports*, 6: 29616.
- Praveena, S.M., Siraj, S.S., & Aris, A.Z. 2012. Coral reefs studies and threats in Malaysia : a mini review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 11: 27–39. <https://doi.org/10.1007/s11157-011-9261-8>
- Raymundo, L.J., Resell, K.B., Reboton, C.T. & Kaczmarzsky, L. 2005. Coral diseases on Philippine reefs: Genus *Porites* is a dominant host. *Diseases of Aquatic Organisms*, 64(3): 181–191. <https://doi.org/10.3354/dao064181>
- Sully, S. & Woessik R.v. 2020. Turbid reefs moderate coral bleaching under climate-related temperature stress. *Global Change Biology*, 26(3): 1367-1373. <https://doi.org/10.1111/gcb.14948>
- Tun, K., Chou, L.M., Low, J., Yeemin, T., Phongsuwan, N., Setiasih, N., Wilson, J., Amri, A.Y., Adzis, K.A.A., Lane, D. et al. 2010. Regional overview on the 2010 coral bleaching event in Southeast Asia. Dlm: Thamasak Yeemin (ed.) *Status of Coral Reefs in East Asian Seas Region: 2010*. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Center, Townsville, Australia.
- Weber, M., Lott, C. & Fabricius, K.E. 2006. Sedimentation stress in a scleractinian coral exposed to terrestrial and marine sediments with contrasting physical, organic and geochemical properties. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 336(1): 18–32. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2006.04.007>
- White, W.H., Harborne, A.R., Sotheran, I.S., Walton, R. & Foster-Smith, R.L. 2003. Using an Acoustic Ground Discrimination System to map coral reef benthic classes. *International Journal of Remote Sensing*, 24(13): 2641–2660. <https://doi.org/10.1080/0143116031000066981>
- Wilkinson, C. 2008. Status of coral reefs of the world: 2008. *Status of Coral Reefs of the World: 2008*, 5–19.
- Yeh, J. & Drazen, J.C. 2009. Depth zonation and bathymetric trends of deep-sea megafaunal scavengers of the Hawaiian Islands. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56(2): 251-266.
- Zweifler (Zvifler), A., O'Leary, M., Morgan, K. & Browne, N.K. 2021. Turbid coral reefs: Past, present and future - A review. *Diversity*, 13(6): 251. <https://doi.org/10.3390/d13060251>



Pantai Pulau Pasir

STATUS TUMBUHAN BAKAU DI UTARA LANGKAWI

KHAIRUL NAIM ABD AZIZ, SHARIR AIZAT KAMARUDDIN,
NADZIRAH JAMALUDDIN & SITI SYAFIQAH HASHIM

6 BAB

Tumbuhan bakau di Teluk Datai.

6.1 PENGENALAN

Hutan paya bakau boleh didapati di antara latitud 30° N sehingga 30° S, di kawasan pasang surut dan air payau yang melibatkan pencampuran air masin dan air tawar. Pokok bakau mempunyai kebolehan yang unik iaitu ia mampu hidup di kawasan marin yang ekstrem dengan tahap kemasinan dan suhu yang tinggi, pergerakan air yang dinamik serta di kawasan sedimen yang bersifat anoksik (Giri et al., 2011). Hutan paya bakau juga menawarkan khidmat ekosistem yang penting, yang mana ia bertindak sebagai benteng utama kawasan pesisir pantai daripada hakisan ombak dan ribut (Duke et al., 2007). Selain itu, hutan paya bakau juga merupakan habitat dan kawasan pembiakan bagi 20 jenis keluarga Felidae (kucing), 60 jenis keluarga Primate (monyet dan beruk) (Nowak, 2013), 200 jenis avifauna (burung) (Rajpar & Zakaria, 2014), reptilia, amphibia, ikan, kupu-kupu, dan kelip-kelip. Ia juga merupakan kawasan perlindungan hidupan unik dan terancam seperti buaya air masin, monyet belanda (*Nasalis larvatus*), lumba-lumba hidung botol (*Tursiops spp.*) (Teoh et al., 2023) dan ikan kerapu (Naha et al., 2016). Kepelbagaian spesies fauna yang berada di hutan paya bakau adalah disebabkan kualiti air yang baik, komposisi hutan dan kadar nutrien yang banyak yang berasal daripada penguraian bahan organik. Selain itu, kepelbagaian biodiversiti ini juga adalah kesan daripada struktur akar pokok paya bakau yang memberi ruang perlindungan kepada fauna daripada ancaman pemangsa, serta menjadikan hutan paya bakau sesuai sebagai kawasan pembiakan (Rajpar & Zakaria, 2014).

Namun, kebelakangan ini hutan paya bakau kian terancam bukan sahaja di Malaysia malah di peringkat global. Hal ini disebabkan tindak balas kepada kesan perubahan iklim dan perubahan guna tanah, yang mana kebanyakan kawasan paya bakau di Asia Tenggara digunakan untuk tujuan pembangunan ekonomi pesisir pantai seperti akuakultur, pelancongan dan perindustrian (Goldberg et al., 2020). Dengan berkurangnya kawasan hutan paya bakau ini, khidmat unik alam sekitar oleh hutan paya bakau ini semakin menurun dan memberikan impak negatif kepada hidupan yang bergantung kepada kawasan marin ini. Keterancamannya flora dan fauna di persekitaran berharga ini menimbulkan kebimbangan dari aspek keselamatan pesisir pantai dan ekonomi yang dijalankan di kawasan itu. Oleh itu, ia adalah penting dalam mengenal pasti status semasa bagi kawasan liputan hutan paya bakau bagi tujuan pemantauan dan pengurusan guna tanah serta pembangunan. Kajian ini bertujuan menilai liputan hutan paya bakau terkini di bahagian zon utara Pulau Langkawi dan mengenal pasti taburan spesies dominan pokok paya bakau di zon ini.

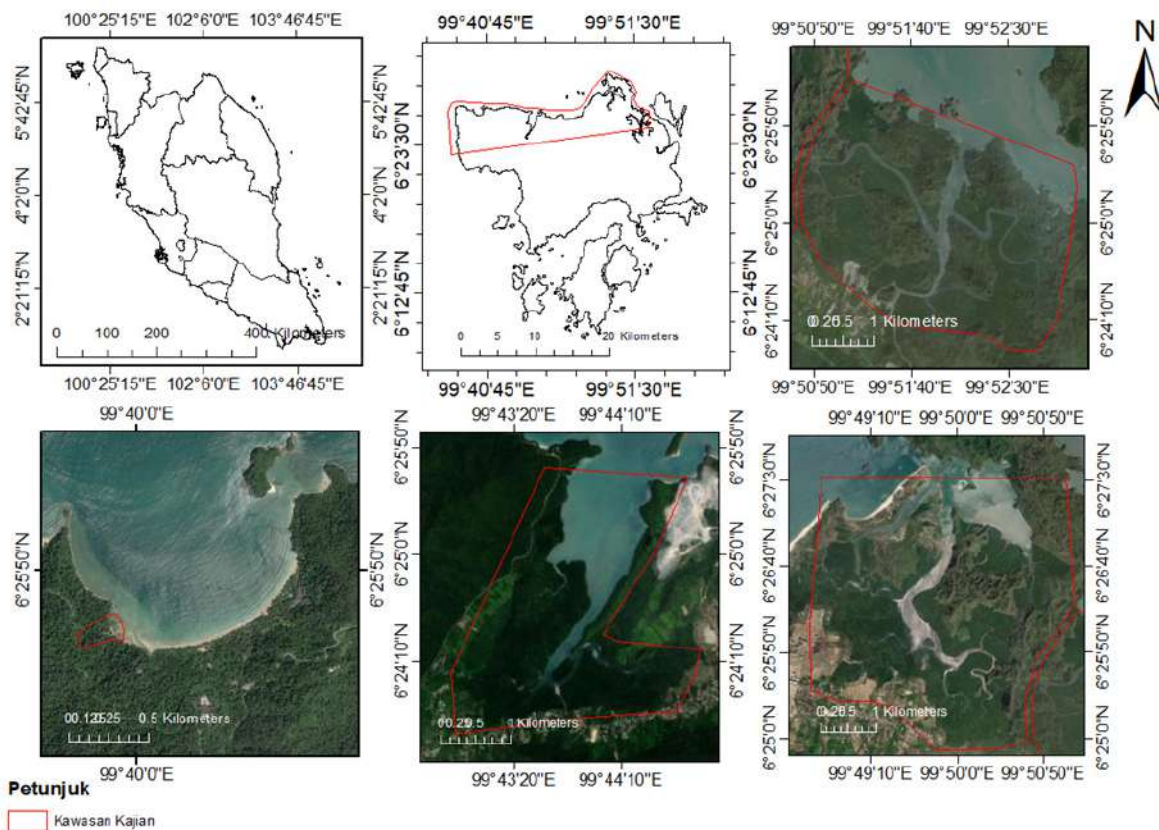
6.2 OBJEKTIF

Tujuan kajian ini dijalankan untuk mendapatkan maklumat berkenaan spesies dan keluasan hutan paya bakau di kawasan kajian dengan menggunakan kaedah penderiaan jauh dan aplikasi Sistem Maklumat Geografi (GIS).

6.3 KAEDAH KAJIAN

6.3.1 Liputan Hutan Paya Bakau

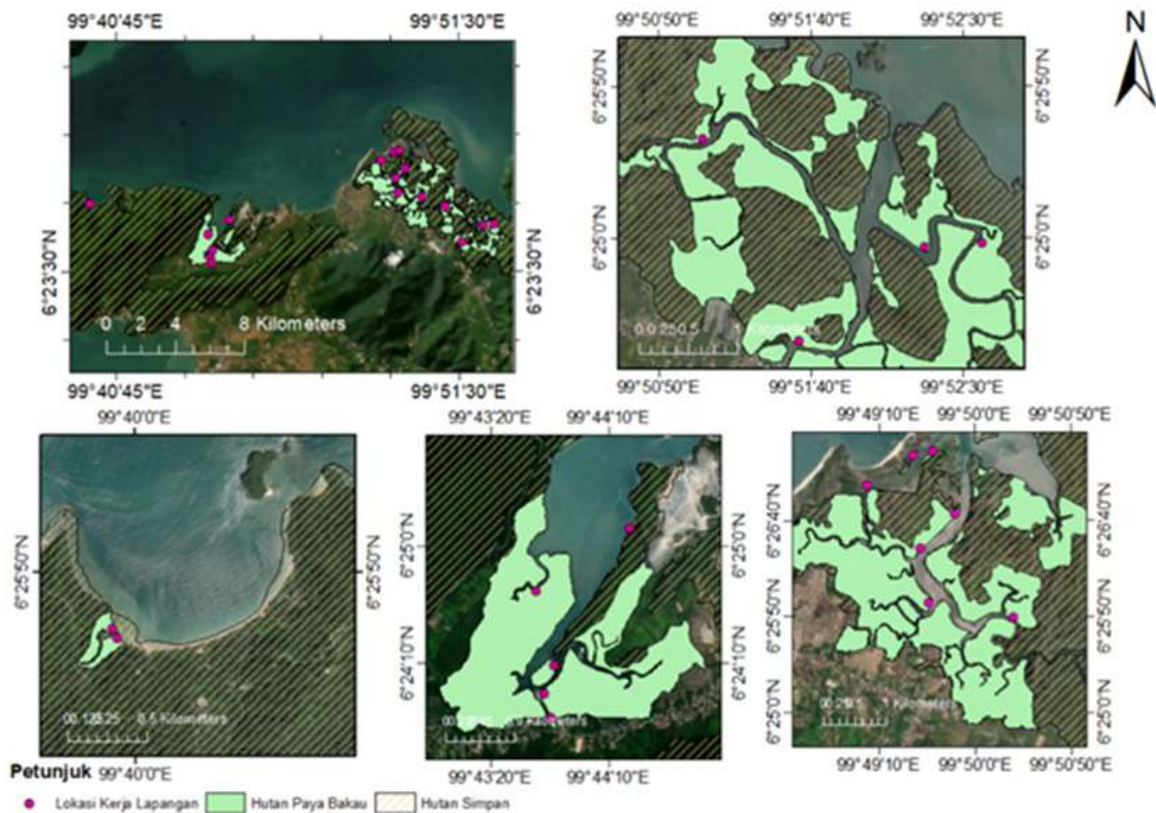
Kajian merangkumi empat kawasan hutan paya bakau di zon utara Pulau Langkawi iaitu hutan paya bakau Tanjung Rhu, hutan paya bakau Kubang Badak, hutan paya bakau Kilim dan Teluk Datai (**Rajah 1**); yang mana jumlah kawasan liputan hutan paya bakau terkini telah dikenal pasti menggunakan imej satelit SPOT5 dengan resolusi 5 meter dan diproses oleh perisian ArcGIS (versi 10.8).



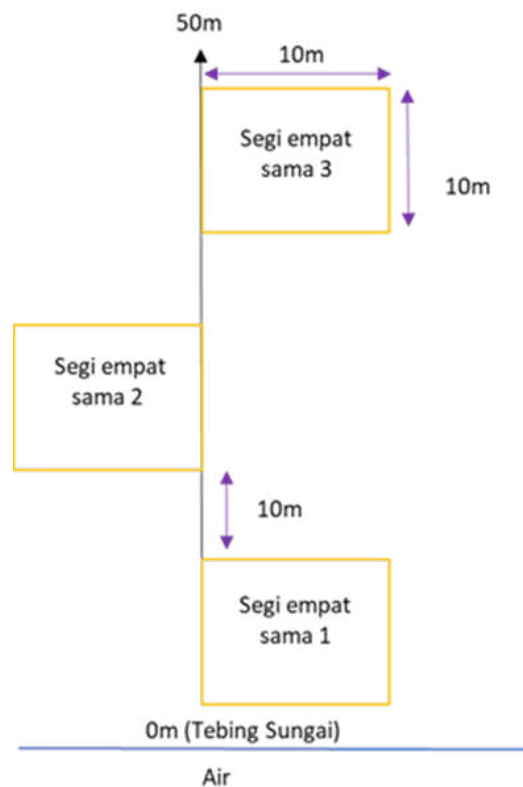
Rajah 1: Lokasi Pulau Langkawi di Malaysia (kiri atas); zon utara Pulau Langkawi (tengah atas); hutan paya bakau Kilim (kanan atas); Teluk Datai (kiri bawah); hutan paya bakau Kubang Badak (tengah bawah); dan hutan paya bakau Tanjung Rhu (kanan bawah).

6.3.2 Spesies Pokok Bakau

Spesies pokok bakau yang berada di hutan paya bakau zon utara Langkawi telah direkodkan melalui lokasi yang telah ditentukan secara rawak dan mempunyai kesesuaian capaian bagi melakukan kerja lapangan (**Rajah 2**). Kaedah ini menggunakan garisan sepanjang 50 meter yang terbahagi kepada tiga zon kuadrat (**Rajah 3**). Setiap zon kuadrat mempunyai keluasan 10 meter persegi (m^2) dan jarak 10 meter di antara zon. Spesies pokok bakau dikenal pasti dengan menggunakan kit pengenalan pastian pokok yang disediakan; melalui ciri-ciri bentuk dan warna daun, akar, batang dan bunga.



Rajah 2: Lokasi rawak yang dipilih bagi zon utara Pulau Langkawi.

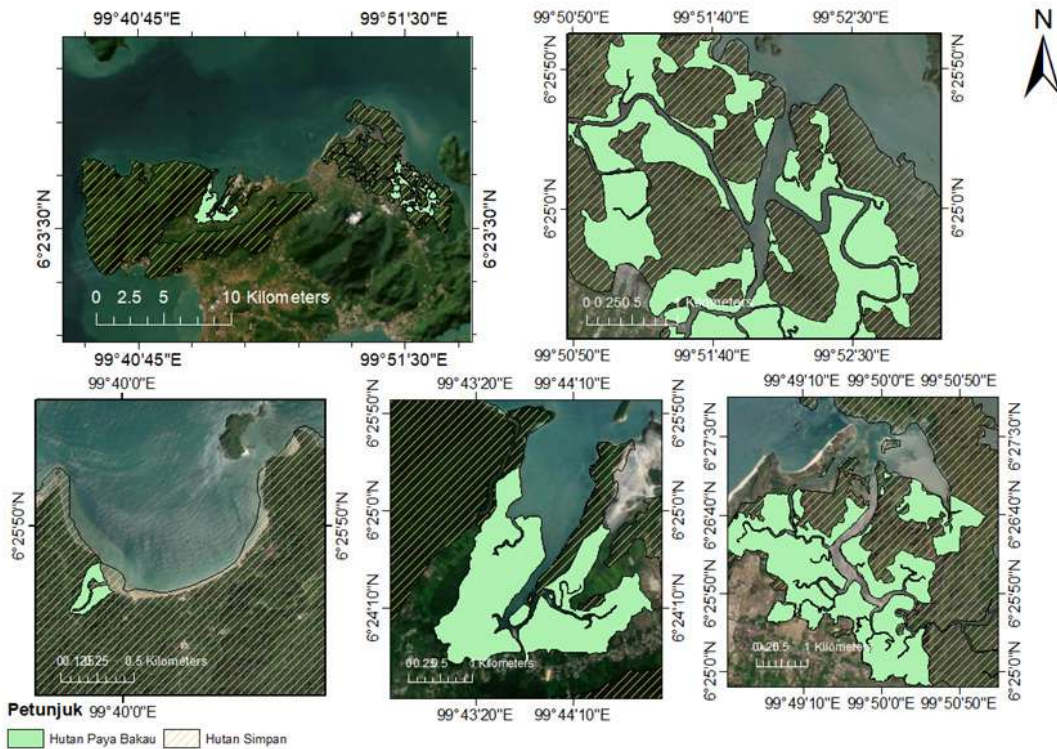


Rajah 3: Kaedah kerja lapangan bagi mengenal pasti spesies pokok bakau.

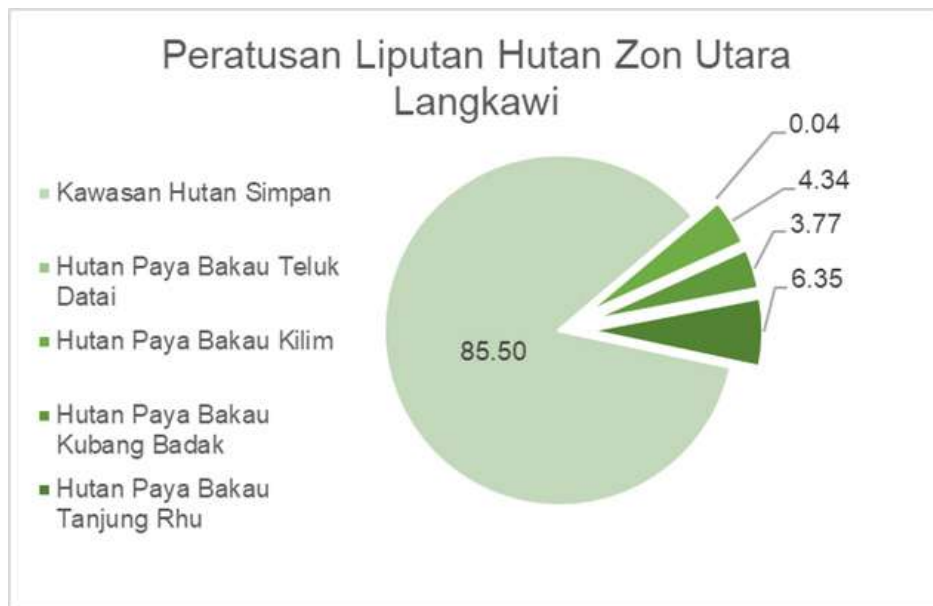
6.4 KEPUTUSAN & PERBINCANGAN

6.4.1 Liputan Kawasan Hutan dan Hutan Paya Bakau

Melalui kaedah analisis imej satelit dan penggunaan perisian GIS, kajian ini telah mendapati kawasan hutan paya bakau di zon utara Pulau Langkawi meliputi 1,669.52 ha, iaitu 14.5% daripada jumlah keseluruhan kawasan hutan (11,511.53 ha) di zon tersebut (Rajah 4). Kadar peratusan liputan tertinggi bagi hutan paya bakau di bahagian zon utara Pulau Langkawi adalah 6.35% (731.13 ha) yang diwakili oleh hutan paya bakau Tanjung Rhu. Ia diikuti hutan paya bakau Kilim (4.34%, 500.10 ha) dan hutan paya bakau Kubang Badak (3.77%, 433.94 ha), manakala hutan paya bakau Teluk Datai mempunyai peratusan liputan hutan paya bakau paling kecil di zon utara, iaitu sebanyak 0.04% (4.35 ha) (**Rajah 5**).



Rajah 4: Liputan kawasan hutan paya bakau di utara Pulau Langkawi (kiri atas) yang merangkumi Kilim (kanan atas), Teluk Datai (kiri bawah), Kubang Badak (tengah bawah), dan Tanjung Rhu (kanan bawah).



Rajah 5: Peratus liputan hutan di utara Pulau Langkawi yang merangkumi kawasan paya bakau.

Bagi lokasi lain seperti Teluk Datai, hutan paya bakau Tanjung Rhu dan Kubang Badak, tiada kajian lampau yang dijalankan untuk mengenal pasti keseluruhan liputan hutan paya

bakau di lokasi ini. Hal ini menunjukkan kepentingan kajian dalam memelihara dan memantau liputan hutan paya bakau demi menjamin kesejahteraan ekosistem dan hidupan yang bergantung kepada kawasan marin ini.

Trend penurunan liputan hutan paya bakau yang dilihat ini berkemungkinan berpunca daripada tindak balas pokok paya bakau oleh tekanan luar seperti peningkatan kenaikan paras air laut dengan jangkaan kenaikan sehingga 0.5 meter pada tahun 2100 (Hamid et al., 2018; Aziz et al., 2023). Hal ini akan mengakibatkan hutan paya bakau berada dalam keadaan tertekan dan memerlukan penghijrahan kawasan. Para pengkaji juga ada melaporkan bahawa liputan pokok bakau juga terkesan dengan aktiviti bot pelancongan yang membawa para pelancong, yang mana ombak yang terhasil menyebabkan hakisan pada tebing sungai. Kesan ini mengakibatkan pokok bakau kehilangan cengkaman terhadap sedimen dan akhirnya tumbang (**Rajah 6**) (Shahbudin et al., 2012; Suhaimi et al., 2018).



Rajah 6: Hakisan (bulatan merah) dikesan di kawasan hutan bakau Tanjung Rhu yang mana akar pokok bakau dilihat tiada sedimen sebagai tapak asas dan berpotensi untuk tumbang.

Liputan hutan paya bakau turut wujud berhampiran kawasan pembangunan seperti hotel dan jeti (**Rajah 7**). Keadaan ini menjadi faktor penarik untuk ekopelancongan yang bertemakan hijau dan alam sekitar. Namun, ia mampu memberikan kesan negatif kepada hutan bakau sekiranya tiada tindakan berkesan dalam pengurusan sisa bahan buangan dan eksplorasi berlebihan terhadap persekitaran semula jadi.



Rajah 7: Keberadaan pokok paya bakau di sekitar kawasan hotel di Teluk Datai.

6.4.2 Spesies Pokok Bakau

Kajian di lapangan mendapati sejumlah tujuh spesies pokok bakau ditemui di lokasi terpilih di bahagian zon utara Pulau Langkawi. Dapatan kajian menunjukkan keluarga *Rhizophora apiculata* meliputi kebanyakan kawasan hutan paya bakau yang mana spesies *Rhizophora apiculata* ditemui sebagai spesies dominan (**Jadual 1**). Namun, berdasarkan status Senarai Merah oleh Kesatuan Antarabangsa untuk Pemuliharaan Alam Sekitar (IUCN), hampir kesemua spesies bakau yang ditemui di zon ini mempunyai status liputan yang semakin berkurangan di peringkat global.

Jadual 1: Rumusan spesies pokok bakau yang ditemui di empat lokasi kajian.

Lokasi	Famili	Spesies	Status IUCN
Tanjung Rhu	Acanthaceae	<i>Acanthus ilicifolius</i>	LC
	Rhizophoraceae	<i>Bruguiera cylindrica</i>	LC, Menurun
		<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	LC, Menurun
	Lythraceae	<i>Sonneratia alba</i>	LC, Menurun
	Rhizophoraceae	<i>Ceriops tagal</i>	LC, Menurun
		<i>Rhizophora apiculata</i>	LC, Menurun
Kilim	Rhizophoraceae	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	LC, Menurun
		<i>Ceriops tagal</i>	LC, Menurun
		<i>Rhizophora apiculata</i>	LC, Menurun
Kubang Badak	Rhizophoraceae	<i>Bruguiera cylindrica</i>	LC, Menurun
		<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	LC, Menurun
		<i>Bruguiera parviflora</i>	LC, Menurun
		<i>Ceriops tagal</i>	LC, Menurun
		<i>Rhizophora apiculata</i>	LC, Menurun
Teluk Datai	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora apiculata</i>	LC, Menurun

Nota: LC = Berisiko rendah (Least concern).

Spesies bakau seperti *Acanthus ilicifolius* (Jeruju Putih) kebanyakannya dijumpai di sekitar negara Asia Tenggara, namun ia jarang ditemui di Malaysia kecuali bahagian zon utara Malaysia (Hassler, 2024) (**Rajah 8**).



Rajah 8: Spesies *Acanthus ilicifolius* yang ditemui di Tanjung Rhu.

Secara ringkas, setiap spesies pokok bakau merupakan agen ekosistem marin yang penting dalam menampung keperluan flora dan fauna; dan juga keperluan manusia. Pengurusan hutan paya bakau di Pulau Langkawi adalah penting dan diberi perhatian kerana pembangunan dan perkembangan industri eko-pelancongan yang menjadikan hutan paya bakau sebagai salah satu destinasi pelancongan di Pulau Langkawi (Lim et al., 2023). Hal ini sekali gus memelihara nilai biodiversiti unik yang dimiliki Pulau Langkawi.

6.5 KESIMPULAN

Kajian ini mendapati kawasan hutan paya bakau di zon utara Pulau Langkawi bakal mengalami penurunan dengan kadar perlahan. Hal ini selari dengan penemuan kawasan-kawasan yang telah terhakis secara semula jadi atau oleh gangguan manusia. Seiring dengan usaha pembangunan lestari, hutan paya bakau di utara Langkawi merupakan kawasan potensi dengan pelbagai aktiviti pelancongan menarik boleh dijalankan dan ia mampu menjana ekonomi penduduk setempat, namun kawal selia dan amalan hijau yang baik perlu dilaksanakan. Konsep pelihara dan pulihara kawasan marin ini adalah penting kerana kepelbagaian organisma serta interaksi ekologiannya adalah aset yang sangat bernilai bagi menjamin ekosistem ini sihat dan terus memberikan manfaat.

6.6 RUJUKAN

- Aziz, K.N.A., Hashim, S.S., Tajam, J., Mohd, F.A., Roslani, M.A., Kamaruddin, S.A., Latif, Z.A. & Maulud, K.N.A. 2023. Robust mangrove channel assessment for mangrove channel vulnerability valuation: A concept. *Journal of Innovation and Industrial*, 5(13): 208-224. <http://dx.doi.org/10.35631/IJIREV.513017>
- Duke, N.C., Meynecke, J., Dittmann, S., Ellison, A.M., Anger, K.D., Berger, U., Cannicci, S., Diele, K., Ewel, K.C., Field, C., Koedam, N., Lee, S., Marchand, C., Nordhaus, I. & Dahdouh-Guebas, F. 2007. A World Without Mangroves? *Science*, 317: 41 - 42.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J. & Duke, N. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1): 154-159.
- Goldberg, L., Lagomasino, D., Thomas, N. & Fatoyinbo, T. 2020. Global declines in human-driven mangrove loss. *Global change biology*, 26(10): 5844-5855.
- Hamid, A.I.A., Din, A.H.M., Hwang, C., Khalid, N.F., Tugi, A. & Omar, K.M. 2018. Contemporary sea level rise rates around Malaysia: Altimeter data optimization for assessing coastal impact. *Journal of Asian Earth Sciences*, 166: 247-259.
- Hassler, M. 2024. Synonymic checklists of the vascular plants of the world (version 24.9, Sep 2024). In: Bánki, O. et al., *Catalogue of Life (version 2024-11-18)*. Catalogue of Life, Amsterdam, Netherlands. <https://doi.org/10.48580/dgry9-3dd>
- Lim, C.K., Tan, K.L. & Ahmed, M.F. 2023. Conservation of culture heritage tourism: a case study in Langkawi Kubang Badak remnant charcoal kilns. *Sustainability*, 15(8): 6554. <https://doi.org/10.3390/su15086554>
- Naha, D., Jhala, Y.V., Qureshi, Q., Roy, M., Sankar, K. & Gopal, R. 2016. Ranging, activity and habitat use by tigers in the mangrove forests of the Sundarban. *PLoS One*, 11(4): e0152119.
- Nowak, K. 2013. Mangrove and peat swamp forests: refuge habitats for primates and felids. *Folia Primatologica*, 83(3-6): 361-376.
- Rajpar, M. N. & Zakaria, M. 2014. Mangrove fauna of Asia. In: *Mangrove ecosystems of Asia: Status, challenges and management strategies*. hlm. 153-197.
- Shahbudin, S., Zuhairi, A. & Kamaruzzaman, B.Y. 2012. Impact of coastal development on mangrove cover in Kilim River, Langkawi Island, Malaysia. *Journal of Forestry Research*, 23: 185-190.
- Suhaimi, H.M., Jamal, M.H. & Ahmad, A. 2018. Assessment of riverbank erosion at Kilim River, Langkawi using geospatial technique. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 169(1): 012012.

Teoh, Z.Y., Then, A.Y.H., Ng, J.E., Kuit, S.H., Hisne, F.I.J. & Ponnampalam, L.S. 2023. Movement, ranging patterns and habitat use of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in the Langkawi Archipelago and adjacent Perlis-Kedah coastal waters, Malaysia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 33(12): 1552-1570. <https://doi.org/10.1002/aqc.4002>



KESEDARAN, SIKAP DAN TANGGAPAN UMUM TERHADAP SUMBER LAUT

KHAIRUNNISA AHMAD KAMIL, NURUL HIDAYAH ROSMEE &
NORHANIDA DAUD

7 BAB



Nelayan tradisional menangkap ikan di utara Pulau Langkawi

7.1 PENGENALAN

Pulau Langkawi merupakan sebuah pulau yang terkenal dengan kepelbagaian biodiversitinya, menarik perhatian bukan sahaja di kalangan pelancong, tetapi juga para saintis dan pencinta alam. Walau bagaimanapun, peningkatan populasi dan pembangunan berterusan telah menyebabkan pulau ini menghadapi pelbagai tekanan yang mengancam integriti ekologi (Samat & Harun, 2013). Menyedari kepentingan biologi dan ekonomi Pulau Langkawi, kerajaan setempat komited dalam memastikan pemeliharaan ekosistem Pulau Langkawi yang terjamin dan aktiviti rekreasi dapat terus dijalankan secara mampan. Komitmen ini melambangkan kefahaman mengenai kepentingan memelihara kekayaan semula jadi Pulau Langkawi untuk generasi akan datang, selain menyedari saling-kait antara ekosistem dengan kesejahteraan kehidupan penduduk dan pengguna Pulau Langkawi (Leman et al., 2016).

Pada masa ini, Pulau Langkawi menempatkan Taman Rimba Geo Kilim Karst, iaitu sebuah tempat yang telah disenaraikan Pertubuhan Pendidikan, Sains dan Kebudayaan Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu (UNESCO) sebagai sebuah kawasan penting yang terdapat formasi batu kapur yang unik; dan ekosistem paya bakau yang menjadi habitat penting bagi pelbagai spesies flora dan fauna (Ibrahim et al., 2021). Di sebalik semua usaha pemeliharaan dan pemuliharaan ini, para saintis telah mengenal pasti sebuah lagi kawasan di utara dan timur laut Pulau Langkawi yang mempunyai kepelbagaian biodiversiti yang tinggi; serta berpotensi untuk pembangunan ekopelancongan. Rentetan itu, sebuah pelan pembangunan baru telah diwujudkan bagi membentuk sebuah kawasan terlindung merentasi sempadan dikenali sebagai 'Transboundary Langkawi Protected Area' bersesuaian dengan kedudukan kawasan ini yang bersempadan dengan Thailand.

Bagi memastikan pemeliharaan biodiversiti dan pelan pembangunan di Pulau Langkawi adalah efektif dan berkesan, adalah penting untuk terlebih dahulu memahami sikap, kesedaran dan persepsi seluruh pemegang taruh. Keterlibatan dan kerjasama di kalangan penduduk, peniaga, pemain industri dan seluruh masyarakat setempat adalah satu elemen yang amat penting dalam memastikan kejayaan sesebuah inisiatif pemeliharaan dan pembangunan setempat. Setiap perubahan dalam pentadbiran perlu mengambil kira kepentingan alam sekitar dan orang ramai secara menyeluruh, agar dapat memupuk rasa tanggungjawab dan menggalakkan kerjasama (Soma & Hagget, 2015; Nursey-Bray et al., 2024). Dengan ini, objektif pemeliharaan alam sekitar dapat dicapai, keperluan manusia dapat dipenuhi dan keistimewaan Pulau Langkawi dijamin untuk generasi akan datang.

Bagi memastikan keseluruhan objektif ini tercapai, satu kajian soal selidik terhadap 150 pemegang taruh sekitar utara Pulau Langkawi telah dilaksanakan pada pertengahan tahun

2023. Berdasarkan kajian tersebut, secara keseluruhannya, responden memberi maklum balas positif yang mana responden mempunyai kesedaran tinggi berkaitan sumber marin dan menyokong usaha pemeliharaan kawasan yang terlibat. Sebahagian responden juga telah pun terlibat dalam pelan pembangunan kawasan terbabit dan mempunyai rasa tanggungjawab terhadap kesejahteraan alam sekitar dan masyarakat setempat.

7.2 OBJEKTIF

Objektif kajian adalah memahami dan menentukan:

- i. sikap, kesedaran dan persepsi awam terhadap pemeliharaan ekologi sumber marin di kawasan yang mereka diami.
- ii. tahap sokongan komuniti tempatan terhadap cadangan pemeliharaan ekologi marin.
- iii. persepsi komuniti setempat terhadap pelan pembangunan dan pemuliharaan sumber ekologi marin.

7.3 KAEDAH KAJIAN

7.3.1 Kawasan Kajian

Beberapa tempat sekitar utara Pulau Langkawi telah dikenal pasti untuk menjalankan kajian soal selidik di kawasan Kubang Badak, Teluk Ewa dan kawasan sekitarnya.

7.3.2 Borang Soal Selidik

Terdapat 47 soalan di dalam dua kategori yang perlu dijawab oleh kesemua responden. Kategori A melibatkan soalan berkaitan demografi Responden termasuk jantina, umur, pendidikan dan jenis pekerjaan. Kategori B pula dibahagikan kepada enam bahagian iaitu (i) sikap awam terhadap sumber marin, (ii) kesedaran awam terhadap sumber marin, (iii) persepsi kesejahteraan sosial, (iv) persepsi tadbir urus yang baik, (v) niat mengambil bahagian dalam program 'Transboundary MPA Langkawi'; dan (vi) penyertaan program 'Transboundary MPA Langkawi'. Kesemua soalan dalam bahagian B memerlukan responden memberi nilai berdasarkan skala 1 hingga 7. Nilai 1 merujuk sekiranya responden sangat tidak bersetuju dengan kenyataan yang diberi, manakala nilai 7 dipilih sekiranya Responden sangat bersetuju dengan kenyataan yang diberi.

7.3.3 Responden

Seramai 150 orang responden telah dipilih secara rawak di kalangan pengguna dan penduduk setempat. Hanya golongan dewasa yang dipilih tanpa mengira jantina, kaum atau lain-lain.

7.4 KEPUTUSAN DAN PERPINCANGAN

7.4.1 Demografi

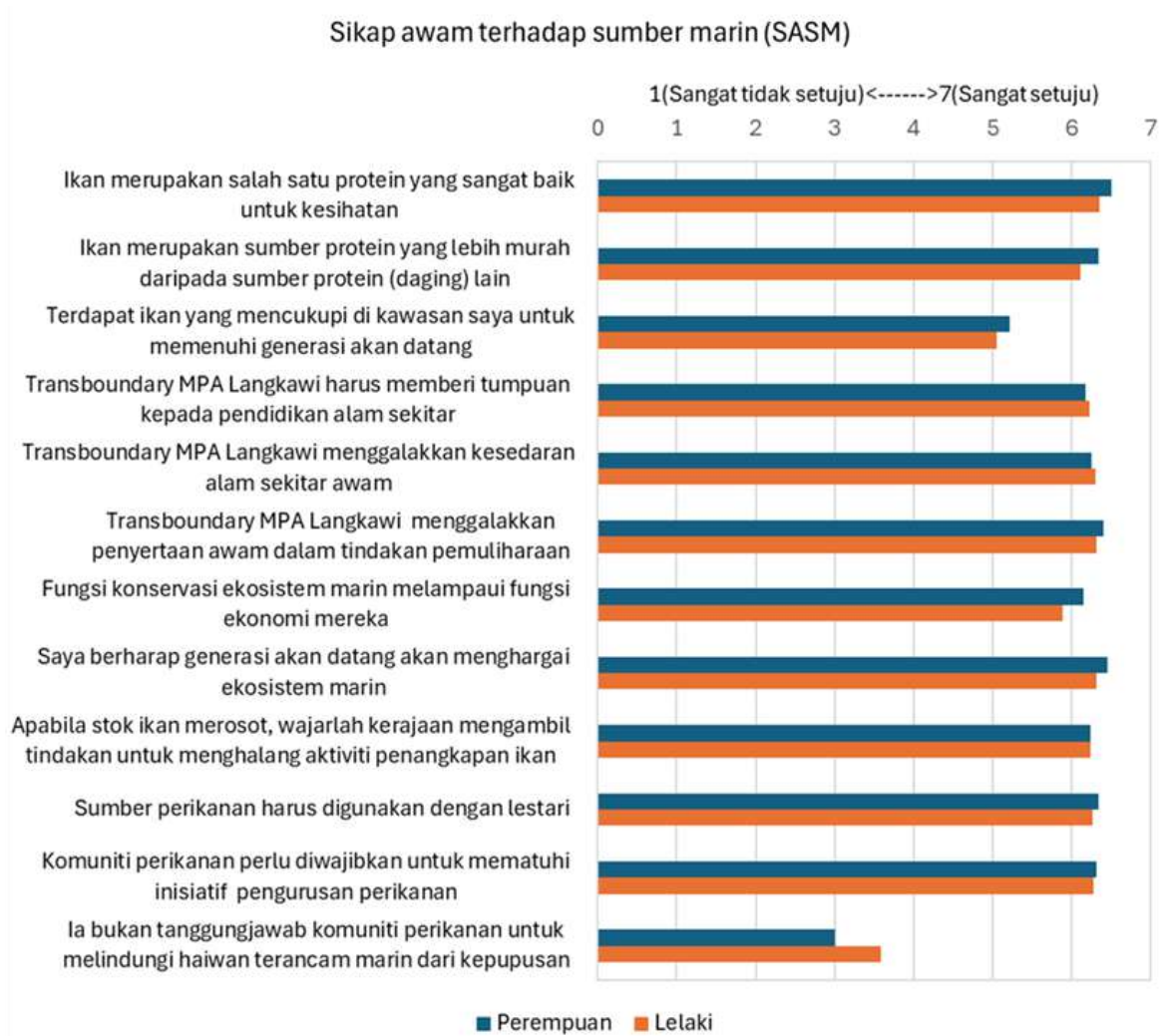
Jadual 1 merujuk kepada data demografi bagi keseluruhan Responden sekitar kawasan kajian. Responden lelaki dan wanita yang ditemubual masing-masing sebanyak 54.7% dan 45.3%. Majoriti responden berada dalam lingkungan usia 21 hingga 30 tahun (33.3%). Sebanyak 76.7% Responden mempunyai pendidikan tertinggi sekurang-kurangnya sehingga Tingkatan 5. Dari segi pekerjaan, sebanyak 62.0% responden berkerja dalam industri pelancongan di Pulau Langkawi, diikuti Lain-lain pekerjaan (10.7%), industri perikanan (9.3%), penjawat awam atau badan beruniform (8.7%), tidak bekerja (7.3%) dan lain-lain industri (2.0%).

Jadual 1: Data Demografi Responden

PERKARA	CIRI-CIRI	PERATUSAN RESPONDEN (%)	JUMLAH RESPONDEN (n)
Jantina	Lelaki	54.7	82
	Perempuan	45.3	68
Umur	20 tahun dan ke bawah	7.3	11
	21-30 tahun	33.3	50
	31-40 tahun	27.3	41
	41-50 tahun	20.0	30
	51 tahun dan ke atas	12.0	18
Pendidikan	SPM dan ke bawah	76.7	115
	STPM dan setaraf	11.3	17
	Diploma dan setaraf	9.3	14
	Ijazah dan ke atas	2.7	4
Jenis pekerjaan	Tidak bekerja	7.3	11
	Kakitangan kerajaan / unit beruniform	8.7	13
	Pekerjaan berkaitan perikanan	9.3	14
	Pekerjaan berkaitan pelancongan	62.0	93
	Pekerjaan berkaitan lain-lain industri	2.0	3
	Lain-lain	10.7	16

7.4.2 Sikap dan Kesedaran Pemegang Taruh Terhadap Sumber Marin

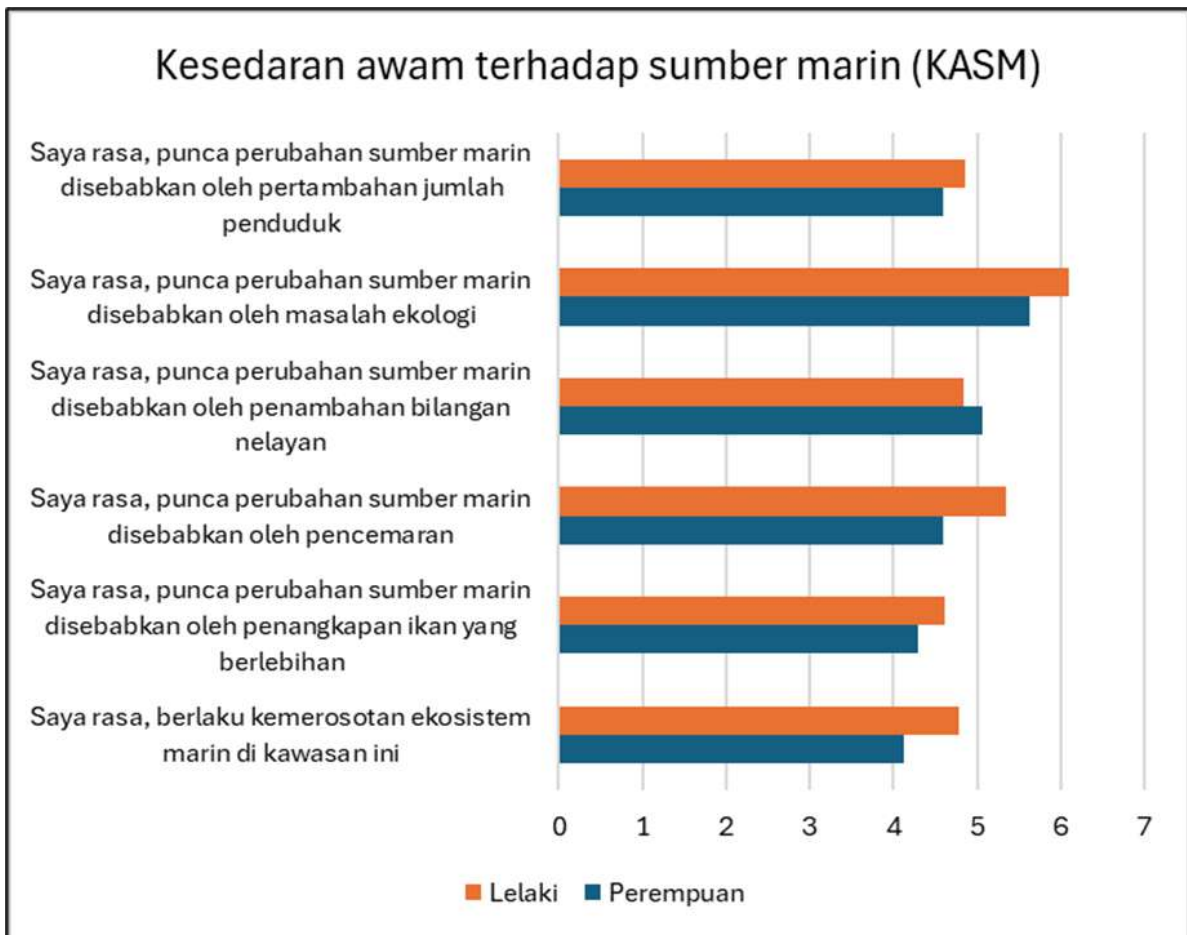
Rajah 1 dan **Rajah 2** merujuk kepada sikap dan kesedaran Responden terhadap sumber marin. Berdasarkan **Rajah 1**, didapati secara puratanya, responden mempunyai pengetahuan berkenaan sumber marin dan mempunyai sikap yang positif terhadap usaha memelihara sumber semula jadi ini. Selain itu, secara puratanya, Responden kurang bersetuju untuk menyatakan komuniti perikanan tidak bertanggungjawab untuk melindungi haiwan terancam marin daripada kepupusan. Ini menunjukkan sikap dan rasa tanggungjawab terutamanya komuniti perikanan dalam melindungi ekologi kawasan sekitar mereka.



Rajah 1: Sikap awam terhadap sumber marin bagi responden secara purata

Berdasarkan **Rajah 2**, secara puratanya responden cenderung bersetuju bahawa terdapat kemerosotan ekosistem marin di kawasan kajian. Walau bagaimanapun, berbanding **Rajah 5**, kecenderungan responden untuk bersetuju dengan setiap pernyataan yang diberi adalah lebih rendah. Memandangkan Responden ditanya akan punca-punca kemerosotan

sumber marin, didapati kesedaran awam adalah lebih rendah berbanding sikap mereka. Antara punca-punca yang dinyatakan dalam borang soal selidik, didapati lebih ramai responden berpendapat masalah ekologi adalah punca utama kemerosotan sumber marin berbanding punca-punca lain seperti penangkapan ikan berlebihan, pertambahan jumlah nelayan atau pertambahan bilangan penduduk.



Rajah 2: Kesedaran awam terhadap sumber marin bagi responden secara purata.

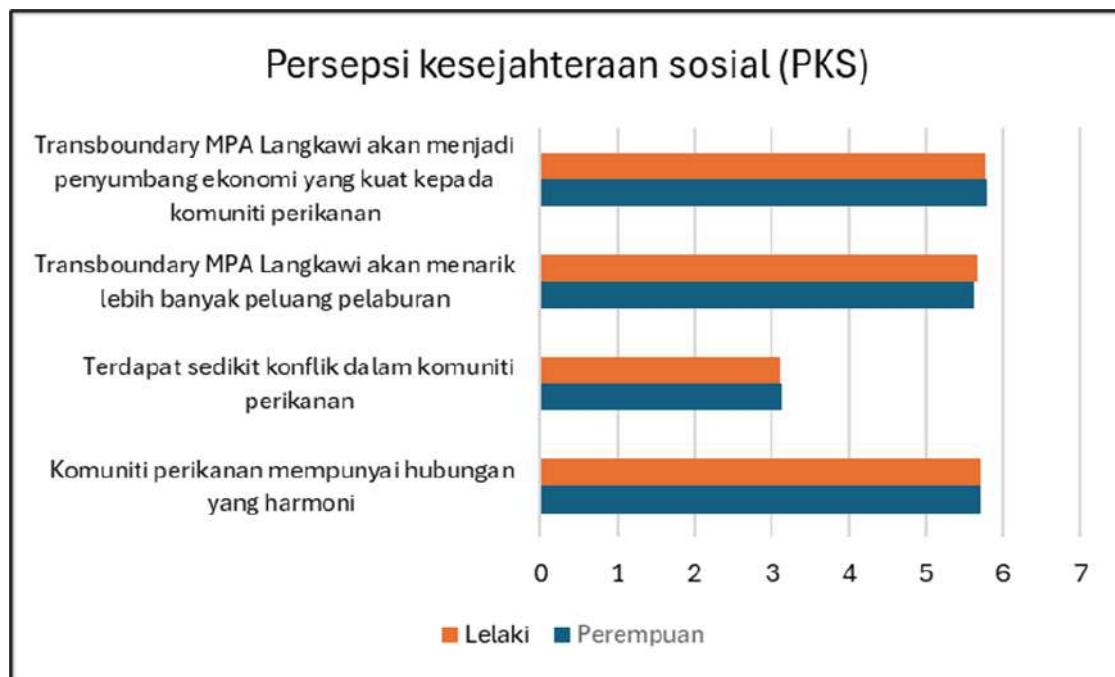
Berdasarkan laporan kajicuaca oleh Jabatan Meteorologi Malaysia, Pulau Langkawi akan menerima kedatangan Monsun Timur Laut bermula akhir Oktober dan dijangkakan berterusan sehingga Mac pada tahun berikutnya (MetMalaysia, 2025). Tiupan Angin Timur Laut yang berterusan dan kencang menyebabkan laut bergelora dan ombak besar. Ia mengurangkan operasi penangkapan ikan, khususnya vesel jerut bilis, dan menjejaskan pendaratan perikanan.

Pukat Harimau (sejenis pukat tunda) telah beroperasi sepanjang perairan Pulau Chupak, Pulau Lima sehingga ke Pulau Payar telah menimbulkan konflik di kalangan pengusaha bilis dan nelayan pinggir pantai Pulau Langkawi. Penggunaan pukat harimau ini telah membazirkan sumber perikanan yang dapat dikenal pasti dengan peningkatan pendaratan ikan baja; yang tidak mempunyai nilai dagangan dan dibuat makanan ikan atau baja. Berdasarkan Statistik

Perikanan, dalam tempoh 2013 hingga 2017 sebanyak 1,317,828 tan metrik ikan baja telah didaratkan (DOFM, 2018).

7.4.3 Persepsi dan Keterlibatan Awam Terhadap Pengurusan Semasa dan Pelan 'Transboundary Langkawi Protected Area'

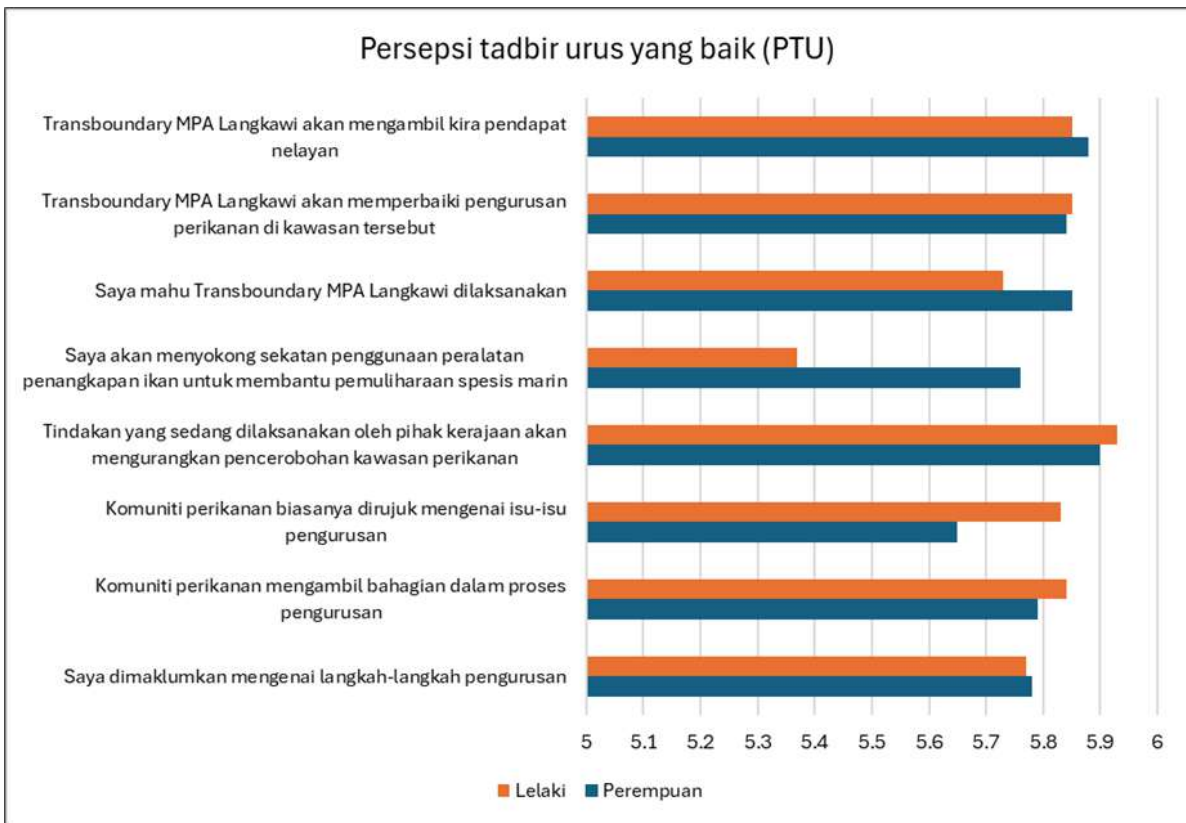
Rajah 3 menunjukkan persepsi awam terhadap kesejahteraan sosial semasa. Secara purata, responden bersetuju bahawa pelan 'Transboundary MPA Langkawi' akan membawa kebaikan kepada komuniti perikanan. Responden cenderung ke arah 'tidak bersetuju' bahawa komuniti perikanan mempunyai konflik pada ketika ini.



Rajah 3: Kesedaran awam terhadap sumber marin bagi responden secara purata

Jabatan Perikanan Malaysia melalui Bahagian Konservasi dan Perlindungan Perikanan mempunyai perancangan untuk mewujudkan "Transboundary Langkawi MPA" (Malaysia) dengan Taman Negara Tarutao (Thailand) sejak tahun 2023. Taman Negara Tarutao ini terdiri daripada 51 buah pulau di selatan Laut Andaman; di luar pesisiran pantai wilayah Satun di selatan Thailand. Taman Negara ini meliputi kawasan seluas 1,490 km² yang terdiri daripada lautan (seluas 1,260 km² dan 230 km² pulau atau daratan (Wikipedia, 2025). Hujung paling selatan Taman Negara Tarutao hanya bersempadan dengan utara Pulau Langkawi. Namun kajian lanjut diperlukan untuk membangunkan Pulau Langkawi sebagai sebuah MPA baharu.

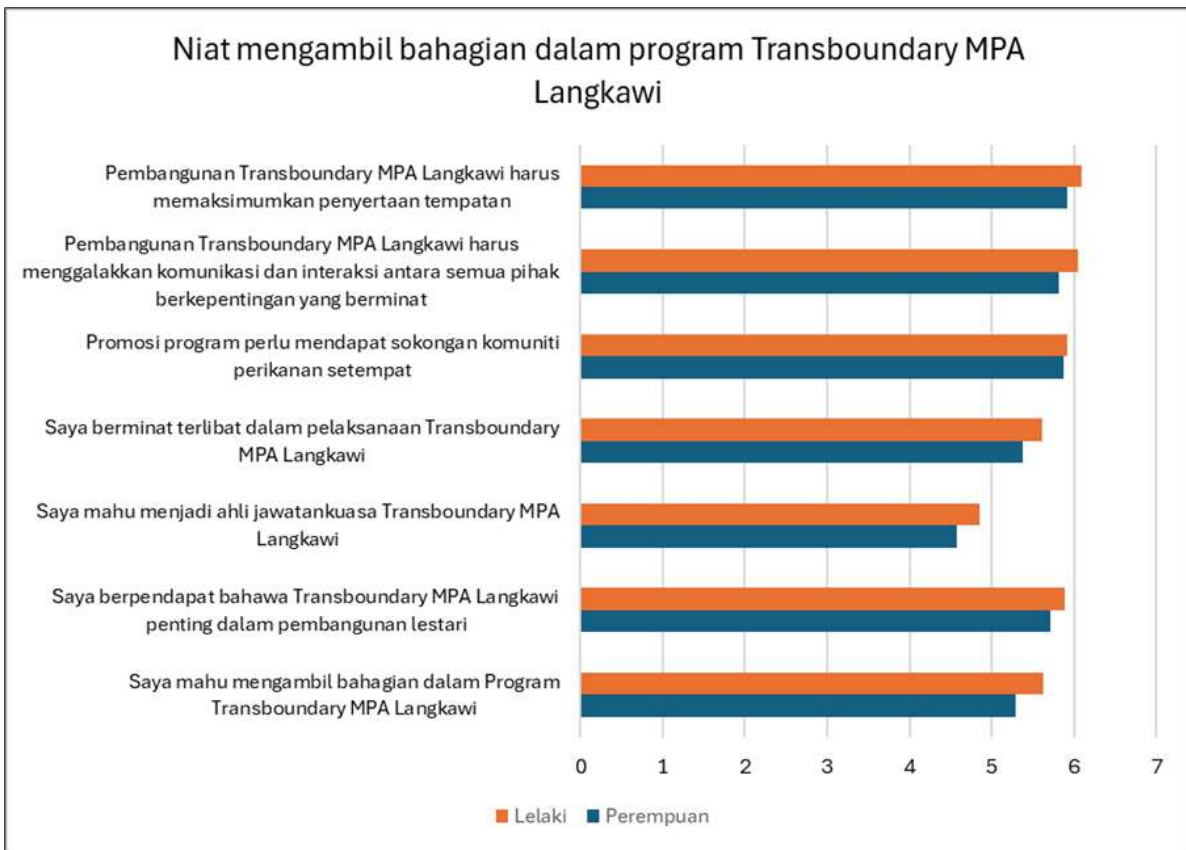
Rajah 4 menunjukkan kecenderungan responden terhadap pernyataan-pernyataan berkaitan tadbir urus yang baik dalam komuniti setempat. Mereka merasakan pendapat dan pandangan mereka didengar oleh pihak pengurusan dan bersetuju untuk pelan pembangunan yang dicadangkan.



Rajah 4: Persepsi awam terhadap tadbir urus yang baik bagi responden secara purata

Penglibatan dan kerjasama pihak berkepentingan (dalam hal ini merujuk kepada komuniti perikanan) yang berkesan membantu dalam memastikan pengurusan bersama (co-management) perikanan adalah mapan dalam jangka masa panjang; kerana pelbagai perspektif dan kepentingan diambil kira dalam fasa pembangunan dan pelaksanaan mana-mana program. Merujuk kepada kajian yang dilaksanakan ini, para nelayan yang ditemubual mengambil berat akan keperluan dan kepentingan usaha untuk memaksimumkan hasil tangkapan, manakala Jabatan Perikanan mahupun organisasi konservasi lebih mengutamakan perlindungan populasi dan sumber perikanan; dan ekosistem marin. Penglibatan pihak berkepentingan yang berkesan memerlukan kaedah mengimbangi keutamaan dan kepentingan berbeza ini, sambil masih perlu mencapai matlamat keseluruhan pengurusan perikanan yang mapan.

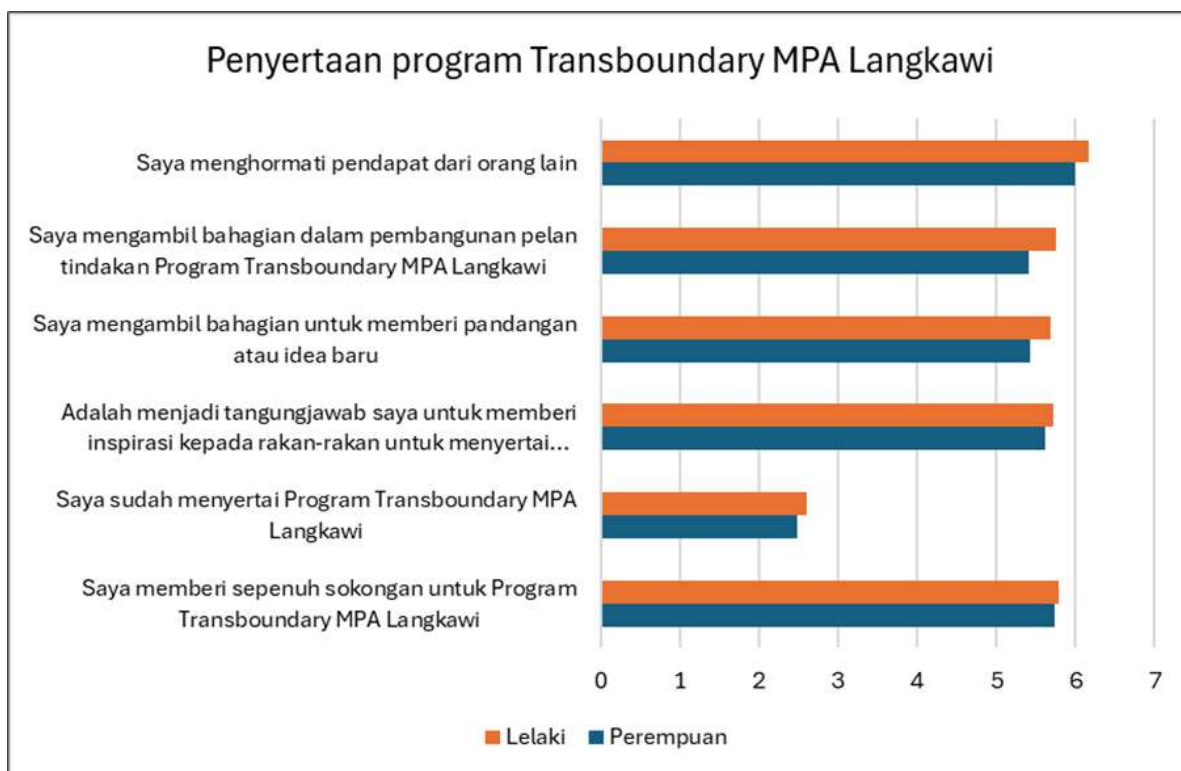
Berkenaan kesediaan dan keterlibatan responden dalam pelan pembangunan yang dicadangkan, kebanyakan responden bersetuju bahawa penyertaan komuniti tempatan adalah sangat penting dan secara kasarnya berminat untuk terlibat secara langsung dalam perkara berkenaan (**Rajah 5**).



Rajah 5: Kesiediaan mengambil bahagian dalam pelan pembangunan dirancang

Pemeriksaan (empowerment) merangkumi konsep syarat dan matlamat dalam pengurusan bersama yang menekankan faktor psikologi dan sosiologi. Untuk pengurusan bersama perikanan yang berkesan, pemeriksaan mesti berlaku di kedua-dua peringkat, iaitu melebihi rekabentuk institusi dan demokrasi penyertaan (Jentoft, 2005). dengan mengumpulkan nelayan, pegawai kerajaan dan lain-lain agensi berkaitan perikanan, sistem pengurusan bersama ini akan melibatkan fasa-fasa seperti (i) menyebarkan informasi, (ii) pihak pentadbiran mengumpulkan saranan dan pendapat daripada pemegang taruh, (iii) keputusan dibuat dengan mengambil kira dan menerima cadangan daripada pihak pemegang taruh, (iv) wujud kerjasama dengan pemegang taruh ke arah persetujuan penyelesaian dan pelaksanaan; dan (v) perwakilan diberi kuasa atau diperkasakan dalam membuat keputusan kepada pihak berkepentingan.

Merujuk kepada **Rajah 6**, responden secara puratanya bersetuju bahawa mereka perlu terlibat dengan pelan pembangunan berkenaan dan merasa bertanggungjawab dalam menyokong usaha pihak pengurusan. Walau bagaimanapun, secara puratanya, ramai Responden belum terlibat secara langsung dalam pelan pembangunan berkenaan.



Rajah 6: Keterlibatan awam dalam pelan pembangunan yang dirancang

Pulau Langkawi telah memberi sumbangan pendapatan pelancongan sebanyak RM1.72 bilion kepada negara pada tahun 2019; namun menyusut kepada RM1 bilion pada tahun 2020 disebabkan penularan pandemik Covid-19 (LADA, 2020). Namun demikian, Kementerian Pelancongan, Seni dan Budaya (MOTAC) telah mengeluarkan sebanyak 184 lesen kepada pengendalian pelancongan dan agensi pengembaraan yang berpusat di Pulau Langkawi berbanding keseluruhan 399 lesen bagi seluruh negeri Kedah. Ia juga sejajar dengan majoriti responden yang ditemu bual terdiri daripada individu yang bekerja dalam sektor pelancongan sebanyak 62.0%.

7.5 KESIMPULAN

Berdasarkan kajian soal selidik yang dijalankan ke atas 150 responden, didapati sikap dan kesedaran awam terhadap sumber marin, kepentingan memelihara ekologi dan tanggungjawab melindungi alam sekitar adalah tinggi di kalangan responden. Persepsi awam terhadap kesejahteraan sosial dan tadbir urus juga adalah positif. Ini dapat membantu pihak pengurusan setempat untuk mendapatkan persetujuan dan kerjasama daripada pihak awam apabila pelan pembangunan yang dirancang bakal dimulakan. Justeru, responden secara purata boleh dikatakan bersedia untuk menyokong usaha pemeliharaan dan pembangunan kawasan kajian yang mana sebahagian daripada responden telah pun terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam pelan pengurusan terbabit. Adalah diharapkan, soal selidik ini telah sedikit sebanyak memberi gambaran sebenar mengenai hasrat dan pendapat mereka yang bakal menerima kesan terhadap sebarang perubahan pengurusan.

7.6 RUJUKAN

- Department of Fisheries Malaysia (DOFM). 2018. Annual fisheries statistics 2017, vol.1. Jabatan Perikanan Malaysia, Putrajaya. Hlm.47.
- Ibrahim, M.S.N., Abdul-Halim, S., Ishak, M.Y. & Hassan, S. 2021. The local community awareness on Langkawi UNESCO Global Geopark status: Case of Kampung Padang Puteh, Langkawi, Malaysia. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 9(2): 233-241. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2021.02.009>
- Jabatan Meteorologi Malaysia (MetMalaysia). 2025. Ramalan cuaca daerah Langkawi. <https://www.met.gov.my/forecast/weather/district/Ds001/> (akses terakhir pada 1 Mac 2025).
- Jentoft, S. 2005. Fisheries co-management as empowerment. *Marine Policy*, 29: 1-7.
- Langkawi Development Authority (LADA). 2020. Laporan Tahunan 2020. LADA, Langkawi. Hlm.213.
- Leman, N., Ramli, M.F. & Khirotdin, R.P.K. 2016. GIS-based integrated evaluation of environmentally sensitive areas (ESAs) for land use planning in Langkawi, Malaysia. *Ecological Indicators*, 61: 293-308.
- Nursey-Bray, M., Wootton, N., Holland, S., Page, K. & Gillanders, B.M. 2024. Site unseen: Engaging communities on marine protected areas. *Biological Conservation*, 292: 110515. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110515>
- Samat, N. & Harun, N. 2013. Urban development pressure: Challenges in ensuring sustainable tourism development in Langkawi Island. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 91: 385-394. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.435>
- Soma, K. & Haggett, C. 2015. Enhancing social acceptance in marine governance in Europe. *Ocean & Coastal Management*, 117, 61-69.

Wikipedia, 2025. Tarutao National Park. https://en.wikipedia.org/wiki/Tarutao_National_Park (akses terakhir pada 1 Mac 2025).

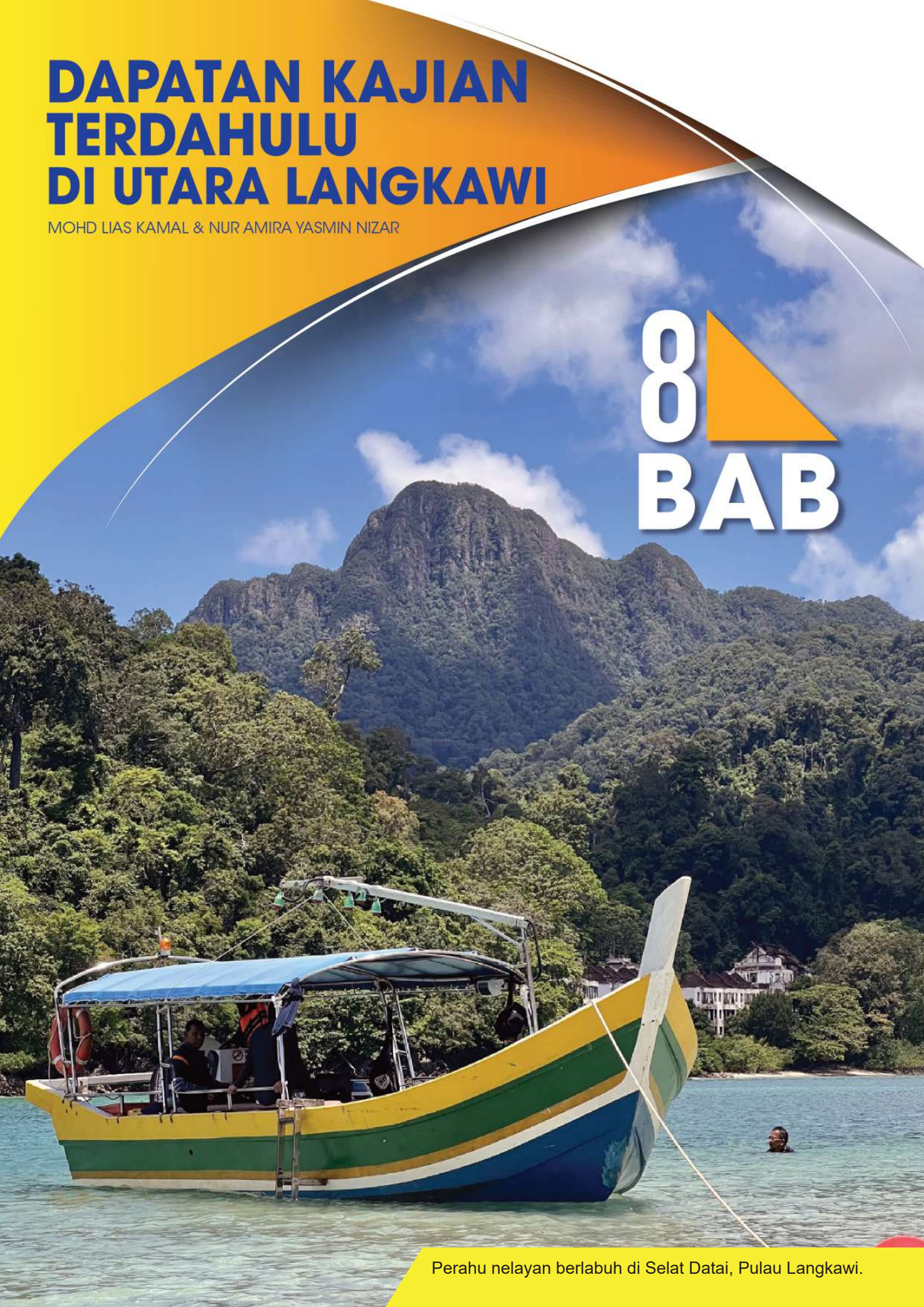


Aktiviti soal selidik dengan responden di lapangan

DAPATAN KAJIAN TERDAHULU DI UTARA LANGKAWI

MOHD LIAS KAMAL & NUR AMIRA YASMIN NIZAR

8 BAB



Perahu nelayan berlabuh di Selat Datai, Pulau Langkawi.

8.1 PENGENALAN

Pulau Langkawi merupakan sebuah kepulauan yang terletak di utara pantai barat Semenanjung Malaysia. Kepulauan Langkawi mempunyai 104 pulau dan merupakan destinasi pelancongan yang terkenal di Malaysia (Samsudin & Mohamad, 2013). Ia menawarkan pantai-pantai cantik, hutan hujan tropika yang subur, serta pelbagai aktiviti seperti meneroka hutan, melawat kuil-kuil bersejarah, dan menikmati hidangan tempatan yang lazat. Langkawi juga mempunyai status sebagai Pulau Bebas Cukai, menjadikannya tempat yang popular untuk membeli-belah. Keindahan semula jadi dan kemudahan pelancongan yang baik menjadikan Pulau Langkawi salah satu destinasi pelancongan utama di Malaysia.

Kajian rujukan, juga dikenali sebagai kajian literatur atau kajian berasaskan pencarian maklumat melibatkan pengumpulan, analisis dan sintesis maklumat, data dan literatur sedia ada yang berkaitan dengan topik tertentu tanpa menjalankan kerja lapangan baharu. Dalam konteks ekosistem marin, kajian desktop akan menumpukan kepada pengumpulan dan penilaian maklumat yang tersedia tentang pelbagai komponen persekitaran marin, termasuk aspek biologi, kimia dan fizikal, melalui penerbitan, laporan, pangkalan data dan kesusasteraan saintifik sedia ada.

Objektif utama kajian rujukan adalah mengumpul dan menganalisis data sedia ada. Ia melibatkan data saintifik, statistik, laporan kajian terdahulu, atau maklumat lain yang berkaitan dengan topik kajian. Objektif umum adalah menganalisis dan mengkaji kepelbagaian biologi di utara Pulau Langkawi berdasarkan maklumat yang telah dikumpulkan daripada kajian-kajian terdahulu. Ini termasuk mengenal pasti spesies-spesies flora dan fauna yang wujud di kawasan tersebut serta mengkaji perubahan dalam populasi mereka. Objektif ini dapat membantu dalam pemahaman yang lebih baik tentang ekologi tempatan. Seterusnya ia dapat membentuk panduan pemuliharaan dan pembangunan berterusan dengan menyusun pelan dan cadangan bagi pemuliharaan ekosistem utara Langkawi dan pembangunan pelancongan yang mampan. Kajian ini akan membantu dalam merancang langkah-langkah perlindungan alam sekitar dan pengurusan sumber daya secara berkesan. Akhir sekali, ia dapat memberi panduan kepada penyelidik lain dengan menyediakan panduan atau rangkuman kepada penyelidik lain yang berminat untuk menjalankan kajian lanjutan di utara Pulau Langkawi kelak. Ini termasuk menyenaraikan lapisan data yang boleh digunakan, menyediakan analisis ringkas, dan mengenal pasti titik-titik pemahaman yang boleh diperluaskan.

8.2 OBJEKTIF

Kajian ini bertujuan untuk mengumpulkan maklumat kualiti alam sekitar (marin, sungai, udara, air tanah, sedimentasi, logam berat, kepelbagaian biologi, akuakultur, dan Pendekatan Ekosistem kepada Pengurusan Perikanan (EAFM)) daripada kajian terdahulu di Pulau Langkawi.

8.3 KAEDAH KAJIAN

Metodologi kajian rujukan ini adalah mengumpulkan data-data relevan dari tahun 2000 dan ke atas, khususnya di kawasan utara Pulau Langkawi. Kajian ini meneliti sumber data daripada kertas-kertas penyelidikan yang diterbitkan, termasuk maklumat daripada agensi kerajaan. Langkah pertama dalam metodologi ini adalah mengenal pasti kata kunci yang sesuai dan menggunakannya untuk mencari maklumat dalam pangkalan data penyelidikan. Selepas itu, data yang ditemui dikumpul, dianalisis dan disusun mengikut kerangka masa yang telah ditetapkan. Ini termasuk mengesahkan kesahihan data dan memastikan ia relevan dengan tujuan kajian. Kajian ini dijalankan dengan teliti dan mematuhi prinsip-prinsip penyelidikan untuk memastikan kebolehpercayaan dan ketepatan maklumat yang diperoleh.

8.4 HASIL KAJIAN

8.4.1 Kualiti Alam Sekitar

i) Kualiti Air Marin

Pengawasan kualiti air adalah bertujuan mengenal pasti status kualiti air marin dan menentukan tahap pencemaran daripada punca-punca di daratan dan juga di laut. Punca-punca pencemaran ini boleh menimbulkan ancaman kepada sumber kehidupan marin dan sekali gus mengganggu kestabilan ekosistem marin. Indeks Kualiti Air Marin (IKAM) digunakan sebagai satu kaedah menentukan status kualiti air marin. Indeks digunakan berdasarkan parameter seperti oksigen terlarut (DO), nitrat (NO_3), fosfat (PO_4), ammonia tidak terion (NH_3) dan jumlah pepejal terlarut (TSS). IKAM yang berskala 0 hingga 100 akan menentukan kualiti air marin daripada Tercemar hingga Terbaik seperti yang dipaparkan di **Jadual 1**.

Jadual 1: Nilai indeks bagi kualiti air.

Kategori	Nilai Indeks
Terbaik	90 – 100
Baik	80 - <90
Sederhana	50 - <80
Tercemar	0 - <50

Sumber: Jabatan Alam Sekitar (2022)

Analisis kualiti air marin (pantai)

Terdapat dua stesen pemantauan yang berada di bahagian utara Pulau Langkawi seperti yang ditunjukkan pada **Jadual 2**. Merujuk **Jadual 2**, kawasan Pantai Pasir Tengkorak dikategorikan dalam kelompok 'Terbaik' manakala Kawasan Pantai Kok pula dikategorikan sebagai 'Baik'. Di Pantai Kok, nilai IKAM menunjukkan penurunan dari tahun 2014 hingga tahun 2016. Pada 2017, nilai IKAM meningkat kepada 83 dan terus meningkat pada tahun berikutnya. Pada tahun 2019, nilai IKAM mencatatkan penurunan dan kembali meningkat sehingga 2021. Pada tahun 2022, nilai IKAM di pantai Kok mencatatkan nilai 83. Ia disebabkan peningkatan aktiviti dari segi pelancongan kerana sektor pelancongan telah kembali selepas pandemik Covid-19.

Di Pantai Pasir Tengkorak pula, peningkatan nilai IKAM direkodkan dari tahun 2014 hingga 2015 dan menurun pada tahun 2016. Pada tahun 2017 dan 2018 mencatatkan nilai IKAM yang tinggi sehingga dikategorikan dalam kelompok 'Terbaik'. Tahun 2019 mencatatkan nilai IKAM yang rendah iaitu 68 dan mula meningkat sehingga tahun 2021 disebabkan faktor pengurangan aktiviti pelancongan. Nilai IKAM Pantai Pasir Tengkorak pada tahun 2022 adalah 93. Jika diamati, nilai IKAM tertinggi bagi Pantai Kok adalah 95 iaitu pada tahun 2020 manakala nilai tertinggi bagi Pantai Pasir Tengkorak adalah 96 pada tahun 2021.

Jadual 2: Nilai stesen pantai IKAM di utara Pulau Langkawi dari tahun 2014 hingga 2022.

Tahun	Stesen Pantai	
	Pantai Kok	Pasir Tengkorak
2014	82	82
2015	72	85
2016	66	68
2017	83	93
2018	94	94
2019	92	68
2020	95	93
2021	90	96
2022	83	93
Kategori (2022)	Baik	Terbaik

Sumber: Jabatan Alam Sekitar (2022).

Analisis kualiti air (pulau)

Terdapat beberapa buah stesen pemantauan yang berada di Pulau Langkawi dan di utara Pulau Langkawi sahaja terdapat lima stesen pemantauan. Merujuk kepada **Jadual 3** di bawah, kelima-lima kawasan di utara Pulau Langkawi dikategorikan dalam kelompok terbaik. Nilai IKAM di kawasan Pulau Pasir, Pulau Gasing dan Pulau Dangli tidak direkodkan pada tahun 2014 hingga 2016 disebabkan kawasan ini belum dijadikan kawasan stesen pemantauan. Di Tanjung Rhu, nilai IKAM menunjukkan peningkatan dari tahun 2014 hingga 2015 dan mula menurun pada tahun 2016 disebabkan oleh aktiviti pelancongan yang pesat. Pada tahun 2017, peningkatan nilai IKAM mula direkodkan sehingga tahun 2018 dan menurun kembali pada tahun 2019. Pada tahun 2020, Nilai IKAM meningkat kepada 93 dan menurun pada dua tahun berikutnya. Ia disebabkan oleh aktiviti pelancongan dan penangkapan hasil laut yang meningkat. Di kawasan Teluk Ewa pula, nilai IKAM menunjukkan peningkatan dari tahun 2014 hingga 2019 dan mengalami penurunan pada tahun 2020. Pada tahun 2021, nilai IKAM meningkat kembali hingga tahun 2022. Di Pulau Pasir, Nilai IKAM menunjukkan peningkatan dari tahun 2017 hingga tahun 2020 dan setara sehingga tahun 2022. Ia disebabkan oleh kurangnya aktiviti pelancongan di kawasan tersebut. Di Pulau Gasing pula, nilai IKAM meningkat dari tahun 2017 hingga 2020 dan menurun pada tahun 2021. Pada tahun 2022, nilai IKAM meningkat kepada 97. Di Pulau Dangli, nilai IKAM meningkat dari tahun 2017 hingga tahun 2020 dan mula menurun pada tahun berikutnya. Pada tahun 2022, nilai IKAM direkodkan pada 97.

Jadual 3: Nilai IKAM stesen pulau di utara Pulau Langkawi dari tahun 2014 hingga 2022.

Tahun	Stesen Pulau				
	Tanjung Rhu	Teluk Ewa	Pulau Pasir	Pulau Gasing	Pulau Dangli
2014	86	67	-	-	-
2015	88	74	-	-	-
2016	67	74	-	-	-
2017	92	92	93	94	92
2018	94	94	94	94	94
2019	91	95	94	94	95
2020	93	94	96	95	95
2021	91	92	96	92	91
2022	91	96	96	97	97
Kategori (2022)	Terbaik	Terbaik	Terbaik	Terbaik	Terbaik

Sumber: Jabatan Alam Sekitar (2022).

Proses eutrofikasi merupakan ancaman utama kepada ekosistem marin pada masa kini. Faktor utama yang mempengaruhi proses ini ialah pengayaan nutrien, terutamanya disebabkan kemasukan nitrogen ke dalam sistem marin. Scavia dan Bricker (2006), menyatakan proses eutrofikasi mempunyai kesan buruk terhadap persekitaran air laut di seluruh dunia dengan menyebabkan kekurangan oksigen, kehilangan kepelbagaian biologi, menjadikan persekitaran toksik bagi karang, melambatkan pertumbuhan kerangka, meningkatkan kekerapan kuantiti alga berbahaya dan perubahan dalam komposisi spesies. Pemiakan alga yang disebabkan penambahan nutrien dalam ekosistem laut akan meningkatkan kekeruhan air dan mengurangkan kadar penembusan cahaya kepada pengeluar utama seperti terumbu karang.

Jadual 4 menunjukkan taburan data fizikal parameter yang telah dilakukan di kawasan Pulau Dangli pada setiap musim. Hasil daripada pemerhatian yang dilakukan, Angin Monsun Timur Laut merupakan punca utama dalam penurunan suhu. Pergerakan angin Monsun Timur Laut menyebabkan pergerakan arus permukaan dari Selat Melaka bergerak keluar ke arah Laut Andaman manakala arus dasar dari Laut Andaman akan naik memasuki Selat Melaka dan berlaku proses julang alir (*upwelling*) yang membawa air laut sejuk dan kaya dengan nutrien naik ke permukaan air (Akhir et al., 2015). Kebiasaannya, hemisfera utara akan mengalami musim panas pada bulan Jun. Pada ketika ini, angin Monsun Barat Daya mendominasi perairan Telok Bengal dan secara tidak langsung, ia mempengaruhi pergerakan arus di Laut Andaman. Oleh yang demikian, pergerakan arus permukaan yang membawa suhu air yang agak tinggi akan mula bergerak masuk ke kawasan Selat Melaka dan kawasan kajian akan dipengaruhi oleh perubahan ini (Rizal et al., 2012).

Jadual 4: Taburan data fizikal parameter bagi Pulau Dangli pada setiap musim (Jamil, 2022)

PARAMETER	MUSIM			
	FIM	NEM	SIM	SWM
Suhu (°C)	30.03	28.64	30.23	30.92
pH	8.21	8.18	8.15	8.22
Saliniti (ppt)	30.95	31.11	31.12	31.02
DO (mg/l)	6.89	7.09	6.61	6.04
NO ₃ ⁻ (mg/l)	46.19	76.05	45.87	76.05
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	10.02	5.51	8.61	6.16

Penunjuk: FIM = Peralihan Monsun Pertama; NEM = Monsun Timur Laut; SIM = Peralihan Monsun Kedua; SWM = Monsun Barat Daya

Fizikal parameter yang seterusnya adalah pH. Ketika musim Peralihan Monsun Pertama (FIM), julat nilai pH berkisar pada 8.21 dan ketika musim Monsun Timur Laut (NEM) adalah

antara 8.18. Sementara itu, ketika musim Peralihan Monsun Kedua (SIM) dan Monsun Barat Daya (SWM) masing-masing mencatatkan julat bacaan 8.15 dan 8.22. Menurut Chester dan Jickells (2012), nilai pH air laut adalah terhad antara 7.5 dan 8.4. Namun, tiada skala pH rujukan yang khusus secara universal untuk air laut dan perbezaan antara pengukuran adalah berdasarkan skala rujukan berlainan mungkin sehingga 0.14 unit (Li & Liu 2019).

Parameter air ketiga adalah saliniti. Secara purata, kawasan kajian mencatatkan bacaan saliniti pada 30.95 – 31.12 ppt. Secara purata, air laut di lautan dunia mempunyai saliniti kira-kira 3.5% atau 35 ppt (Li & Liu 2019). Musim angin Timur Laut kebiasaannya membawa hujan yang sedikit dan lebih didominasi oleh cuaca panas dan kering di Pulau Langkawi. Taburan hujan yang kurang pada ketika ini menyebabkan lebih banyak pancaran matahari dan secara tidak langsung, ia akan meningkatkan suhu permukaan air laut. Akibat peningkatan suhu, air laut akan mudah tersejat dan menjadikan larutan elemen kimia atau larutan garam tersebut lebih pekat. Akhirnya, saliniti air laut bertambah disebabkan peningkatan kadar penyejatan air (Paul & Gwynn-Jones, 2003).

Fizikal parameter air laut seterusnya adalah oksigen terlarut (mg/l). Ketika musim FIM, taburan oksigen memberi nilai 6.89 mg/l manakala ketika musim NEM, nilai oksigen terlarut adalah 7.09 dan ketika musim SWM, nilai oksigen terlarut adalah 6.04. Namun, ketika musim SIM, taburan oksigen terlarut didapati berbeza yang mana berlaku penurunan kadar kepekatan oksigen terlarut dengan merekodkan nilai 6.61 mg/l. Secara keseluruhannya, musim NEM merekodkan bacaan purata oksigen terlarut tertinggi dengan nilai kepekatan 7.09mg/l dan musim SWM pula merekodkan nilai terendah (6.04 mg/l). Taburan hujan di kawasan kajian akan meningkat dan menyebabkan berlakunya larian air dari teresterial yang membawa nutrien ke kawasan laut; menyebabkan ketidakseimbangan sifat air. Bagi mengimbangnya semula, kitaran Nitrogen di dalam air, penguraian komponen NH_3 kepada NO_2 dan NO_2 kepada NO_3^- , bakteria penitritan akan memainkan peranan penting dalam proses penguraian ini (Bandekar & Haragi, 2017; Cavazos et al., 2018). Bakteria ini adalah entiti hidup yang memerlukan oksigen dan makanan (sumber ammonia) untuk terus bertahan.

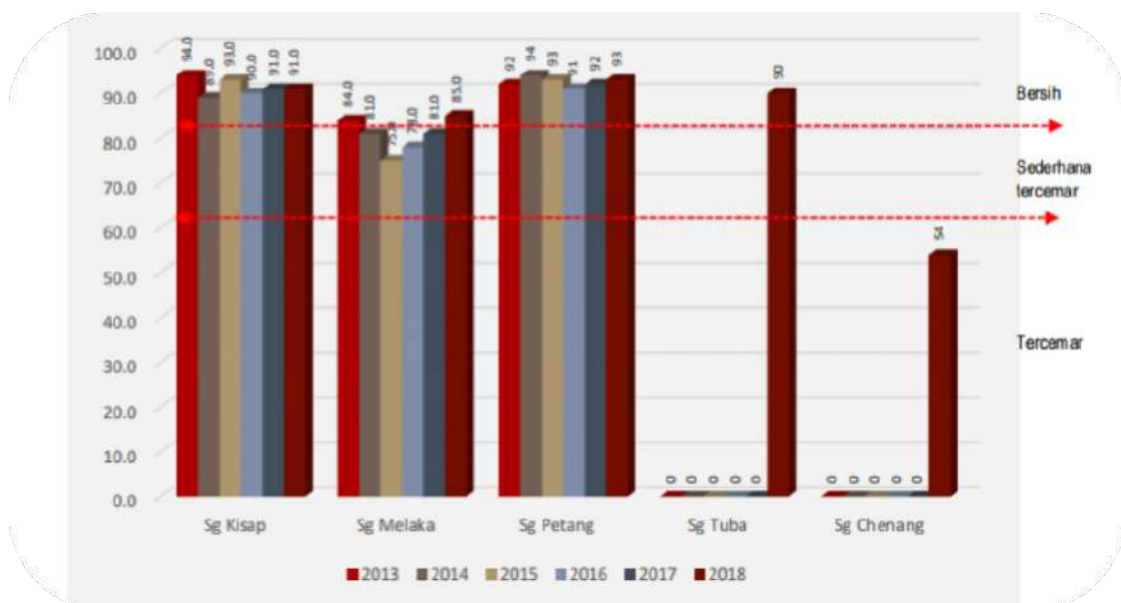
Hasil pemerhatian analisa data taburan nitrat (NO_3^-) mendapati pola taburan yang agak tinggi ketika musim NEM dan musim SWM dengan masing-masing mencatatkan bacaan 76.05 $\mu\text{g/l}$. Bacaan paling minimum jatuh pada musim SIM dengan merekodkan nilai kepekatan 45.87 $\mu\text{g/l}$. Ini berkemungkinan pada musim NEM, berlakunya julangan air dasar (upwelling) ke permukaan dan menyebabkan data pada musim NEM melonjak naik akibat proses ini (Jamil, 2022).

Taburan nutrien seterusnya adalah fosfat. Daripada pemerhatian didapati kepekatan fosfat agak tinggi pada musim FIM dengan nilai kepekatan 10.02 $\mu\text{g/l}$, diikuti dengan musim

SIM dengan kadar kepekatan 8.61 µg/l. Kepekatan paling minimum direkodkan pada musim NEM dengan nilai kepekatan 5.51 µg/l. Menurut Shah (2015), aerosol yang mengandungi fosfat terhasil daripada pembakaran biomas seperti kesan pembakaran hutan turut menyumbang kepada pengaliran keluar elemen fosfat ke dalam lautan antarabangsa.

ii) Kualiti Air Sungai

Terdapat lima stesen pengawasan kualiti air sungai di bawah Jabatan Alam Sekitar (JAS) Malaysia bagi memantau kualiti air sungai di kawasan kajian. Kelima-lima stesen ini terletak di Sungai Kisap, Sungai Melaka, Sungai Petang, Sungai Chenang dan Sungai Tuba di Pulau Tuba. Stesen di Sungai Chenang dan Sungai Tuba hanya mula beroperasi pada 2018. **Rajah 1** di bawah menunjukkan trend bacaan Indeks Kualiti Air (IKA) dari tahun 2013 hingga 2018 untuk kesemua stesen di kawasan kajian. Purata indeks tahunan IKA di kesemua stesen pengawasan di kawasan kajian bagi tahun 2013 sehingga 2018 berada di tahap 'Bersih'.



Sumber: Jabatan Alam Sekitar (2020).

Rajah 1: Trend bacaan Indeks Kualiti Air

iii) Kualiti Udara

Bagi pemantauan kualiti udara di Langkawi, JAS Malaysia telah menempatkan satu stesen pengawasan kualiti udara yang terletak di Kompleks Sukan Kuah, Langkawi (Stesen CA02K). Di kawasan ini, operasi yang berlangsung di kilang simen merupakan salah satu sumber pencemaran di kawasan ini, disebabkan sisa asap yang dibebaskan mengandungi bahan pencemaran seperti logam berat, gas dan lain-lain.

Difahamkan bahawa kilang simen tersebut sentiasa mematuhi Prosedur Operasi Standard (SOP) dan peraturan yang ditetapkan namun, masih wujud perasaan kurang senang

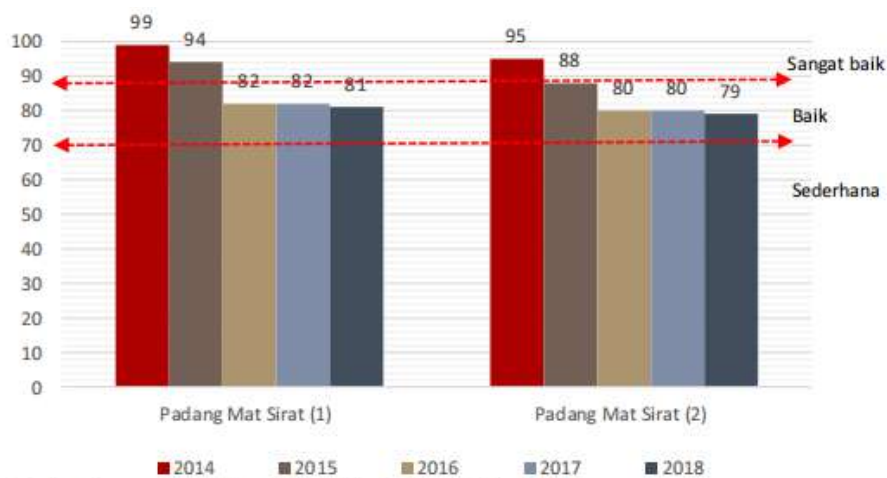
di kalangan penduduk setempat. Sekiranya SOP dan peraturan yang digariskan pihak berkuasa tempatan tidak dipatuhi oleh kilang tersebut, keadaan ini boleh merumitkan lagi masalah pencemaran udara dan menjejaskan kesihatan penduduk yang tinggal berdekatan dengan premis kilang ini. Setakat ini, belum timbul keadaan kacau ganggu yang ketara dan kritikal yang boleh dikaitkan dengan operasi kilang simen ini menjejaskan kualiti kehidupan penduduk berhampiran (**Rajah 2**).



Rajah 2: Perumahan penduduk di Kampung Ewa yang berdekatan dengan kilang simen.

iv) Kualiti Air Tanah

Air tanah merupakan sumber yang penting dan berpotensi sebagai bekalan air alternatif bagi membekalkan air kepada penduduk tempatan. JAS mempunyai dua stesen pengawasan kualiti air tanah di Pulau Langkawi yang terletak di Lapangan Terbang Antarabangsa Langkawi, Padang Mat Sirat. Daripada Laporan Kualiti Alam Sekitar 2018, pemantauan trend untuk lima tahun (2014 hingga 2018) menunjukkan penurunan Indeks Kualiti Air Tanah (IKAT) bagi kedua-dua lokasi stesen ini (**Rajah 3**).



Sumber: Jabatan Alam Sekitar (2018).

Rajah 3: Laporan kualiti air tanah di dua stesen pengawasan.

Bacaan Indeks Kualiti Air Tanah tertinggi telah direkodkan pada tahun 2014 dengan bacaan 99 dan 95. Tahun 2018 mencatatkan indeks kualiti terendah dengan bacaan 81 dan 79. Walaupun bacaan IKAT menurun secara konsisten, kualiti air tanah ini masih berada dalam kategori 'Baik'. Menurut Laporan Kualiti Alam sekitar (2018), aktiviti pembangunan tanah, pelancongan dan pertanian telah memberi kesan kepada penurunan kualiti air tanah.

v) Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) di Permukaan Sedimen

Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) terdiri daripada dua atau lebih cincin benzena dan merupakan salah satu jenis pencemar alam sekitar paling utama. Sebanyak 16 PAH telah dikategorikan sebagai 'pencemar utama' oleh Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat (US EPA) kerana ciri-ciri mutagenik, toksik, berkekalan dan karsinogenik (Zhang et al., 2012; Gu et al., 2013). Oleh kerana kompaun ini bersifat hidrofobik, mereka cenderung untuk diserap ke dalam fasa zarah; menjadikan sedimen marin sebagai takungan kompaun ini (Karickhoff 1984; Kucuksezgin et al., 2012). Kompaun-kompaun ini kebanyakannya berkait rapat dengan aktiviti manusia dan pembangunan bandar (Pietzsch et al., 2010). Mereka diperkenalkan ke dalam persekitaran akuatik melalui kemalangan tumpahan minyak, emisi kenderaan, limpahan bandar dan aktiviti pembakaran lain (Ying et al., 2008).

Kepekatan 15 PAH dan nisbah diagnostik mereka ditunjukkan dalam **Jadual 5** seperti di bawah. Kepekatan keseluruhan PAH tertinggi direkodkan di Stesen 19 iaitu di kawasan Kilim Geopark (755.24 ng/g), manakala kepekatan terendah direkodkan di Stesen 16 iaitu di kawasan muara sungai Kubang Badak (295.75 ng/g). Dalam konteks ini, ia menunjukkan kawasan-kawasan ini mungkin terdedah kepada pencemaran PAH dengan kepekatan yang lebih tinggi. Stesen-stesen berdekatan dengan kawasan resort seperti Pantai Chenang, lapangan terbang dan Telaga Harbour menunjukkan kehadiran PAH yang signifikan, yang mungkin disebabkan oleh aktiviti manusia yang berlebihan di kawasan tersebut. Tambahan pula, perbezaan kepekatan PAH antara stesen-stesen tersebut mencadangkan kemungkinan sumber pencemaran adalah berbeza-beza di setiap lokasi. Ini boleh merangkumi pelbagai aktiviti seperti pengangkutan, pengurusan sisa atau kegiatan industri yang mungkin menyumbang kepada peningkatan kepekatan PAH di sekitar kawasan-kawasan tersebut.

Jadual 5: Ringkasan kepekatan PAH (ng/g) di utara Langkawi menurut Chiu et al. (2018).

Kawasan Kajian Kompaun	ST 13	ST 14	ST 15	ST 16	ST 17	ST 18	ST 19	ST 20	ST 21
Naphthalene	23.61	30.00	25.90	21.79	18.63	26.70	27.28	22.40	24.05
Fluorene	-	-	-	-	-	27.69	28.48	-	-
Phenanthrene	26.83	-	25.76	24.70	21.21	44.68	48.01	24.83	26.71
Anthracene	37.57	-	36.76	35.96	31.02	41.38	42.45	35.95	39.06
Fluoranthene	37.16	47.14	40.66	34.17	29.78	44.66	46.96	35.20	37.77
Pyrene	40.92	50.61	43.64	36.67	31.82	47.48	50.31	37.64	40.22
Benz[a]anthracene	49.83	64.08	55.21	46.33	40.66	51.79	53.81	47.29	51.04
Chrysene	38.65	49.60	42.72	35.84	31.50	43.29	49.82	37.13	39.89
Benzo[b]fluoranthene	45.49	-	-	-	37.26	48.57	48.99	44.01	47.27
Perylene	44.85	-	-	-	36.74	47.85	47.73	42.93	46.59
Benzo[k]fluoranthene	63.99	83.14	71.72	60.30	52.71	74.23	78.64	61.45	66.60
Benzo[e]pyrene	61.59	80.20	-	-	50.76	66.56	65.96	59.18	63.71
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	-	-	-	-	0.00	58.27	59.74	53.75	58.17
Dibenzo[a,h]anthracene	-	-	-	-	0.00	52.83	54.11	48.67	-
Benzo[ghi]perylene	49.67	64.41	32.20	0.00	40.71	52.29	52.94	48.18	51.75
Jumlah PAH	520.15	469.19	374.57	295.75	422.81	728.28	755.24	598.83	592.83
Standard PAH (Kelas 1)	100.00								

Nota: “-” = tiada bacaan.

Tahap pencemaran PAH di Pulau Langkawi berkisar antara 228.13 hingga 990.25 ng/g dan ia boleh digambarkan sebagai rendah hingga sederhana (Chiu et al., 2018) berbanding kajian kepekatan PAH yang dilakukan sebelum ini. Keputusan taburan individu PAH menunjukkan sumber pirogenik merupakan punca utama PAH di kebanyakan stesen disebabkan dominasi tinggi PAH bermassa molekul tinggi (HMW) dengan 4 cincin (31.59%), 5 cincin (30.30%), dan 6 cincin (12.43%). PCA-APCS-MLR menunjukkan emisi gas asli menyumbang kepada 57% daripada kepekatan PAH keseluruhan, manakala 22% berpunca daripada pembakaran dan pirolisis bahan api yang tidak lengkap, 15% daripada gabungan sumber pirogenik dan petrogenik, manakala 6% daripada sumber yang tidak ditentukan. Kebanyakan emisi gas asli yang menyumbang kepada sumber PAH berasal daripada feri komersial, bot dan trafik kenderaan di pulau utama Pulau Langkawi.

vi. Sedimentasi

Secara amnya, kebanyakan koloni karang di Pulau Langkawi UNESCO Global Geopark (LUGG) sangat dipengaruhi oleh pergerakan sedimen terampai. Pertumbuhan pesat di kawasan pesisiran memberi kesan langsung kepada perubahan kesihatan karang melalui peningkatan kadar sedimentasi yang dipercepatkan oleh aliran air permukaan semasa hujan lebat (musim monsun). Beberapa kajian di LUGG yang melibatkan kajian oleh Jonsson (2003), Abdullah et al. (2011), dan Lee & Mohamed (2011) telah dijalankan untuk mengkaji kadar sedimentasi. Jonsson (2003) melaporkan keterlihatan atau visibiliti air di sekitar pulau-pulau sangat rendah dengan kadar sedimentasi yang tinggi. Tambahan pula, keadaan ini dianggap normal untuk pulau-pulau yang terletak di Selat Melaka. Pernyataan ini diperkuat oleh penyelidikan yang dilakukan oleh Lee & Mohamed (2011) mengenai kadar sedimentasi di LUGG, dengan mencatat nilai 49.92 mg/cm²/hari di Telok Yu dan 6.64 mg/cm²/hari di Datai. Sementara itu, menurut Abdullah et al. (2011), kadar sedimentasi lazimnya lebih rendah semasa musim Monsun Timur Laut berbanding Monsun Barat Daya di bahagian utara LUGG.

Selain itu, satu kajian mengenai kesan tekanan daripada beban sedimen di Singapura mendapati kelimpahan karang telah menurun sebanyak kira-kira 50% dalam tempoh lebih daripada tiga dekad (Dikou & van Woessik 2006), manakala beberapa jenis karang masih berkembang pesat dalam keadaan air yang keruh secara semula jadi. Oleh itu, ekologi terumbu telah berubah akibat tekanan sedimentasi. Peningkatan dalam sedimentasi dan kekeruhan air turut memberi kesan yang ketara terhadap kadar pernafasan, kadar pertumbuhan, pembiakan dan proses merekrut bagi terumbu itu sendiri (Bartley et al. 2014; Jokiel et al., 2014; van Maren et al., 2014). Selanjutnya, Meesters et al. (1992) merekodkan kadar pertumbuhan karang *Orbicella annularis* yang lebih rendah di kawasan yang mempunyai jumlah masukan sedimen yang lebih tinggi. Menurut Perry et al. (2012), persekitaran pantai yang mempunyai

kadar sedimentasi yang tinggi menunjukkan perkembangan terumbu yang berbeza dengan persekitaran air yang jernih; dan ia didominasi oleh spesies tertentu yang dapat beradaptasi dengan kadar tekanan kekeruhan dan pemendapan yang tinggi, yang menggalakkan pertumbuhan terumbu karang secara menegak dengan cepat.

Pemendapan sedimen boleh diukur dengan menggunakan perangkap sedimen. Persampelan telah dilakukan di sekitar Pulau Dangli, Pulau Gasing dan Pulau Pasir pada empat musim yang berbeza, iaitu Musim Monsun Timur Laut (NEM), Musim Monsun Peralihan Pertama (FIM), Musim Monsun Barat Daya (SEM), dan Musim Monsun Peralihan Kedua (SIM). Kadar sedimentasi bergantung kepada musim dan juga arus pasang surut. Kedua-dua faktor ini memainkan peranan penting dalam proses sedimentasi terutamanya di kawasan pesisir Pantai (Jamil, 2022).

Secara keseluruhannya, musim FIM mencatatkan nilai purata tertinggi (34.85 ± 12.52 mg/cm²/hari), diikuti musim SWM (32.89 ± 11.73 mg/cm²/hari) (**Jadual 6**). Peningkatan ini berkait rapat dengan taburan hujan yang tinggi semasa musim SWM dan FIM. Pada masa ini, aliran air dari daratan atau terestrial akan memasuki kawasan kajian melalui muara sungai yang berdekatan, iaitu muara Sungai Kubang Badak (berada di bahagian barat) dan muara Sungai Tanjung Rhu (berada di bahagian timur). Kemungkinan sebahagian kecil daripada tindakan ini, menyumbang kepada kadar sedimentasi yang tinggi di kawasan kajian.

Jadual 6: Kadar akumulasi sedimen (mg/cm²/hari) bagi Pulau Dangli, Pulau Gasing dan Pulau Pasir, Langkawi (Jamil, 2022).

Musim	Kadar Akumulasi Sedimen (mg/cm ² /hari)						Purata
	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	
FIM	48.10±0.73	49.58±0.48	17.23±0.37	27.75±0.84	36.77±0.74	29.64±0.03	34.85±12.52
NEM	39.03±0.62	28.14±0.37	14.29±0.24	15.46±0.74	32.48±0.47	28.84±0.37	26.37±9.71
SIM	32.51±0.52	17.23±0.54	24.84±0.84	27.75±1.03	35.03±0.34	31.35±0.36	28.12±6.43
SWM	51.76±0.16	31.39±0.74	24.14±0.74	23.13±0.93	24.59±0.09	42.30±0.83	32.89±11.73
Purata	42.85±8.73	31.58±13.44	20.13±5.19	23.52±5.80	32.22±5.38	33.04±6.27	30.56±3.97

Daripada kajian tersebut, Pulau Dangli dapat dianggap mencatatkan bacaan yang tinggi jika dibandingkan dengan kawasan kajian yang lain. Ini mungkin disebabkan oleh kedudukan pulau ini yang berhampiran dengan industri simen yang mana partikel-partikel halus (habuk simen) daripada proses simen dibawa keluar oleh aliran air semasa musim FIM dan SWM. Menurut penelitian sebelumnya, nilai turbiditi atau kekeruhan di sesuatu kawasan disebabkan oleh beberapa faktor seperti pembangunan pesisir pantai (Tosic et al., 2018), partikel halus

daripada industri simen (Malang & Hamsiah 2016), aktiviti penebangan hutan (Sidik et al., 2016) dan pembukaan tanah pertanian baru di kawasan hulu (Mateos-Molina et al., 2015). Kesemua faktor ini dapat meningkatkan kadar kemerosotan habitat marin.

vii. Logam Berat dalam Persekitaran Marin

Secara umumnya, kehadiran logam dalam ekosistem laut boleh berasal daripada dua sumber utama: semula jadi dan hasil aktiviti manusia. Sumber utama pencemaran logam terdiri daripada pembuangan sisa industri, pembuangan kumbahan domestik dan emisi bahan bakar kenderaan (Chinnaraja et al., 2011). Tambahan pula, aktiviti manusia seperti proses perindustrian, pertanian, pembuangan kumbahan domestik dan emisi kenderaan juga menyumbang kepada peningkatan konsentrasi logam dalam persekitaran laut (Idris, 2008).

Kesan daripada kandungan logam ini tidak hanya terhadap organisma yang menjadi sasaran secara langsung seperti ikan, invertebrata dan plankton, tetapi juga boleh mencemari keseluruhan rangkaian makanan. Oleh itu, perlindungan terhadap keseimbangan ekosistem laut menjadi penting. Berdasarkan **Jadual 7**, penilaian menyeluruh terhadap kepekatan logam berat di pelbagai lokasi di Langkawi telah dijalankan dalam kajian terdahulu.

Kajian oleh Mokhtar et al. (2019) yang bertumpu kepada kawasan perairan sekitar Pulau Dangli mendapati kepekatan Kadmium, Kobalt, dan Ferum semuanya di bawah nilai purata yang terdapat dalam kerak bumi. Ini menunjukkan tahap unsur-unsur ini adalah rendah secara relatif dan tidak menimbulkan kebimbangan yang signifikan di kawasan tersebut. Kajian yang dijalankan oleh Tajam dan Kamal (2013) di Sungai Kilim, Langkawi, mendapati hanya Kadmium dan Zink yang melebihi nilai yang biasanya terdapat dalam kerak bumi. Ini menunjukkan kemungkinan adanya punca tempatan atau pengaruh yang menyebabkan peningkatan kepekatan unsur-unsur ini dalam sedimen atau air di Sungai Kilim seperti bahan buangan domestik, pembinaan bangunan dan aktiviti-aktiviti melibatkan bot.

Kepekatan logam berat dalam sedimen menunjukkan bahawa Cd dan Pb diperkaya dengan 'Sederhana', sementara logam-logam lain yang dikaji berada pada tahap 'Kurang' dan hanya diperkaya dengan minimum oleh sumber antropogenik atau yang kebanyakannya berasal dari daratan (Zahir et al., 2012; Tajam & Kamal, 2013). Tahap kepekatan logam terlarut pula menunjukkan input yang tinggi daripada sumber antropogenik. Menurut Zulfigar et al. (2013), Pb yang dikaji di kawasan tersebut mempunyai pengayaan yang 'Sederhana' ke 'Sangat tinggi'. Ini menunjukkan mungkin terdapat sumbangan input antropogenik yang signifikan atau sumber setempat yang menyumbang kepada tahap Pb yang tinggi dalam perairan. Kajian-kajian ini menyorot perbezaan ruang kepekatan logam berat di kawasan-kawasan berbeza di Pulau Langkawi. Beberapa unsur mungkin berada di bawah nilai kerak bumi menunjukkan tahap

pencemaran yang rendah secara relatif, manakala unsur lain mungkin menunjukkan kepekatan yang tinggi, menjadi penunjuk kepada pencemaran. Hal ini penting untuk mempertimbangkan penemuan ini dalam pembangunan strategi pengurusan dan mitigasi yang sesuai bagi mengurangkan risiko alam sekitar dan kesihatan yang berkaitan pencemaran logam berat di Pulau Langkawi. Bagi logam-logam lain yang dikaji, kebanyakannya boleh dikategorikan sebagai 'Kurang' hingga diperkaya dengan jelas oleh sumber antropogenik.

Pemantauan dan penilaian sumber pencemaran logam dan toksisiti untuk biota akuatik melalui pengukuran langsung tahap logam dalam sedimen mungkin tidak mencukupi. Oleh itu, pelbagai teknik analitikal telah digunakan untuk menilai risiko ekologi yang berpotensi dalam sedimen di habitat akuatik, dengan mempertimbangkan taburan, sumber dan klasifikasi logam berat. Dalam pengurusan risiko alam sekitar, beberapa indeks alam sekitar yang boleh dipercayai sering digunakan, seperti Faktor Pencemaran (CF), Faktor Pengayaan (EF), dan Indeks Geoakumulasi (Igeo). Indeks-indeks ini memainkan peranan penting dalam menerangkan sumber pencemar dan menilai kesan ekologi yang mungkin timbul daripada sedimen tercemar (Patel et al., 2017; Ustaoglu & Tepe, 2019). Indeks-indeks ini turut menyediakan maklumat berharga untuk pengurusan air permukaan dan penilaian risiko ekologi sungai. Penemuan ini memberi gambaran jelas mengenai impak aktiviti manusia terhadap kehadiran logam berat dalam sedimen, dan perlu diambil perhatian dalam usaha pemantauan dan pengurusan sumber daya alam bagi memastikan kelestarian persekitaran marin.

Jadual 7: Ringkasan kajian logam berat di Pulau Langkawi UNESCO Global Geopark (Jamil 2022).

Kawasan Kajian	As	Cd	Co	Fe	Pb	Zn	Rujukan
Logam Berat dalam Sedimen ($\mu\text{g/g}$)							
Pulau Dangli	11.42 \pm 1.63	0.07 \pm 0.03	9.47 \pm 2.74	3.58 \pm 0.63	25.05 \pm 5.09	69.22 \pm 11.97	Mokhtar et al. (2019)
Sungai Kilim	-	0.27 \pm 0.14	7.69 \pm 0.82	4.8 \pm 0.42	5.29 \pm 3.47	66.82 \pm 4.86	Tajam & Kamal (2013)
Tanjung Rhu	-	0.34 \pm 0.12	-	-	15.54	132.20 \pm 4.62	Zahir et al. (2012)
Teluk Datai	-	0.58 \pm 0.16	-	-	21.56	96.30 \pm 2.72	Zahir et al. (2012)
Pantai Kok	-	0.43 \pm 0.12	-	-	27.22	102.60 \pm 6.82	Zahir et al. (2012)
Kuala Triang	-	0.84 \pm 0.30	-	-	33.19	84.26 \pm 3.88	Zahir et al. (2012)
Pulau Tuba	-	-	-	-	3.15	-	Jalal et al. (2009)
Logam Berat dalam Air ($\mu\text{g/L}$)							
Pulau Payar	-	0.072	-	-	0.64	70.91	Zulfigar et al. (2013)
Timur laut Langkawi	-	85-140	-	-	570-935	130-185	Wong et al. (2005)
Kerak Bumi							
Kepekatan Kerak Bumi	1.8	0.15	25	5.63	14	70	Lide (2004)

Nota: As = Arsenik; Cd = Kadmium; Co = Kobalt; Fe = Ferum; Pb = Plumbum; Zn = Zink

8.4.2 Kepelbagaian Biologi di Pulau Langkawi

i) Terumbu Karang

Terumbu karang ialah ekosistem bawah air yang pelbagai yang terdiri daripada koloni organisma marin yang dikenali sebagai polip karang. Terumbu karang ini terbentuk daripada kalsium karbonat yang dirembeskan oleh batu karang dan ditemui dalam persekitaran air suam cetek, biasanya di laut tropika dan subtropika. Terumbu karang menyediakan habitat penting untuk pelbagai jenis hidupan marin. Struktur terumbu yang kompleks menawarkan perlindungan, tempat pembiakan dan kawasan makan untuk banyak spesies ikan, invertebrata dan organisma laut yang lain.

Beberapa kajian terumbu karang telah dijalankan di utara Pulau Langkawi seperti di dalam **Jadual 8**. Kajian yang telah dijalankan Jonsson (2003) menunjukkan penurunan bilangan terumbu karang dapat dilihat dengan membandingkan peratusan litupan karang hidup dan karang mati. Selain Teluk Datai, Pulau Rebak Besar dan Pulau Singa Besar adalah pulau yang paling kurang terdegradasi. Dua daripada lokasi kajian tersebut telah dikaji sebelumnya oleh Hendry & McWilliams (2002), iaitu Teluk Datai dan Pulau Singa Besar. Daripada pemerhatian mereka, tiada perbezaan ketara dalam penemuan saintifik antara kedua-dua penyelidik yang mencatatkan keadaan 'Sederhana' bagi Teluk Datai dan 'Baik' bagi Pulau Singa Besar.

Sementara itu, menurut Affendi (2005), peratusan litupan karang hidup yang paling tinggi di bahagian timur laut Langkawi UNESCO Global Geopark adalah 58.3%. Merujuk piawaian bagi skala kesihatan karang daripada projek *Asean Australia Living Coastal Resources* (Chou et al., 1994), didapati keadaan terumbu karang di kawasan kajian adalah daripada 'Sederhana' ke 'Baik'. Berbanding kajian terdahulu, kadar pertumbuhan karang telah meningkat daripada 'Rendah' ke 'Sederhana', hingga ke keadaan 'Baik'.

Satu tsunami telah melanda bahagian barat laut Semenanjung Malaysia pada pukul 12.20 tengahari waktu tempatan pada 26 Disember 2004. Berikutan kejadian itu, Lee et al. (2005) telah menjalankan pasca tsunami ke atas sumber kehidupan pantai di LUGG. Tinjauan *Rapid Benthic Survey* (RBS) dan *Linear Intercept Transect* (LIT) di bahagian barat LUGG telah menjadi tumpuan kajian termasuk Pulau Beras Basah, Pulau Intan Kecil, Pulau Anak Burau, Pulau Tepor, Tanjung Hulus, Datai dan Pulau Anak Datai. Didapati peratusan litupan karang hidup bagi lokasi-lokasi tersebut secara relatifnya adalah agak tinggi, dengan nilai masing-masing 30.5%, 14.0%, 34.0%, 53.0%, 50.0% dan 51.0% daripada kajian ini.

Namun, tiada kesan yang signifikan daripada gelombang bayangan (*shadow wave*) tsunami terhadap kerosakan fizikal terumbu karang. Jika dibandingkan dengan penemuan Hendry dan McWilliams (2002), tiada tanda degradasi karang yang dikenal pasti di kawasan

kajian ini. Sebaliknya, karang yang membina terumbu di kawasan ini kini sedang mengalami fasa pertumbuhan yang baik. Ini merupakan satu petunjuk yang baik bagi memulihara dan memelihara kawasan ini daripada potensi ancaman; dengan harapan agar kemampanan kehidupan marin di kawasan ini akan dapat dikekalkan untuk generasi akan datang.

Jadual 8: Ringkasan taburan terumbu karang di Pulau Langkawi (Jamil 2022).

Rujukan	Kawasan Kajian	Kaedah Survei	HC (%)	SC (%)	DC (%)	Bil. Genus	Status Karang
Jamil (2022)	Pulau Dangli	CVT	49.0	-	37.3	21	Sederhana
	Pulau Gasing	CVT	39.6	1.2	25.3	19	Sederhana
	Pulau Pasir	CVT	44.1	0.6	33.3	21	Sederhana
Lee et. al (2005)	Pulau Beras Basah	RBS	30.5	-	14.5	-	Sederhana
	Pulau Intan Kecil	RBS	14.0	-	11.0	-	Rendah
	Pulau Anak Burau	RBS	34.0	-	17.0	-	Sederhana
	Pulau Tepor	LIT	53.0	0.0	3.0	-	Baik
	Tanjung Hulur Datai	LIT	50.0	6.0	1.0	-	Baik
	Pulau Anak Datai	LIT	51.0	1.0	1.0	-	Baik
Affendi (2005)	Pulau Anak Gua Cerita	PIT	26.7	6.7	13.3	-	Sederhana
	Pulau Langgun	PIT	58.3	0.0	15.0	-	Baik
	Teluk Cina Mati	PIT	28.3	0.0	30.0	-	Sederhana
	Pulau Tg. Dendang	PIT	58.3	0.0	1.7	-	Baik
Jonsson (2003)	Teluk Datai	LIT	39.0	-	61.0	25	Sederhana
	Pulau Rebak Besar	LIT	32.0	-	68.0	24	Baik
	Pulau Singa Besar	LIT	50.0	-	51.0	25	Baik
Hendry & McWilliams (2002)	Teluk Datai	LIT	29-49	-	42-54	33	Sederhana
	Pulau Beras Basah	LIT	52-67	-	30-42	20	Baik
	Pulau Gubang Laut	LIT	48-75	-	25-48	11	Sederhana-Baik
	Pulau Intan Besar	LIT	48-72	-	26-42	17	Sederhana-Baik
	Pulau Puchong	LIT	44-78	-	38-19	16	Sederhana-Sangat Baik
	Pulau Singa Besar	RBS	50-69	-	26-47	23	Baik
	Pulau Utara	RBS	5-40	0-85	0-75	20	Rendah-Sederhana
	Pulau Timur Laut	RBS	10-25	-	55-75	15	Rendah-Sederhana
	Pulau Cepu	RBS	25-75	-	10-20	18	Sederhana-Baik
	Pulau Dangli	RBS	30-55	-	30-80	28	Sederhana-Baik
	Pulau Gasing	RBS	5-35	-	55-95	16	Rendah-Sederhana
	Pulau Intan Kecil	RBS	10-45	-	50-85	18	Rendah-Sederhana
	Pulau Langgun	RBS	5-65	-	30-75	21	Rendah-Baik
	Pulau Pasir	RBS	0-40	-	60-95	19	Rendah-Sederhana
	Pulau Tg. Dendang	RBS	0-25	-	40-90	11	Rendah-Sederhana
Pulau Tepor	RBS	5-25	-	75-95	19	Rendah-Sederhana	

Nota: CVT = "Coral Video Transect"; RBS = "Rapid Benthic Survey"; LIT = "Linear Intercept Transect"; PIT = "Point Intercept Transect"; HC = karang kerang; SC = karang lembut; DC = karang mati.

Berdasarkan kajian yang dijalankan di sekitar Pulau Anak Datai (PAD) oleh Ismail et al. (2022), maklumat taburan relatif (RA) dan purata peratusan karang hidup di PAD dinyatakan dalam **Jadual 9**. Litupan karang hidup (LCC) bagi karang keras dan karang lembut di pulau tersebut berkisar daripada 36.75% kepada 51.22%, dengan purata 41.78% ± 5.86. Tapak terumbu di lokasi S4 mempunyai LCC yang tertinggi sebanyak 51.22%, manakala lokasi S1 mempunyai LCC terendah (36.75%). Hanya satu lokasi (S4) dikategorikan mempunyai litupan karang yang 'Baik' manakala tapak selebihnya menunjukkan litupan karang yang 'Sederhana'.

Jadual 9: Taburan relatif dan peratusan karang di Pulau Anak Datai (Ismail et. al., 2022).

No	Famili	Genus	S1	S2	S3	S4	Purata (%)
Karang keras							
1	Acroporidae	<i>Acropora</i>	-	***	***	****	3.70
2		<i>Montipora</i>	***	-	-	-	0.52
3	Agariciidae	<i>Leptoseris</i>	**	**	-	***	0.79
4		<i>Pavona</i>	***	-	-	-	0.30
5	Dendrophylliidae	<i>Turbinaria</i>	-	***	***	****	5.58
6	Diploastreidae	<i>Diploastrea</i>	***	**	***	***	6.09
7	Euphyllidae	<i>Euphyllia</i>	***	**	***	-	1.46
8		<i>Galaxea</i>	***	***	***	***	2.16
9	Fungiidae	<i>Fungia</i>	***	**	***	-	1.52
10	Lobophylliidae	<i>Echinophyllia</i>	-	-	***	***	0.85
11		<i>Lobophyllia</i>	***	***	-	-	1.14
12		<i>Symphyllia</i>	***	***	***	***	3.29
13	Merulinidae	<i>Dipsastrera</i>	***	***	**	***	3.98
14		<i>Echinopora</i>	-	-	***	***	3.43
15		<i>Favites</i>	****	***	***	***	9.51
16		<i>Goniastrea</i>	***	-	-	***	1.77
17		<i>Hydnophora</i>	***	***	***	***	4.56
18		<i>Merulina</i>	***	***	***	-	3.11
19		<i>Mycedium</i>	-	-	***	***	0.59
20		<i>Pectinia</i>	**	**	***	***	0.78
21		<i>Platygyra</i>	***	***	***	***	4.01
22	Pocilloporidae	<i>Pocillopora</i>	***	***	***	***	3.98
23	Poritidae	<i>Goniopora</i>	***	****	***	***	5.52
24		<i>Perites</i>	*****	*****	-	***	26.07
25	<i>Incertae sedis</i>	<i>Physogyra</i>	-	***	-	-	0.54
Bilangan Genus			19	19	15	18	25
Karang lembut							
1		<i>Dendronephthya</i>	-	-	-	**	0.17
2		<i>Gorgonian</i>	-	-	***	***	0.89
3		<i>Junceella</i>	-	-	***	****	3.33
4		<i>Rhodactis</i>	**	**	-	-	0.25
Bilangan Genus			1	1	2	3	4

Nota: "-" tidak direkod; *jarang; **tidak lazim; ***lazim, ****berlimpah, *****dominan.

Lokasi S4 menunjukkan peratusan tertinggi bagi karang lembut dan merupakan satu-satunya lokasi yang mana alga karang krustos ditemui (4.07%). Karang mati membentuk 26.75% daripada jumlah keseluruhan substrat benthik. Karang keras mendominasi litupan benthos di seluruh semua lokasi persampelan. Secara keseluruhan, 25 genus daripada 10 famili karang keras dan satu *Incertae sedis* serta empat genus karang lembut telah direkodkan di PAD. Perbezaan dalam kekayaan karang dari segi bilangan genus antara lokasi adalah agak kecil. Lokasi terumbu S1 dan S2 mempunyai kepelbagaian genus yang paling tinggi (19 genus setiap satu), manakala S3 mempunyai kiraan terendah (15 genus).

Sepuluh daripada 25 genus boleh ditemui di semua lokasi iaitu *Diploastrea*, *Dipsastraea*, *Favites*, *Goniopora*, *Hydnophora*, *Pectinia*, *Platygyra*, *Pocillopora*, *Porites* dan *Symphyllia*. Famili Merulinidae dan Poritidae adalah paling dominan dengan purata litupan karang masing-masing sebanyak 31.83% dan 31.60%. Karang lembut pula didominasi oleh *Junceella* spp. (3.33%). *Porites*, *Favites* dan *Diploastrea* ialah genus paling lazim ditemui di semua lokasi masing-masing dengan nilai purata 26.07%, 9.51%, dan 6.09%.

ii) Penyu

Penyu merupakan antara haiwan reptilia yang mempunyai cangkering keras untuk melindungi dirinya. Ia adalah kumpulan reptilia yang wujud sejak berjuta-juta abad yang lalu. Penyu boleh hidup di seluruh kawasan dalam hampir semua jenis cuaca. Terdapat beberapa kawasan yang sering kelihatan penyu; antaranya Tanjung Datai, Pulau Pasir, Selat Peluru, Pulau Tepor dan Pulau Batu Merah. Di perairan Langkawi, terdapat dua spesies penyu yang sering di jumpai oleh komuniti perikanan iaitu dari spesies penyu Karah atau penyu Sisik, dan penyu Hijau atau penyu Agar.

Penyu agar juga dinamakan sebagai penyu hijau kerana mempunyai warna lemak dalam badannya yang berwarna hijau. Ia mempunyai badan karapas yang keras dan nampak seperti sisik-sisik yang bertindih. Warna badannya adalah coklat, bersaiz sederhana dan boleh membesar sehingga 70–90cm dengan berat badannya di antara 35–75kg. Bentuk mulutnya menyerupai paruh burung helang. Bagi penyu Karah pula, warna coklat muda, coklat tua atau kehitaman adalah warna kebiasaan penyu karah. Penyu ini boleh membesar sehingga lebih satu meter dengan berat badannya antara 135–270kg. Makanan utamanya adalah rumput laut dan rumpai air.

iii) Mamalia Marin

Selain penyu, Pulau Langkawi turut mempunyai haiwan mamalia marin yang sangat eksotik dan menarik perhatian orang ramai seperti lumba-lumba dan paus. Kawasan perairan Pulau

Langkawi merupakan kawasan laluan migrasi bagi mamalia laut. Salah satu spesies yang jarang ditemui di Langkawi adalah Paus Bryde (*Balaenoptera edeni*).

Kajian mendapati ikan lumba-lumba terganggu dengan laluan feri yang menjadi salah satu kemudahan asas yang menghubungkan Langkawi dengan tanah besar di Kedah, Perlis serta laluan ke luar negara. Menurut kajian, pengangkutan marin yang tidak terkawal akan memberi kesan negatif terutamanya terhadap terhadap hidupan laut. Hal ini demikian, kebisingan bawah laut mengganggu mamalia laut. Gelombang tinggi yang dihasilkan oleh enjin feri dan kapal mengganggu pendengaran mamalia laut seperti ikan lumba lumba dan ikan paus (PlanMalaysia, 2020).

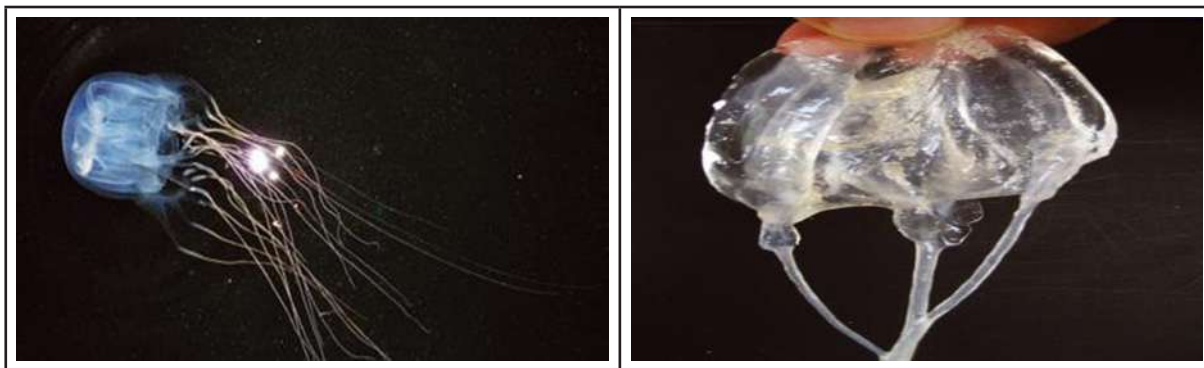
iv) Jerung Paus

Jerung paus secara saintifiknya dikenali sebagai *Rhincodon typus*, memegang gelaran sebagai ikan terbesar yang wujud pada masa ini. Gergasi lembut ini mengekalkan saiz besarnya dengan memakan plankton dan memerlukan mereka menempuh jarak yang jauh untuk mencari bekalan makanan yang mencukupi serta kawasan yang sesuai untuk pembiakan. Jerung paus mendiami lautan tropika di seluruh dunia dan mudah dikenali dengan bintik putihnya yang tersendiri, menjadikan ia tarikan yang digemari para penyelam snorkel dan penyelam skuba yang berkumpul di lokasi yang mana makhluk agung ini berkumpul di sepanjang pantai. Perairan Pulau Langkawi, khususnya, berfungsi sebagai kawasan laluan jerung paus.

Dalam pada itu, laluan feri menjadi salah satu kemudahan asas yang menghubungkan Pulau Langkawi dengan tanah besar di Kedah, Perlis serta laluan ke luar negara. Menurut kajian, pengangkutan marin yang tidak terkawal akan memberi kesan negatif terutamanya terhadap terhadap hidupan laut. Hal ini demikian, kebisingan bawah laut akan mengganggu mamalia laut. Gelombang tinggi yang dihasilkan oleh enjin feri dan kapal akan mengganggu pendengaran mamalia laut seperti ikan lumba-lumba dan ikan paus. Jarak pendengaran dan sensitiviti setiap spesies mamalia laut adalah berbeza. Oleh itu, tahap kebisingan bawah laut yang menghasilkan gelombang mengakibatkan perubahan kepada pergerakan berenang, kelajuan, pernafasan dan mungkin mengakibatkan kecederaan fizikal dan kematian.

v) Ubur-ubur

Pulau Langkawi yang merupakan sebuah kepulauan di Malaysia, adalah rumah kepada pelbagai hidupan marin, termasuk ubur-ubur (**Rajah 4**). Kehadiran ubur-ubur yang berbeza-beza bergantung pada faktor seperti musim, suhu air dan keadaan persekitaran. Sesetengah spesies ubur-ubur lebih biasa di kawasan tertentu atau pada masa tertentu dalam setahun.



Rajah 4: Gambar Chirodropid di Telaga Harbour, Langkawi, pada Mei 2010 (kiri), dan Carybdeid ditangkap di Pantai Frida Pulau Langkawi pada Jun 2010 (kanan).

(Sumber: Lippmann et al., 2011)

Spesies invasif ialah spesies bukan-asal kepada satu ekosistem dan boleh menyebabkan bahaya kepada sosial, ekonomi atau kepada alam sekitar. Salah satu spesies invasif yang hadir di Pulau Langkawi termasuklah ubur-ubur. Berdasarkan **Jadual 10**, jumlah kes sengatan atau serangan ubur-ubur boleh dikatakan agak tinggi setiap tahun; contohnya sebanyak 34 kes direkodkan pada tahun 2016, 39 kes pada tahun 2017, 61 kes pada tahun 2018, 32 kes pada tahun 2019 dan 11 kes sehingga Ogos 2020. Ini menunjukkan kes sengatan ubur-ubur yang dilaporkan di Pantai Chenang adalah yang tertinggi, iaitu sebanyak 139 kes, berbanding di Pantai Tengah (37 kes) dan Pantai Payar (1 kes). Merujuk kepada **Jadual 10**, ubur-ubur kotak (box jellyfish) adalah spesies yang paling banyak dijumpai.

Jadual 10: Bilangan kes serangan ubur-ubur mengikut kawasan di sekitar Langkawi.

Kawasan / Tahun	2016	2017	2018	2019	2020	Jumlah (Setiap kawasan)
Pantai Chenang	27	25	50	27	10	139
Pantai Tengah	7	13	11	5	1	37
Pantai Payar	0	1	0	0	0	1
Jumlah (setiap tahun)	34	39	61	32	11	177

vi) Taburan Fitoplakton

Senarai spesies fitoplankton telah dikaji dari pelbagai lokasi di Pulau Langkawi, seperti Sungai Kilim, Sungai Banja, Sungai Itau, Tanjung Rhu, Sungai Belanga Pecah, Sungai Air Hangat, Sungai Padang Lalang dan Sungai Kisap (**Jadual 11**). Hasilnya, sejumlah 106 spesies fitoplankton daripada 29 genus telah direkodkan. Di antara spesies fitoplankton yang dikenal pasti dalam kajian ini termasuklah *Amphora lineata*, *A. lineolata*, *A. quadrata*, *Asterionella japonica*, *Asterolampra marylandica*, *Asteromphalus hepaticus*, dan *Bacillaria paradoxa*.

Kajian ini menunjukkan kepelbagaian fitoplankton di Pulau Langkawi adalah subjek yang luas dengan pelbagai spesies berbeza. Data ini penting dalam memahami ekosistem marin Langkawi dan peranan fitoplankton dalam keseimbangan ekologi di kawasan ini. Didapati terdapat juga beberapa kertas kajian yang berkaitan dengan kepelbagaian zooplankton di Pulau Langkawi. Namun, maklumat mengenai taburan zooplankton di Pulau Langkawi tidak dapat dikenal pasti secara terperinci kerana kekurangan data dan kajian yang dilakukan terhadap taburan zooplankton. Kajian yang dibuat oleh Salleh et al. (2005) mendapati aktiviti manusia dan proses fizikal berkemungkinan mempengaruhi kepelbagaian dan kelimpahan fitoplankton di kawasan tersebut.

Jadual 11: Taburan spesies fitoplankton di perairan Pulau Langkawi (Salleh et al., 2005).

Genus	Spesies
<i>Amphora</i>	<i>Amphora lineata</i>
	<i>Amphora lineolata</i>
	<i>Amphora quadrata</i>
	<i>Amphora</i> sp.
<i>Asterionella</i>	<i>Asterionella japonica</i>
<i>Asterolampra</i>	<i>Asterolampra marylandica</i>
<i>Asteromphalus</i>	<i>Asteromphalus hepaticus</i>
<i>Bacillaria</i>	<i>Bacillaria paradoxa</i>
<i>Bacteriastrum</i>	<i>Bacteriastrum comosum</i>
	<i>Bacteriastrum delicatulum</i>
	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>
	<i>Bacteriastrum varians</i>
<i>Biddulphia</i>	<i>Biddulphia heteroceros</i>
	<i>Biddulphia longicuris</i>
	<i>Biddulphia mobilensis</i>
	<i>Biddulphia regia</i>
	<i>Biddulphia reticulum</i>
<i>Biddulphia sinensis</i>	
<i>Campylodiscus</i>	<i>Campylodiscus daemelianus</i>
<i>Cerataulina</i>	<i>Cerataulina bergonii</i>
<i>Ceratium</i>	<i>Ceratium compressum</i>
	<i>Ceratium hirundinella</i>
	<i>Ceratium platycorne</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Chaetoceros affine</i>
	<i>Chaetoceros breve</i>
	<i>Chaetoceros coarctatum</i>
	<i>Chaetoceros compressum</i>
	<i>Chaetoceros constrictum</i>
<i>Chaetoceros costatus</i>	

Genus	Spesies
	<i>Chaetoceros decipiens</i>
	<i>Chaetoceros denticulatum</i>
	<i>Chaetoceros didymium</i>
	<i>Chaetoceros didymum</i>
	<i>Chaetoceros distans</i>
	<i>Chaetoceros diversum</i>
	<i>Chaetoceros hispidum</i>
	<i>Chaetoceros lacinosum</i>
	<i>Chaetoceros laeve</i>
	<i>Chaetoceros lauderii</i>
	<i>Chaetoceros lorenzianum</i>
	<i>Chaetoceros paradoxum</i>
	<i>Chaetoceros peruvianum</i>
	<i>Chaetoceros pseudocurvisetum</i>
	<i>Chaetoceros siamense</i>
	<i>Chaetoceros van heurckii</i>
<i>Climacodium</i>	<i>Climacodium biconcavum</i>
	<i>Climacodium frauenfeldianum</i>
<i>Coscinodiscus</i>	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>
	<i>Coscinodiscus curvatulus</i>
	<i>Coscinodiscus excentricus</i>
	<i>Coscinodiscus perforatus</i>
<i>Ditylium</i>	<i>Ditylium brightwelli</i>
	<i>Ditylium sol</i>
<i>Eugampia</i>	<i>Eugampia cornuta</i>
	<i>Eucampia zodiacus</i>
<i>Guinardia</i>	<i>Guinardia blovyaria</i>
	<i>Guinardia flaccida</i>
<i>Hemianulus</i>	<i>Hemianulus indicus</i>
	<i>Hemianulus membranaceus</i>
	<i>Hemianulus sinensis</i>
<i>Hemidiscus</i>	<i>Hemidiscus hardmanianus</i>
<i>Launderia</i>	<i>Launderia annulata</i>
	<i>Launderia borealis</i>
<i>Leptocylindricus</i>	<i>Leptocylindricus danicus</i>
<i>Navicula</i>	<i>Navicula cancellata</i>
	<i>Navicula elegans</i>
	<i>Navicula lyra</i>
<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia closterium</i>
	<i>Nitzschia lanceolata</i>

Genus	Spesies
	<i>Nitzschia longissima</i>
	<i>Nitzschia pasifica</i>
	<i>Nitzschia pungens</i>
	<i>Nitzschia seriata</i>
	<i>Nitzschia sigma</i>
<i>Planktoniella</i>	<i>Planktoniella sol</i>
<i>Pleurosigma</i>	<i>Pleurosigma aestuarii</i>
	<i>Pleurosigma angulatum</i>
	<i>Pleurosigma elongatum</i>
	<i>Pleurosigma naviculaceum</i>
	<i>Pleurosigma nicobaricum</i>
	<i>Pleurosigma normanii</i>
	<i>Pleurosigma rigidum</i>
	<i>Pleurosigma salinarunt</i>
	<i>Pleurosigma spencerii</i>
<i>Raphoneis</i>	<i>Raphoneis ampiceros</i>
	<i>Raphoneis surirella</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>Rhizosolenia acuminata</i>
	<i>Rhizosolenia alata</i>
	<i>Rhizosolenia alata</i>
	<i>Rhizosolenia araturensis</i>
	<i>Rhizosolenia calcor-avis</i>
	<i>Rhizosolenia clevei</i>
	<i>Rhizosolenia cylindrus</i>
	<i>Rhizosolenia delicatula</i>
	<i>Rhizosolenia hebetate</i>
	<i>Rhizosolenia imbriceta</i>
	<i>Rhizosolenia robusta</i>
	<i>Rhizosolenia stolterforthi</i>
	<i>Rhizosolenia styliformis</i>
<i>Strephanophyxis</i>	<i>Strephanophyxis palmeriana</i>
<i>Surirella</i>	<i>Surirella gemma</i>
<i>Thalassiothrix</i>	<i>Thalassiothrix delicatula</i>
	<i>Thalassiothrix elongata</i>
	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>
	<i>Thalassiothrix nitzschoides</i>

vii) Taburan dan Spesies Hutan Paya Bakau di Pulau Langkawi

Hutan paya bakau merupakan kawasan marin yang unik dan mempunyai fungsi signifikan dalam memberi perlindungan kepada kawasan persisiran pantai daripada hakisan dan juga menjadi kawasan lindungan bagi haiwan marin untuk membiak dan membesar. Kawasan hutan paya bakau merangkumi hampir 150,000 km² di peringkat global dan kawasan Asia Tenggara mewakili peratusan kawasan hutan paya bakau tertinggi iaitu sebanyak 42%.

Di peringkat global, Malaysia mempunyai kedudukan kedua tertinggi selepas Indonesia dengan litupan 12% kawasan paya bakau. Hutan paya bakau di Pulau Langkawi merangkumi 3% (3,378 ha.) daripada keseluruhan hutan paya bakau di Semenanjung Malaysia. Paya bakau di Pulau Langkawi merupakan satu fenomena alam yang unik kerana ia mampu membesar di kawasan substrat batu kapur menjadikan kawasan ini sebagai tumpuan kajian ekosistem secara global (**Jadual 12**).

Jadual 12: Ringkasan kajian hutan paya bakau di sekitar kepulauan Pulau Langkawi.

Sumber Kajian	Kawasan	Keluasan	Spesies Ditemui
Nabila et al., 2013	Sungai Kilim	40 m ² bagi 30 plot lokasi kajian	<i>Bruguiera parviflora</i>
			<i>Bruguiera sexangular</i>
			<i>Ceriops tagal</i> (tengar samak)
			<i>Rhizophora apiculata</i>
			<i>Rhizophora mucronata</i>
	Sungai Air Hangat	40 m ² bagi 30 plot kawasan kajian	<i>Bruguiera cylindrica</i> (bakau putih)
			<i>Bruguiera parviflora</i>
			<i>Ceriops tagal</i>
			<i>Rhizophora apiculata</i>
	Sungai Kisap	40 m ² bagi 30 plot lokasi kajian	<i>Rhizophora mucronata</i>
			<i>Bruguiera cylindrica</i>
			<i>Bruguiera parviflora</i>
			<i>Ceriops tagal</i>
			<i>Rhizophora apiculata</i>
	Razak et al., 2014	Kilim, Tanjung Rhu	Tidak dinyatakan
<i>Sonneratia griffithii</i>			
<i>Bruguiera hainesii</i>			
<i>Brownlowia tersa</i> (durian laut)			
<i>Ceriops decandra</i>			
<i>Bruguiera x rhyncopetala</i>			
<i>Cynometra iripa</i>			
<i>Phoenix paludosa</i>			
Norilani et al., 2014	Kisap Forest Reserve	25.95 m ² /ha	<i>Ceriops tagal</i>
			<i>Rhizophora apiculata</i>
			<i>Bruguiera parviflora</i>
			<i>Rhizophora mucronata</i>
			<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (berus merah)
			<i>Xylocarpus granatum</i>
			<i>Xylocarpus moluccensis</i>
Hookham et al., 2014	Tanjung Rhu & Kilim	50 m ² setiap lokasi kajian	<i>Rhizophora</i> sp.
			<i>Bruguiera</i> sp.
Latiff & Faridah-Hanum, 2014	Langkawi	3,270 ha	<i>Rhizophora apiculata</i>
Norilani et al., 2018	Kisap Forest Reserve	25.95 m ² /ha	<i>Ceriops tagal</i>
			<i>Rhizophora apiculata</i> (bakau minyak)
			<i>Bruguiera parviflora</i>
			<i>Rhizophora mucronata</i> (bakau kurap)
			<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (berus merah)
			<i>Xylocarpus moluccensis</i> (nyireh batu)
<i>Avicennia officinalis</i> (api-api ludat)			

Hutan bakau di Pulau Langkawi mempunyai spesies dominan daripada famili Rhizophoraceae, seperti spesies *Rhizophora mucronata* (bakau kurap) dan *R. apiculata* (bakau minyak). Spesies ini terkenal dengan kebolehan mengurangkan impak hakisan ombak besar terhadap kawasan pesisiran pantai dan mempunyai nilai komersial sebagai arang dan bahan binaan. Selain itu, spesies daripada genus *Bruguiera* seperti *B. cylindrica* (bakau putih) dan *B. lenggadai* boleh didapati dengan banyaknya di Pulau Langkawi. Spesies *Ceriops tagal* juga kerap ditemui di pulau ini, yang berpotensi sebagai arang dan pewarna semula jadi dalam industri batik.

Razak et al. (2014) telah melaporkan kehadiran empat spesies bakau yang terancam secara kritikal, iaitu *Sonneratia griffithii* (perepat), *Bruguiera hainesii* (berus mata buaya), *Brownlowia tersa* (durian laut) dan *Ceriops decandra* (tengar) (Rajah 5). *Bruguiera x rhyngopetala* (Rajah 6) juga pertama kali dilaporkan di kawasan Pulau Langkawi, yang mana sebelum ini ia hanya dilaporkan di China dan Australia pada tahun 2011 (Rajan et al., 2022). Selain itu, Razak et al. (2014) juga menemui spesies paya bakau hibrid semula jadi, iaitu *Rhizophora x annamalayana*, yang terjadi di antara dua spesies iaitu *Rhizophora mucronata* dan *Rhizophora apiculata*. Penemuan spesies hibrid di Pulau Langkawi adalah kali kedua selepas penemuan pertama yang dilaporkan di Sungai Merbok, Kedah.

Dapatan kajian yang merangkumi pelbagai spesies di Pulau Langkawi menunjukkan potensi kepulauan ini untuk menjadi pemangkin evolusi spesies pokok paya bakau di peringkat global (Razak et al., 2014). Namun, jumlah kawasan paya bakau kini sedang mengalami penurunan daripada tekanan perubahan iklim seperti kenaikan paras air laut; dan kegiatan manusia seperti pembalakan dan juga operasi bot.

Latiff dan Faridah (2014) melaporkan pengurangan hutan paya bakau di Langkawi sebanyak 11.85% sejak tahun 1980 daripada 3,657.67 ha kepada 3,270 ha. Kawasan ini dikenal pasti berkurangan selepas pengisytiharan Langkawi sebagai pulau bebas cukai pada tahun 1985 dan kebanyakan kawasan paya bakau ini telah dibina jeti, resort dan lokasi akuakultur. Hal ini menimbulkan kerisauan terhadap peratusan liputan kawasan hutan paya bakau, yang mana alam sekitar dan komuniti tempatan yang bergantung kepada kawasan hutan paya bakau terjejas dengan impak negatif pembangunan di kawasan hutan paya bakau. Oleh itu, amatlah penting kawasan paya bakau dipelihara daripada tekanan, sama ada faktor semula jadi atau faktor buatan manusia.



Rajah 5: Buah bagi spesies *Ceriops decandra* (Razak et al., 2014)



Rajah 6: Buah dan bunga bagi spesies hibrid *Bruguiera x Rhynchospetala* (Razak et al., 2014)

viii. Taburan Rumpai Laut di Pulau Langkawi

Rumpai laut di Malaysia merupakan sebahagian kekayaan alam negara ini. Rumpai laut adalah tumbuhan yang tumbuh di persekitaran marin. Di Malaysia, terdapat pelbagai jenis rumpai laut yang penting dari segi ekonomi dan makanan. Selain itu, ia juga dijadikan sumber pendapatan kepada komuniti nelayan yang mengutip dan menjualnya kepada pengusaha makanan tempatan dan eksport. Selain kegunaan dalam makanan, rumpai laut juga digunakan dalam industri lain seperti dalam pembuatan kosmetik, ubat-ubatan, dan bahan makanan untuk penternakan ikan. Ini menjadikan ia sumber ekonomi yang penting di Malaysia.

Taburan rumpai laut di sekitar Pulau Langkawi digambarkan dalam **Jadual 13**. Variasi spesies rumput laut dapat ditemui di sekitar Pulau Langkawi. Salah satu contoh menarik adalah penemuan rumpai laut *Halimeda discoidea* di Pulau Bunbon Kecil, Pulau Langkawi. Selain itu, terdapat beberapa spesies lain daripada genus *Halimeda* yang turut dijumpai di kawasan yang sama. Ini menunjukkan keanekaragaman spesies rumpai laut dalam genus *Halimeda* di Langkawi.

Selain genus *Halimeda*, **Jadual 13** juga mencatatkan kehadiran spesies rumpai laut lain seperti *Enteromorpha clathrata* di beberapa lokasi seperti Teluk Cina Mati dan Tanjung Rhu. Keberadaan spesies-spesies ini mencerminkan kepelbagaian ekosistem laut di sekitar Pulau Langkawi. Jadual ini juga mencatatkan beberapa famili rumpai laut lain seperti Ulvaceae, Anadyomenaceae dan lain-lain. Data ini penting untuk memahami komposisi dan taburan rumpai laut di perairan Pulau Langkawi.

Rumpai laut mempunyai keupayaan unik untuk menyerap karbon dioksida (CO₂) daripada air laut. Ini membantu mengurangkan jumlah CO₂ di atmosfera dan menyumbang kepada usaha global untuk memerangi perubahan iklim. Proses ini dikenali sebagai “blue carbon” dan merupakan peringatan tentang nilai ekologi alga dalam mengawal keseimbangan iklim (Scott & Lindsey, 2022). Amnya, **Jadual 13** memberikan maklumat yang berguna tentang keanekaragaman spesies rumpai laut di Langkawi yang merupakan elemen penting dalam ekosistem marin tempatan.

Jadual 13: Ringkasan taburan rumpai laut di Pulau Langkawi

Famili	Spesies	Tempat
Halimedaceae	<i>Halimeda discoidea</i>	Pulau Bunbon Kecil
	<i>Halimeda tuna</i>	
	<i>Halimeda simulans</i>	
	<i>Halimeda cuneate</i>	Pulau Tuba
	<i>Halimeda stuposa</i>	Pulau Bunbon Kecil
	<i>Halimeda taenicola</i>	
Sumber: Zainee et al. (2018)		
Stigonemataceae	<i>Brachytrichia quoyi</i>	Teluk Tembus, P. Tg. Dendang
Ulvaceae	<i>Enteromorpha intestinalis</i>	Kuah
		Sungai Air Hangat
		Pulau Beras Basah
		Tanjung Rhu
	<i>Enteromorpha clathrata</i>	Teluk Cina Mati
		Sungai Kilim
		Tanjung Rhu
		Pulau Anak Cerita
		Teluk Anak Gua Cherita
Anadyomenaceae	<i>Microdictyon decaisne</i>	Teluk Anak Gua Cherita
Cladophoraceae	<i>Chaetomorpha</i>	Tanjung Berangan
		Teluk Tembus, P. Tg. Dendang
		Pasir Talam Dua Muka
	<i>Cladophora</i>	Teluk Cina Mati
		Pulau Langun
		Teluk Dalam
		Ayer Hangat
		Gua Cherita
		Teluk Dedap
		Pasir Hitam
	<i>Rhizoclonium</i>	Tanjung Rhu
		Gua Cherita
Siphonocladaceae	<i>Boodlea coniposita</i>	Sungai Kilim
	<i>Boodlea coniposita</i>	Sungai Kilim
	<i>Syn: Cladophora composita</i>	
	<i>Cladophoropsis</i>	Teluk Tama
		Pulau Tepor
		Teluk Tembus, P. Tg. Dendang

Famili	Spesies	Tempat
	<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	Teluk Cina Mati Pasir Panjang
Valoniaceae	<i>Valonia aegagropila</i> <i>Valonia utricularis</i>	Teluk Tembus, P. Tg. Dendang Teluk Ewa
Bryopsidaceae	<i>Bryopsis</i>	Sungai Kilim
Caulerpaceae	<i>Caulerpa peltata</i>	Pulau Beras Basah Teluk China Mati
	<i>Caulerpa racemosa</i>	Pulau Kentut Besar Pulau Beras Besah Sungai Kilim Pulau Gua Cherita Pulau Anak Cherita Pasir Panjang Pulau Tanjung Dendang Teluk Cina
	<i>Caulerpa serrulata</i>	Pulau Gua Cherita Teluk Anak Gua Cherita
	<i>Caulerpa sertularioides</i>	Kuala Kubang Badak Sungai Pinang Karong Sungai Kilim Tanjung Rhu Gua Cherita
	<i>Caulerpa verticillata</i> <i>Caulerpa Lamouroux</i> (<i>Latud</i>)	Teluk China Mati Sungai Kisap Sungai Kilim Sungai Pinang Karong Sungai Kisap
Codiaceae	<i>Codium geppiorum</i> <i>Codium</i>	Pasir Hitam Teluk Anak Gua Cherita
Halimedaceae	<i>Halimeda niacroloba</i> <i>decaisne</i> <i>Halimeda simulans</i>	Gua Cherita Pulau Gua Cerita Teluk Anak Gua Cerita
Udoteaceae	<i>Avrainvillea erecta</i> <i>Avrainvillea lacerata</i> <i>Rhipidosiphon javense</i>	Gua Cherita Tanjung Rhu Teluk Anak Gua Cherita Teluk China Mati Teluk Tembus, P. Tg. Dendang Pulau Langun

Famili	Spesies	Tempat
		Gua Cherita
		Pulau Anak Cherita
		Teluk Burau
		Teluk Dedap
Galaxauraceae	<i>Galaxaura Lamouroux</i>	Gua Cherita
	<i>Galaxaura obtusata</i>	Pasir Panjang
	<i>Actinotrichia Decaisne</i>	Teluk Tembus, P. Tg. Dendang
Gelidiaceae	<i>Pterocliadiella caerulescens</i>	Teluk Dalam
		Pasir Hitam
		Tanjung Tembus
Gelidiellacae	<i>Gelidiella acerosa</i>	Pulau Nyior Setali
		Pulau Pasir
		Tanjung Datai Besar
	<i>Gelidiella pannosa</i>	Pulau Nyior Setali
		Pulau Pasir
		Pulau Datai Besar
Gracilariaceae	<i>Congracilaria</i>	Timur Pulau Dendang
		Gua Cherita
		Teluk Dalam
		Ayer Hangat
		Pulau Gua
		Teluk Anak Gua Cherita
		Sungai Kilim
	<i>Gracilaria canaliculata</i>	Pasir Hitam
		Tanjung Rhu
	<i>Gracilaria changii</i>	Gua Cherita
		Teluk Dalam
		Ayer Hangat
	<i>Gracilaria manilaensis</i>	Kuala Kubang Badak
	<i>Gracilaria salicornia</i>	Pulau Dendang
		Sungai Kilim
		Ayer Hangat
		Teluk Anak Gua Cherita
	<i>Gracilaria tenuistipitata</i>	Kuah
	<i>Gracilaria Greville</i>	Teluk Dalam
	<i>Asparagopsis taxiforntis</i>	Sungai Kilim
		Tanjung Rhu
Halymeniaceae	<i>Cryptonenzia yendoii</i>	Teluk Dalam
		Pulau Anak Cherita
		Teluk Anak Gua Cherita
	<i>Halymenia dilatata</i>	Pulau Tepor
	<i>Halymenia durvilaei</i>	Tanjung Datai

Famili	Spesies	Tempat
	<i>Halynenia Inaculata</i>	Teluk Genting, Pulau Genting Pulau Gua Cherita Pulau Tepor
Peyssonelliaceae	<i>Peyssonnelia decaisne</i>	Teluk Genting, Pulau Genting Teluk Anak Gua Cherita
Corallinaceae	<i>Antphiroa fragillissima</i>	Pasir Hitam Teluk Ewa Tanjung Rhu Teluk Tembus, P. Tg. Dendang Gua Cherita Pulau Anak Cherita Pasir Panjang
	<i>Jania</i>	Teluk Cina Mati
Caulacanthaceae	<i>Caulacanthus ustulatus</i>	Pulau Pasir Pulau Burau Pantai Kok
Gigartinaceae	<i>Caulacanthus ustulatus</i>	Pulau Nyior Setali
Hypneaceae	<i>Hypnea Lamouroux</i>	Kuala Kubang Badak Teluk Cina Mati Sungai Kilim Ayer Hangat Gua Cherita Tanjung Rhu Sungai Air Hangat
Champiaceae	<i>Champia</i> <i>Ceratodictyon spongiosum</i>	Pasir Hitam, Pulau Langgung Gua Cherita
		Pulau Singa Besar, Teluk Sepai
Ceramiaceae	<i>Anotrichium tenue</i>	Pulau Beras Basah Pulau Singa Besar Teluk China Mati, Pulau Tanjung Dendang
	<i>Centroceras clavulatum</i>	Sungai Kilim Gua Cherita, Sungai Kilim
	<i>Griffithsia schousboei</i> <i>Montagne</i>	Pulau Puchong
Dasyaceae	<i>Dasya iyengarii</i> <i>Dasya malaccensis</i>	Teluk China Mati, P. Tg. Dendang Tanjung Datai Besar Tanjung Datai Besar

Famili	Spesies	Tempat
		Pulau Tepor, Pulau Beras Basah
	<i>Heterosiphonia crispella</i>	Teluk Genting, Pulau Genting Tanjung Datai Besar Pulau Tepor Teluk Genting, Pulau Genting Pulau Singa Besar
Delesseriaceae	<i>Taenioma dotyi</i>	Pulau Lembu, Pulau Payar
	<i>Hypoglossum simulans</i>	Teluk Ewa
	<i>Martensia fragilis</i>	Teluk China Mati, P. Tg. Dendang Teluk Tembus, P. Tg. Dendang
Rhodomelaceae	<i>Acanthophora spicifera</i>	Kuala Kubang Badak Sungai Tanjung Rhu Pulau Dendang Sungai Kilim
	<i>Bostrychia tenella</i>	Pulau Singa Besar
	<i>Leveillea jungermanniodes</i>	Pulau Pasir
	<i>Polysiphonia scopulorullii</i>	Pulau Bunga Teluk Ewa Pulau Tepor Teluk Gua, Pulau Payar
	<i>Polysiphonia</i>	Tanjung Rhu
	<i>Tolypocladia</i>	Teluk Tembus, P. Tg. Dendang
	<i>Herposiphonia pacifica</i>	Pulau Singa Besar
	<i>cf. Herposiphonia</i>	Pulau Dendang
	<i>Neosiphonia flaccidissima</i>	Teluk Genting, Pulau Genting
	<i>cf. Neosiphonia</i>	Tanjung Genting, Pulau Genting Kuala Kubang Badak Teluk Tembus, P. Tg. Dendang Teluk China Mati, P. Tg. Dendang
	<i>Tolypocladia</i>	Teluk Tembus, P. Tg. Dendang
	<i>Herposiphonia pacifica</i>	Pulau Singa Besar
	<i>cf. Herposiphonia</i>	Pulau Dendang
	<i>Neosiphonia flaccidissima</i> (Hollenberg)	Teluk Genting, Pulau Genting
	<i>cf. Neosiphonia</i>	Tanjung Genting, Pulau Genting Kuala Kubang Badak Pulau Dendang Teluk China Mati, P. Tg. Dendang

Famili	Spesies	Tempat
	<i>Dictyota atonzaria</i>	Tanjung Rhu
	<i>Dictyota cervicornis</i>	Tanjung Rhu
	<i>Dictyota dichotoma</i>	Sungai Tanjung Rhu
	<i>Dictyota cf. dichotomaa</i>	Sungai Kilim
	<i>Lobophora variegata</i>	Pulau Tibi Pulau Kentut Besar Pulau Beras Basah Teluk Burau
	<i>Padina boryana</i>	Teluk Ewa Pulau Kentut Besar Teluk Tembus, P. Tg. Dendang Gua Cherita Sungai Kilim Tanjung Rhu Pulau Beras Basah Teluk Dalam
	<i>Padina tetrastromatica</i>	Pulau Beras Basah Sungai Tanjung Rhu Pulau Langun Teluk Dalam Gua Cherita Pulau Anak Cherita Pulau Beras Basah
	<i>Padina</i>	Teluk Burau Pulau Pasir
	<i>Stypopodiunl</i>	Pulau Gua Cherita Teluk Dalam Pulau Anak Cherita Pulau Beras Basah Pasir Talam Dua Muka
Scytosiphonaceae	<i>Colpornenia</i>	Pulau Beras Basah Pulau Pasir
	<i>Rosenvingea orientalis</i>	Tanjung Rhu Pasir Hitam
Sargassaceae	<i>Sargassuyn acutifolium</i>	Pulau Beras Basah
	<i>Sargassurn</i>	Pulau Beras Basah
	<i>Sargassum dotyi</i>	Pulau Beras Basah
	<i>Turbinaria</i>	Tanjung Rhu, Pulau Beras Basah

Sumber: Siew-Moi et al. (2005)

ix. Taburan Rumput Laut di Pulau Langkawi

Rumput laut adalah tumbuhan laut yang mempunyai akar sejati dan batang yang lebih besar. Ia tumbuh di dasar laut dalam bentuk padang rumput dan merupakan habitat penting bagi hidupan marin dugong dan penyu (Lefebvre et al., 2017). Berdasarkan data rumput laut oleh Ogawa et al. (2011) di Pulau Langkawi, didapati terdapat beberapa spesies rumput laut daripada famili Hydrocharitaceae ditemui di pulau ini. Antaranya ialah *Halophila decipiens*, *H. minor*, *H. ovalis*, dan *H. ovata* (**Jadual 14**).

Jadual 14: Taburan rumput laut di Pulau Langkawi (Ogawa et al., 2011)

Famili	Spesies	Lokasi
Hydrocharitaceae	<i>Halophila decipiens</i>	Pulau Langkawi
	<i>Halophila minor</i>	Tanjung Rhu
	<i>Halophila ovalis</i>	Selat Kuah
	<i>Halophila ovata</i>	Tanjung Rhu

Kajian oleh Ogawa et al. (2011) juga memberi tumpuan kepada kepentingan menjaga dan memelihara habitat rumput laut di Pulau Langkawi, terutamanya di kawasan yang mana spesies-spesies ini ditemui. Ini adalah langkah penting untuk melestarikan kehidupan marin dan menyokong industri perikanan tempatan. Dengan pengetahuan tentang kepelbagaian spesies rumput laut ini, maka usaha pemuliharaan boleh dilaksanakan dengan lebih berkesan untuk memastikan bahawa ekosistem laut Pulau Langkawi terus berkembang dengan baik.

8.4.3 Aktiviti Akuakultur di Utara Pulau Langkawi

i) Akuakultur di dalam Sangkar

Aktiviti akuakultur merujuk kepada amalan manusia membiakkan organisma akuatik seperti ikan, udang, tiram dan spesies akuatik lain dalam persekitaran terkawal seperti kolam, tasik atau kandang akuakultur. Amalan ini melibatkan pengurusan teliti terhadap faktor-faktor seperti suhu air, saliniti, keasidan dan pemakanan untuk memastikan pertumbuhan dan kesihatan optimum haiwan atau tumbuhan akuatik tersebut. Akuakultur bukan sahaja membantu memenuhi permintaan makanan laut yang semakin meningkat di pasaran global, tetapi juga menyumbang kepada keselamatan sumber perikanan laut dengan mengurangkan tekanan terhadap populasi ikan liar. Selain itu, ia turut menyediakan peluang ekonomi kepada komuniti setempat melalui industri penternakan akuatik berkesan, mencipta peluang pekerjaan serta memajukan ekonomi negara.

Inisiatif sangkar ikan kerapu hibrid di Tanjung Rhu, Pulau Langkawi merupakan salah satu usaha yang membanggakan untuk memperkasakan nelayan tempatan dan meningkatkan

daya hidup ekonomi setempat. Dengan menyediakan platform untuk penternakan ikan kerapu hibrid, projek ini bukan sahaja menawarkan sumber pendapatan tambahan kepada nelayan tempatan tetapi menggalakkan amalan penangkapan ikan yang mampan. Kehadiran sangkar ikan menyumbang kepada daya tahan ekonomi keseluruhan kawasan itu, mewujudkan peluang pekerjaan dan memupuk ekonomi tempatan yang lebih teguh. Melalui kerjasama dan sokongan kepada inisiatif seperti sangkar ikan kerapu hibrid, kesejahteraan komuniti nelayan dapat dipastikan dan dalam masa yang sama; menjaga ekosistem marin. Penternakan ikan hibrid ini berfungsi sebagai alternatif yang mampan dan berdaya maju dari segi ekonomi, selaras dengan prinsip pengurusan perikanan yang lestari (**Rajah 7**).



Rajah 7: Ternakan ikan dan restoran terapung di Tanjung Rhu.

Inisiatif sangkar penternakan tiram di Sungai Kubang Badak, Pulau Langkawi mencerminkan usaha membanggakan untuk meningkatkan taraf hidup nelayan tempatan dan merangsang pertumbuhan ekonomi masyarakat. Dengan mewujudkan sangkar tiram di lokasi strategik, projek tersebut bukan sahaja menyediakan pendapatan tambahan kepada nelayan tempatan tetapi ia turut menyumbang kepada kelestarian industri akuakultur di rantau ini. Penternakan tiram di Sungai Kubang Badak (**Rajah 8**) berfungsi sebagai bukti pendekatan inovatif yang diambil untuk meningkatkan peluang ekonomi sambil mengekalkan kelestarian alam sekitar. Tiram memainkan peranan penting dalam meningkatkan kualiti air, dan ternakannya dalam persekitaran terkawal membantu mencapai keseimbangan antara pembangunan

ekonomi dan pemeliharaan ekologi. Inisiatif ini bukan sahaja menjadi sumber pekerjaan kepada nelayan tempatan tetapi juga berpotensi menarik pengunjung yang berminat dengan amalan akuakultur lestari. Hasilnya, projek sangkar tiram di Sungai Kubang Badak muncul sebagai penyelesaian menang-menang, memupuk pemerksaan ekonomi dalam masyarakat dan menggalakkan pengurusan sumber yang lestari dan mampan di perairan Pulau Langkawi.



Rajah 8: Ternakan tiram dalam sangkar di Sungai Kubang Badak.

Akhir sekali, penanaman rumpai laut di Pulau Gasing dilakukan pada skala kecil berbanding di Sabah. Usaha ini bermula beberapa tahun lalu sebagai perniagaan keluarga dengan beberapa orang pekerja tempatan. Selepas beberapa percubaan menanam pelbagai jenis rumpai laut, hanya satu jenis yang ditemui sesuai dengan persekitaran di Pulau Gasing, iaitu *Eucheuma cottoni*. Para pekerja melaporkan bahawa pemilihan lokasi mengambil masa kira-kira tiga tahun, dengan kedalaman laut kira-kira 5 m, saliniti sekitar 32 ppm dan arus air satu hala. Rumpai laut di Pulau Gasing tumbuh optimum dalam julat suhu antara 20°C hingga 30°C dan ketinggian air pasang sederhana. Benih awal yang sesuai ditanam diimport dari Sabah menghasilkan cabang rumpai laut yang matang selepas beberapa kitaran pertumbuhan, berubah menjadi coklat kemerahan (Khandaker et al., 2019).

Projek ini berpotensi bukan sahaja untuk mewujudkan peluang pekerjaan tetapi untuk menarik perhatian mereka yang berminat dengan amalan akuakultur lestari. Inisiatif sangkar rumpai laut di Pulau Gasing (**Rajah 9**) merupakan bukti komitmen masyarakat terhadap

pengurusan sumber dan pertumbuhan ekonomi yang bertanggungjawab, mempamerkan impak positif yang boleh diperolehi oleh amalan inovatif dan mampan terhadap kedua-dua mata pencarian dan alam sekitar.



Rajah 9: Penanaman rumpai laut di Pulau Gasing.

ii) Sistem Akuakultur berasaskan Darat

Kumpulan penyelidik dari Stesen Penyelidikan Marin, UiTM dengan kerjasama Pejabat Perikanan Negeri Kedah bersama komuniti perikanan Kampung Sungai Kubang Badak telah menjalankan projek komuniti penanaman laktut daripada spesies *Caulerpa lentillefera*. Projek penanaman telah bermula sejak Jun 2020 dan diteruskan sehingga kini dengan menggunakan sistem tangki di darat (*Ex-situ culture*).

Projek penanaman ini bertujuan memberi pendedahan kepada komuniti setempat berkenaan kaedah memelihara serta menjaga biak spesies laktut dengan lebih strategik. Ia secara tidak langsung menjadi penjana sumber pendapatan baharu di kala Covid-19 melanda negara. Penyelidik terlibat terdiri daripada barisan pensyarah Fakulti Sains Gunaan (FSG) dan pelajar latihan industri dari program Teknologi Marin (AS254), UiTM yang turut serta enam orang komuniti perikanan Kampung Sungai Kubang Badak, Pulau Langkawi. Dengan bimbingan

dan nasihat yang diberikan oleh penyelidik UiTM, pihak komuniti telah berjaya memperoleh geran bernilai RM50,000 bagi pembangunan tapak pengkulturan spesies daripada program Dasar Jaminan Makanan Negara, Kementerian Pertanian dan Industri Makanan. Projek ini selari dengan Matlamat Pembangunan Lestari (SDG) yang merangkumi pelbagai matlamat seperti SDG 1 (*No Poverty*), SDG 2 (*Zero Hunger*) dan SDG 14 (*Life Below Water*).

Selain penanaman laktut, komuniti perikanan di kawasan ini bergiat aktif dalam penternakan ketam nipah. Inisiatif akuakultur yang memfokuskan kepada ketam nipah di Sungai Kubang Badak, Langkawi, mewakili satu langkah ke hadapan yang signifikan dalam menyokong nelayan tempatan dan merangsang pertumbuhan ekonomi dalam komuniti. Dengan penanaman ketam nipah secara strategik dalam sistem pedalaman, projek ini bukan sahaja menyediakan sumber pendapatan tambahan untuk nelayan tempatan tetapi juga menyumbang kepada pembangunan mampan sektor akuakultur Pulau Langkawi. Penternakan ketam nipah (**Rajah 10**) menawarkan jalan yang menjanjikan pemerksaan ekonomi, mewujudkan peluang pekerjaan dan memupuk keusahawanan dalam komuniti. Inisiatif ini mencerminkan pendekatan proaktif untuk mempelbagaikan mata pencarian dan meningkatkan daya tahan ekonomi tempatan.

Penternakan ketam nipah dalam sistem berasaskan daratan bukan sahaja menangani kebimbangan ekonomi tetapi juga sejajar dengan pengurusan sumber yang bertanggungjawab. Dengan mengurangkan pergantungan kepada kaedah penangkapan ikan tradisional dan menggalakkan amalan akuakultur yang mampan, projek tersebut menyumbang kepada pemuliharaan ekosistem marin dan menyokong kepelbagaian biologi. Kejayaan inisiatif ini berpotensi menarik perhatian pengguna dan pengunjung yang berminat dengan sumber makanan laut yang mampan, seterusnya mempromosikan Pulau Langkawi sebagai destinasi yang mengutamakan penjagaan alam sekitar dan kelestarian ekonomi. Komitmen komuniti Kubang Badak terhadap akuakultur ketam nipah menjadi model bagi komuniti lain yang ingin mengharmonikan pembangunan ekonomi dengan pemeliharaan sumber asli.



Rajah 10: Kolam ternakan ketam nipah di Sungai Kubang Badak.

8.4.4 Tapak Geologi, Tapak Warisan Geologi dan Geotapak

Utara Pulau Langkawi amat kaya dengan formasi batuan yang unik dan bernilai tinggi (**Rajah 11**). Kepelbagaian batuan dan landskap merupakan produk pelancongan berasaskan sumber alam semula jadi. Batuan sedimen meliputi Formasi Machinchang, Formasi Setul, Formasi Singa dan Formasi Chuping yang membentuk tiga geopark Pulau Langkawi. Terdapat sebanyak 36 geotapak yang menghadapi ancaman kemusnahan dari segi semula jadi, tekanan daripada pembangunan fizikal, pengeluaran hasil ekonomi dan memenuhi permintaan pengguna. Selain itu, 44 geofitur terletak di kawasan Hutan Simpan Kekal (HSK) yang mendapat perlindungan dan 15 geofitur lagi telah dicadangkan untuk senarai Warisan Kebangsaan.



Rajah 11: Formasi batuan yang ditemui di Taman Geoforest Kilim.

Menurut Laporan Rancangan Tempatan Daerah Langkawi (RTDL) 2030, kawasan geologi meliputi 3 geoforest park, 13 geotapak, 2 monumen geologi dan 17 geofitur lain. Dilaporkan terdapat 36 geotapak yang menghadapi ancaman kemusnahan dari segi semula jadi, tekanan daripada pembangunan fizikal, pengeluaran hasil ekonomi dan memenuhi permintaan penggunaan. Selain itu, 44 geofitur terletak di kawasan hutan simpan kekal yang mendapat perlindungan dan 15 geofitur lagi telah dicadangkan untuk senarai Warisan Kebangsaan. Senarai tapak geologi sebagai warisan semula jadi di kawasan kajian dan kawasan pengaruh meliputi gua, persisir pantai, batuan, fosil, tasik dan morfologi pulau Gua Kelawar, Gua Cherita, Gua Buaya (**Rajah 12** dan **Rajah 13**), Gua Dedap, Gua Langsir, Tanjung Rhu, Pulau Anak Tikus, Tasik Langgun dan Teluk Mempelam.



Rajah 12: Pembentukan gua batu kapur di Gua Buaya.



Rajah 13: Formasi batuan mirip kepala buaya di Gua Buaya.

Dalam pada itu, Biogeotrail Kubang Badak merupakan destinasi pelancongan baharu yang memberi penekanan kepada tarikan geologi, biologi dan budaya setempat. Berdasarkan tiga aspek utama iaitu biologi, geologi dan budaya, 13 lokasi telah dikenal pasti mempunyai kandungan geotapak, biotapak dan tapak budaya yang bernilai tinggi dan unik. Lokasi-lokasi yang telah dikenal pasti adalah Pengkalan Nelayan Kubang Badak, Pusat Maklumat/Galeri Kubang Badak, Pulau Kubang Badak, Sungai Siam I (**Rajah 14**), Sungai Siam II, Sungai Siam III, Gua Pinang, Tanjung Ayer Mendidih (**Rajah 15**), Tanjung Buta (**Rajah 16**), Pulau Jemuruk (**Rajah 17**), Titik Pandang Landskap, Bohor Labi dan Jeti Kubang Badak.



Rajah 14: Sungai Siam I.



Rajah 15: Tanjung Ayer Mendidih.



Rajah 16: Tanjung Buta



Rajah 17: Pulau Jemuruk.

8.4.5 Pengurusan Perikanan Melalui Pendekatan Ekosistem (EAFM)

Merujuk Jamil (2022), utara perairan Pulau Langkawi telah diperkenalkan satu sistem pengurusan perikanan yang berasaskan pendekatan ekosistem. Pengurusan ini dikenali sebagai Pengurusan Perikanan Melalui Pendekatan Ekosistem (EAFM). Secara umumnya, EAFM merupakan pengurusan perikanan dengan mengambil kira semua aspek, iaitu; habitat (terumbu karang), hidupan marin (ikan), teknologi penangkapan, keadaan sosial

masyarakat serta ekonomi. Secara amnya, sumber perikanan di seluruh dunia telah menghadapi kemerosotan yang ketara disebabkan ancaman tempatan dan global (Green et al., 2014; Hernández-Delgado, 2015; McClanahan et al., 2015; Arthington et al., 2016) serta ketidakcekapan pengurusan dan tadbir urus (Campbell et al., 2013; Bennett & Dearden, 2014). Menurut Cowan Jr. et al. (2012) dan Rees et al. (2013), pengurusan perikanan konvensional telah gagal mengurus sumber perikanan secara lestari dan tidak melindungi komuniti yang bergantung harap kepada ekosistem perikanan yang sihat dan produktif untuk makanan, pekerjaan, pembangunan ekonomi, perlindungan pesisir dan lain-lain manfaat. Oleh yang demikian, EAFM telah diperkenalkan dengan pendekatan pengurusan baru agar lebih sesuai dengan skala tadbir urus perikanan dengan mengambil kira keluasan skala perikanan, ekosistem, komuniti dan ancaman yang dihadapi (Staples et al., 2014; Pomeroy et al., 2019). Manakala, menurut Garcia et al. (2003) secara amnya EAFM dapat difahami sebagai sebuah konsep bagaimana menyeimbangkan kelangsungan sosial ekonomi nelayan tradisi dalam pengurusan perikanan dengan mempertimbangkan pengetahuan, informasi dan komponen biotik, abiotik serta interaksi manusia dalam ekosistem perairan melalui sebuah pengurusan perikanan yang padu, komprehensif dan lestari.

Sehubungan ini, pelan EAFM yang berjaya memerlukan pernyataan jelas mengenai kawasan yang akan dibangunkan sebagai Unit Pengurusan Perikanan (FMU). Menurut Staples et al. (2014), Unit Pengurusan Perikanan (FMU) merupakan satu kawasan yang terpisah bagi sesuatu ekosistem dan komponen perikanan yang menjadi fokus utama pengurusan di bawah pendekatan ekosistem melalui pengurusan perikanan (EAFM). Pembangunan FMU boleh menjurus kepada (1) jenis peralatan penangkapan (contohnya, pukot karang), (2) sumber marin (contohnya, terumbu karang), (3) kawasan geografi (contohnya, utara Pulau Langkawi); dan (4) kombinasi ketiga-tiga komponen tersebut. Berdasarkan pendapat lain, pembangunan FMU perlu melihat sempadan ekosistem laut yang ditakrifkan berdasarkan: (1) habitat dan keadaan benthik, dan oseanografi; (2) komposisi, kelimpahan dan taburan spesies laut yang diutamakan; dan (3) corak penggunaan manusia (Pomeroy et al., 2019). Untuk melaksanakan strategi pengurusan perikanan yang mampan, FMU perlu memastikan proses biologi dan tindakan pengurusan berkaitan adalah bersepaduan (Reiss et al., 2009). Menurut Pomeroy et al. (2019), tiada mekanisme khusus untuk mencapai keseimbangan yang sesuai antara kemasukan interaksi dan kesederhanaan adalah perkara penting bagi pengurusan berkesan untuk dilaksanakan. Dalam hal ini, persepsi dan penerimaan pihak berkepentingan boleh menjadi faktor pemanduan yang kuat ke arah pembangunan FMU ini (Berkes, 2001).

Bagi merealisasikan pelan EAFM ini, visi penubuhan EAFM Pulau Langkawi perlu ditentukan bagi memandu pihak pengurusan dan pemegang taruh melaksanakan program EAFM ini. Visi EAFM menjadi satu aspirasi peringkat atasan bagi mencapai sesebuah sasaran.

Ia harus mencerminkan dasar dan perundangan kebangsaan atau wilayah di kawasan kajian. Oleh yang demikian, beberapa siri pertemuan dan bengkel penerangan penubuhan EAFM telah dijalankan bagi mendapatkan maklum balas dan persetujuan pemegang taruh yang terlibat. Penyertaan aktif di kalangan pemegang taruh sebagai nadi penggerak pelaksanaan EAFM Pulau Langkawi. Daripada hasil perbincangan bersama pemegang taruh berkaitan, satu persetujuan telah diperolehi dalam menentukan visi EAFM Pulau Langkawi seperti berikut;

“Meningkatkan faedah sosio-ekonomi komuniti perikanan melalui penggunaan sumber perikanan yang mampan dan bertanggungjawab.”

Gugusan kepulauan Dangli merupakan lokasi yang baik untuk dijadikan projek perintis bagi Program EAFM di Pulau Langkawi (**Rajah 18**), yang mana kawasan ini mengalami kadar kemerosotan ekosistem marin yang agak tinggi khususnya terumbu karang. Secara amnya, kepulauan ini terdiri daripada tiga pulau kecil iaitu Pulau Dangli, Pulau Gasing dan Pulau Pasir, yang terletak di bahagian utara Pulau Langkawi dan jarak sempadan antara Semenanjung Malaysia dan Thailand dianggarkan hanya 3.0 km atau 1.62 batu nautika. Kawasan ini juga terdedah kepada sebarang perubahan iklim dari Laut Andaman dan Lautan Hindi. Kepulauan ini berkedudukan dan bersempadanan di antara kawasan konservasi Taman Rimba Geo Machinchang Cambrian dan Taman Rimba Geo Kilim Karst, yang secara tidak langsung menjadi nadi penyumbang ekonomi utama kepada komuniti-komuniti persisiran pantai di kawasan tersebut. Ketiga-tiga pulau ini merupakan pulau yang tidak berpenghuni, namun mempunyai keaslian dan keindahan alam semulajadi yang tersendiri. Terdapat enam pangkalan nelayan utama di sekitar kepulauan ini, antaranya Tanjung Rhu, Ayer Hangat, Pasir Hitam, Telok Yu, Telok Ewa dan Kubang Badak. Selain itu, di bahagian barat daya kepulauan ini, terdapat sektor industri simen iaitu Lafarge Cement Plant dan pelabuhan yang masih aktif manakala industri perhotelan telah dikenal pasti berada di tenggara kepulauan ini yang terdiri dari Four Seasons Resort Langkawi dan Tanjung Rhu Beach Resort. Bagi memastikan kawasan perairan ini terpelihara daripada sebarang pencemaran, dua stesen pemantauan kualiti air laut telah dibangunkan di sekitar kawasan kajian (muka muara Sungai Air Hangat dan Lafarge Cement Plant) bagi mengawal pencemaran. Selain itu, kawasan pemantauan aktiviti bot nelayan dan pelancongan juga telah diwujudkan di sekitar muara Sungai Air Hangat.



Rajah 18: Kedudukan kawasan EAFM dan had persempadanan di kawasan kajian.

8.5 RUJUKAN

- Abdullah, A.L, Yasin, Z., Shutes, B.R. & Fitzsimons, M. 2011. Sediment fallout rates in Tanjung Rhu coral reefs. *Kajian Malaysia*, 29(2): 1–29.
- Affendi, Y.A. 2005. Coral reefs of north east Pulau Langkawi. *Malaysian Journal of Science*, 24: 145–158.
- Akhir, M.F., Daryabor, F., Husain, M.L., Tangang, F. & Qiao, F. 2015. Evidence of upwelling along Peninsular Malaysia during southwest monsoon. *Open Journal of Marine Science*, 5(3): 273–279. <https://doi.org/10.4236/ojms.2015.53022>
- Arthington, A.H., Dulvy, N.K., Gladstone, W. & Winfield, I.A.N.J. 2016. Fish conservation in freshwater and marine realms: status, threats and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 857: 838–857. <https://doi.org/10.1002/aqc.2712>
- Bandekar, P.D. & Haragi, S.B. 2017. Physicochemical parameters in Karwar coastal water, central West coast of India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(2): 328–331.
- Bartley, R., Bainbridge, Z.T., Lewis, S.E., Kroon, F.J., Wilkinson, S.N., Brodie, J.E. & Silburn, D.M. 2014. Relating sediment impacts on coral reefs to watershed sources, processes and management: A review. *Science of the Total Environment*, 468: 1138–1153.
- Bennett, N.J. & Dearden, P. 2014. Why local people do not support conservation: Community perceptions of marine protected area livelihood impacts, governance and management in Thailand. *Marine Policy*, 44: 107–116.
- Berkes, F. 2001. *Managing small-scale fisheries: alternative directions and methods*. International Development Research Centre.
- Campbell, S., Campbell, S.J., Kartawijaya, T., Yulianto, I., Prasetia, R. & Clifton, J. 2013. Co-management approaches and incentives improve management effectiveness in the Karimunjawa National Park, Indonesia. *Marine Policy*, 41: 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.12.022>
- Cavazos, A.R., Taillefert, M., Tang, Y. & Glass, J.B. 2018. Kinetics of nitrous oxide production from hydroxylamine oxidation by birnessite in seawater. *Marine Chemistry*, 202: 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2018.03.002>
- Chester, R. & Jickells, T. 2012. *Marine geochemistry*, 3rd ed. Wiley-Blackwell, Oxford. hlm. 411.
- Chinnaraja, V., Santhanam, P., Prasath, B.B, Kumar, S.D. & Jothiraj, K. 2011. An investigation on heavy metals accumulation in water, sediment and small marine food chain (plankton and fish) from Coromandel coast, southeast coast of India. *Indian Journal of Natural Sciences*, 11(8): 532–540.
- Chiu, T.R., Khan, M.F., Latif, M.T., Nadzir, M.S.M., Hamid, H.H.A., Yusoff, H. & Ali, M.M. 2018. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of Langkawi island, Malaysia. *Sains Malaysiana*, 47(5): 871-882.

- Chou, L.M. 1994. Marine environmental issues of Southeast Asia: state and development (pp. 139-150). Springer Netherlands.
- Cowan Jr., J.H., Rice, J.C., Walters, C.J., Hilborn, R., Essington, T.E., Day Jr., J.W. & Boswell, K.M. 2012. Challenges for implementing an ecosystem approach to fisheries management. *Marine and Coastal Fisheries*, 4(1): 496–510.
- Dikou, A. & van Woessik, R. 2006. Survival under chronic stress from sediment load: Spatial patterns of hard coral communities in the southern islands of Singapore. *Marine Pollution Bulletin*, 52(11): 1340–1354. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.02.011>
- Garcia, S.M., Zerbi, A., Aliaume, C., Chi, T.D. & Lasserre, G. 2003. Fisheries Management. 2. The ecosystem approach to fisheries. In: *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries*. FAO.
- Green, A.L., Fernandes, L., Almany, G., Abesamis, R., McLeod, E., Aliño, P.M., White, A.T., Salm, R., Tanzer, J. & Pressey, R.L. 2014. Designing marine reserves for fisheries management, biodiversity conservation, and climate change adaptation. *Coastal Management*, 42(2): 143–159.
- Gu, Y., Lin, Q., Lu, T., Ke, C., Sun, R. & Du, F. 2013. Levels, composition profiles and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments from Nan'ao Island, a representative mariculture base in south China. *Marine Pollution Bulletin*, 75: 310-316.
- Hendry, H. & McWilliams, J. 2002. An inventory of the diversity and abundance of reef building corals, other coral reef invertebrates and coral reef fish in the Langkawi archipelago. WWF Malaysia Publication.
- Hernández-Delgado, E.A. 2015. The emerging threats of climate change on tropical coastal ecosystem services, public health, local economies and livelihood sustainability of small islands: Cumulative impacts and synergies. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1): 5–28. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.09.018>
- Hookham, B., Shau-Hwai, A.T., Dayrat, B. & Hintz, W. 2014. A baseline measure of tree and gastropod biodiversity in replanted and natural mangrove stands in Malaysia: Langkawi Island and Sungai Merbok. *Tropical life sciences research*, 25(1): 1.
- Idris, A.M. 2008. Combining multivariate analysis and geochemical approaches for assessing heavy metal level in sediments from Sudanese harbors along the Red Sea coast. *Microchemical Journal*, 90(2): 159–163.
- Ismail, M.S., Ilias, Z., Ismail, M.N., Goeden, G.B., Yap, C.K., Al-Mutairi, K.A. & Al-Shami, S.A. 2022. Coral health assessment in Malaysia: A case study of Pulau Anak Datai, Langkawi. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(30): 45860-45871. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19133-x>
- Jabatan Alam Sekitar. 2018. Laporan kualiti alam sekeliling. Kementerian Sumber Asli dan Kelestarian Alam.
- Jabatan Alam Sekitar. 2020. Laporan kualiti alam sekeliling. Kementerian Sumber Asli dan Kelestarian Alam.

- Jabatan Alam Sekitar. 2022. Laporan kualiti alam sekeliling. Kementerian Sumber Asli dan Kelestarian Alam.
- Jalal, K.C., Faizul, H.N.N., Kamaruzzaman, B.Y., Shahbudin, S., Alam, M.Z. & Irwandi, J. 2009. Studies on physico-chemical characteristics and sediment environment along the coastal waters in Pulau Tuba, Langkawi, Malaysia. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 12(4): 350–357. <https://doi.org/10.1080/14634980903347464>
- Jamil, T. 2022. Penilaian ekologi terhadap ekosistem terumbu karang dalam persekitaran yang berubah : Pendekatan ekosistem bagi mengurus Kepulauan Dangli, Langkawi dalam menghadapi tekanan persekitaran (Publication No. QH77.M4J336 2022 Thesis) [Doctoral Dissertation, Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI), UKM]. <http://ptsldigitalv2.ukm.my:8080/jspui/handle/123456789/519709>
- Jokiel, P.L., Rodgers, K.S., Storlazzi, C.D., Field, M.E., Lager, C. V. & Lager, D. 2014. Response of reef corals on a fringing reef flat to elevated suspended sediment concentrations: Moloka'i, Hawai'i. *PeerJ*, 2: e699.
- Jonsson, D. 2003. An inventory of coral reefs in Langkawi Archipelago , Malaysia – Assessment and impact study of sedimentation. Uppsala University, Sweden.
- Karickhoff, S.W. 1984. Organic pollutant sorption in aquatic systems. *Journal of Hydraulic Engineering*, 110: 707-735.
- Khandaker, M.U., Amin, Y.M. & Bradley, D.A. 2019. Elevated concentration of radioactive potassium in edible algae cultivated in Malaysian seas and estimation of ingestion dose to humans. *Algal Research*, 38: 101386.
- Kucuksezgin, F., Pazi, I. & Gohul, L.T. 2012. Marine organic pollutants of the Eastern Aegean: Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in Candarli Gulf surficial sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 64(11): 2569-2575. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.07.019>
- Latiff, A. & Faridah-Hanum, I. 2014. Mangrove ecosystem of Malaysia: status, challenges and management strategies. In: Faridah-Hanum, I., Latiff, A., Hakeem, K., Ozturk, M. (eds). *Mangrove Ecosystems of Asia*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8582-7_1
- Lee, Y.L., Affendi, Y.A., Tajuddin, B.H., Yusuf, Y.B., Alfian, A.A.K. & Anuar, E.A. 2005. A post-tsunami assessment of coastal living resources of Langkawi Archipelago, Peninsular Malaysia. *NAGA, WorldFish Center Newsletter*, 28(1&2): 17–22.
- Lee, J. & Mohamed, C.A.R. 2011. Accumulation of settling particles in some coral reef areas of Peninsular Malaysia. *Sains Malaysiana*, 40(6): 549–554.
- Lefebvre, L.W., Provancha, J.A., Slone, D.H. & Kenworthy, W.J. 2017. Manatee grazing impacts on a mixed species seagrass bed. *Marine Ecology Progress Series*, 564: 29-45.
- Li, D. & Liu, S. 2019. Water quality monitoring and management. In: Daoliang & Shuangyin (eds.). *Water Quality Monitoring and Management*, pp. 233–249. Academic Press, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811330-1.00009-0>
- Lide, D.R. 2004. *CRC handbook of chemistry and physics*, vol.85. CRC Press.

- Lippman, J., Fenner, P., Winkel, K. & Gershwin, L. 2011. Fatal and severe box jellyfish stings, including Irukandji stings in Malaysia, 2000–2010. *Journal of Travel Medicine*, 18(4): 275–281.
- Malang, E. J. & Hamsiah, H. 2016. Seasonal variation of bivalve diversity in seagrass ecosystem of Labakkang coastal water, Pangkep, South Sulawesi, Indonesia. *AAAL Bioflux*, 9(4): 775–784
- Mateos-Molina, D., Palma, M., Ruiz-Valent, I., Panagos, P., Garcia-Charton, J.A. & Ponti, M. 2015. Assessing consequences of land cover changes on sediment deliveries to coastal waters at regional level over the last two decades in the northwestern Mediterranean Sea. *Ocean & Coastal Management*, 116: 435–442.
- McClanahan, T., Allison, E.H., & Cinner, J.E. 2015. Managing fisheries for human and food security. *Fish and Fisheries*, 16(1): 78–103.
- Meesters, E.H., Bos, A. & Gast, G.J. 1992. Effects of sedimentation and lesion position on coral tissue regeneration. *Proceedings of the 7th. International Coral Reef Symposium*, 2: 681–688.
- Salleh, N.H.M, Othman, R., Idris, S.H.M, Halim, S.A, Shukor, M.S., Yussof, I., Samsudin, M. & Omar, M. 2014. Development of tourism industry and its impact on Langkawi island community. *Jurnal Ekonomi Malaysia*, 48(2): 71-82. <https://doi.org/10.17576/jem-2014-4802-07>
- Mokhtar, M., Tajam, J. & Wagiman, S. 2019. Determination of the sediment contamination level in Dangli waters of Langkawi UNESCO Global Geopark, Kedah, Malaysia. *Sains Malaysiana*, 48: 45-59.
- Nabila, G.F., Razali, W.M.W., Faridah-Hanum, I. & Abdu, A. 2013. The effects of environmental and soil fertility factors on plant species diversity in Kilim Geoforest Park, Langkawi, Malaysia. *Tropical Agricultural Science*, 36: 261-286.
- Norilani, W.W., Juliana, W.W., Salam, M.R. & Latiff, A. 2014. Community structure at two compartments of a disturbed mangrove forests at Pulau Langkawi. *AIP Conference Proceedings*, 1614(1): 790-794. <https://doi.org/10.1063/1.4895303>.
- Norilani, W.W., Juliana, W.W., Salam, M.R., & Latiff, A. 2018. Structural and floristic pattern in a disturbed mangrove tropical swamp forest: a case study from the Langkawi UNESCO Global Geopark Forest, Peninsular Malaysia. *Sains Malaysiana*, 47(5): 861-869.
- Ogawa, H., Sidik, B.J. Harah, Z.M. 2011. Seagrasses resource status and trends in Indonesia, Japan, Malaysia, Thailand and Vietnam. *Seizando-Shoten, Tokyo*. Hlm. 168.
- Patel, P., Raju, N.J., Reddy, B.C.S.R., Suresh, U., Sankar, D.B. & Reddy, T.V.K. 2017. Heavy metal contamination in river water and sediments of the Swarnamukhi River Basin, India: risk assessment and environmental implications. *Environmental Geochemistry and Health*, 40: 609–623.
- Paul, N.D. & Gwynn-Jones, D. 2003. Ecological roles of solar UV radiation: Towards an integrated approach. *Trends in Ecology and Evolution*, doi:10.1016/S0169-5347(02)00014-9

- Perry, C.T., Smithers, S.G., Gulliver, P. & Browne, N.K. 2012. Evidence of very rapid reef accretion and reef growth under high turbidity and terrigenous sedimentation. *Geology*, 40(8): 719–722.
- Pietzsch, R., Patchineelam, S.R. & Torres, J.P.M. 2010. Polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments from a subtropical estuary in Brazil. *Marine Chemistry*, 118(1-2): 56-66.
- PlanMalaysia. 2020. Laporan pendekatan kajian: pelan pengurusan pembangunan persisir pantai Padang Mat Sirat-Ayer Hangat, Langkawi, Kedah. Technical Report. PLAN Malaysia Pejabat Projek Zon Utara, Alor Setar, Kedah.
- Pomeroy, R., Garces, L., Pido, M., Parks, J. & Silvestre, G. 2019. The role of scale within an Ecosystem Approach to fisheries management: Policy and practice in Southeast Asian seas. *Marine Policy*, 103531.
- Rajan, P., Duke, N.C., Mathew, S. & Cherian, E. 2022. *Bruguiera x rhynchopetala* (Rhizophoraceae) newly reported in India, far west of south-east Asian, east Asian and western Pacific regions. *Rheedea*, 32(2): 109-119.
- Razak, M.A.A., Hussain, A.G., Ahmad, N. & Latiff, A. 2014. Langkawi Geopark is home to rare mangrove flora. *Malaysian Naturalist*, 67(3): 50-53.
- Rees, S.E., Rodwell, L.D., Searle, S. & Bell, A. 2013. Identifying the issues and options for managing the social impacts of Marine Protected Areas on a small fishing community. *Fisheries Research*, 146: 51–58.
- Reiss, H., Hoarau, G., Dickey-collas, M. & Wolff, W.J. 2009. Genetic population structure of marine fish : mismatch between biological and fisheries management units. *Fish and Fisheries*, 10: 361–395. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00324.x>
- Rizal, S., Damm, P., Wahid, M. A., Sundermann, J., Ilhamsyah, Y. & Iskandar, T. 2012. General circulation in the Malacca Strait and Andaman Sea: A numerical model study. *American Journal of Environmental Science*, 8(5): 479–488. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2012.479.488>
- Salleh, A., Wakid, S.A., Bahnan, I.S., Rahman, K.A. & Nasrodin, S. 2005. Diversity of phytoplankton at Langkawi Island, Malaysia. *Malaysia Journal of Science*, 24: 43-55.
- Samsudin, M. & Mohamad, S. 2013. Pengaruh warisan sejarah dalam industri pelancongan Langkawi. *International Journal of the Malay World and Civilisation*, 1(1): 99-109.
- Scavia, D. & Bricker, S.B. 2006. Coastal eutrophication assessment in the United States. *Biogeochemistry*, 79: 187–208. <https://doi.org/10.1007/s10533-006-9011-0>
- Scott, M. & Lindsey, R. 2022. Understanding blue carbon. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/understanding-blue-carbon>. Akses terakhir pada 1 Disember 2024.
- Shah, C. 2015. Measuring rates of atmospheric phosphorus deposition into a fresh water wetland. *DePaul Discoveries*, 4: 8.
- Sidik, F., Neil, D. & Lovelock, C.E. 2016. Effect of high sedimentation rates on surface sediment dynamics and mangrove growth in the Porong River, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 107(1): 355–363.

- Siew-Moi, P., Ching-Lee, W., Phaik-Eem, L., Hui-Yin, Y. & Cheong-Xin, C. 2005. Seaweed diversity of the Langkawi Islands with emphasis on the northeastern region. *Malaysian Journal of Science*, 24: 77–94.
- Staples, D., Brainard, R., Capezzuoli, S., Funge-Smith, S., Grose, C., Heenan, A., Hermes, R., Maurin, P., Moews, M., O'Brien, C. & Pomeroy, R. 2014. Essential EAFM. Ecosystem Approach to Fisheries Management Training Course. Volume 2 – For Trainers. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, RAP Publication 2014/13. hlm. 213.
- Tajam, J. & Kamal, M.L. 2013. Marine environmental risk assessment of Sungai Kilim, Langkawi, Malaysia: heavy metal enrichment factors in sediments as assessment indexes. *International Journal of Oceanography*, 2013: 1-6. <https://doi.org/10.1155/2013/482451>
- Tan W.H. 2005. Tourism development in northeast Langkawi. *Malaysian Journal of Science*, 24: 213–218.
- Tosic, M., Restrepo, J.D., Izquierdo, A., Lonin, S., Martins, F. & Escobar, R. 2018. An integrated approach for the assessment of land-based pollution loads in the coastal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 211: 217–226.
- Ustaoglu, F. & Tepe, Y. 2019. Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. *International Soil and Water Conservation*, 7: 47-56.
- van Maren, D.S., Liew, S.C. & Hasan, G.M.J. 2014. The role of terrestrial sediment on turbidity near Singapore's coral reefs. *Continental Shelf Research*, 76: 75–88.
- Wong, R., Chan, C.F. & Wong, H.W. 2005. Distribution of heavy metals found in three major rivers of north-eastern Pulau Langkawi. *Malaysian Journal of Science*, 24: 9–14.
- Ying, L., Chen, L., Jianfu, Z., Qinghui, H., Zhiliang, Z. & Hongwen, G. 2008. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of rivers and an estuary in Shanghai, China. *Environmental Pollution*, 154: 298-305.
- Zahir, M.S.M., John, B.A., Kamaruzzaman, B.Y., Jalal, K.C.A., Shahbudin, S., Fuad, M.M., Fikriah, F. & Aznida, M.A. 2012. The distribution of selected metals in the surface sediment of Langkawi coast, Malaysia. *Oriental Journal of Chemistry*, 28(2): 725-732.
- Zainee, N.F.A., Ismail, A., Ibrahim, N. & Ismail, A. 2018. Diversity, distribution and taxonomy of Malaysian marine algae, Halimeda (Halimedaceae, Chlorophyta). *Malayan Nature Journal*, 70(2): 211-219.
- Zhang, Y., Guo, C.S., Xu, J., Tian, Y.Z., Shi, G.L. & Feng, Y.C. 2012. Potential source contributions and risk assessment of PAHs in sediments from Taihu Lake, China: comparison of three receptor models. *Water Resources*, 46: 3065-3073.
- Zulfigar, Y., Jamil, T., Shahima, A.H. & Nizam, M.I. 2013. Marine biodiversity expedition report 2012: Northern Straits of Malacca - Payar and Songsong Islands Archipelago. Marine Park Department, Putrajaya.



KEMENTERIAN PERTANIAN
DAN KETERJAMINAN MAKANAN
JABATAN PERIKANAN MALAYSIA



INSTITUT PENYELIDIKAN PERIKANAN
IPP Batu Maung
11960 BATU MAUNG
PULAU PINANG
fri_helpdesk@dof.gov.my
<https://fri.dof.gov.my>

ISBN 978-967-2946-51-9



9 789672 194651 9