

PEMETAAN DAN ANALISIS TABURAN SISA PEPEJAL DOMESTIK MENGGUNAKAN GIS: KAJIAN KES TELUK LIKAS, SABAH

(MAPPING AND ANALYSIS OF DOMESTIC SOLID WASTE DISTRIBUTION USING GIS: A CASE STUDY
OF TELUK LIKAS, SABAH)

JAMRU, L. R.¹ – EBOY, O. V.¹ – LOIJON, F. V.² – LEE, S.¹ – MAPA, M. T.¹ – JAFAR, A.¹ – MOHD
RAHMAN, D. M.¹ – PUTRA, A. K.³

¹ *Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Malaysia Sabah, Sabah, Malaysia.*

² *Institute for Development Studies Sabah (IDS), Sabah, Malaysia.*

³ *Jabatan Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Malang, Jawa Timur, Indonesia.*

**Penulis penghubung
e-mail: adijafar[at]ums.edu.my*

(Received 20th July 2026; revised 23rd August 2026; accepted 29th August 2026)

Abstrak. Peningkatan penghasilan sisa pepejal di kawasan bandar semakin membimbangkan dan berpunca daripada pelbagai aktiviti manusia yang telah memberikan kesan negatif terhadap ekosistem persekitaran, khususnya kawasan perairan. Justeru itu, kajian ini dijalankan untuk memetakan dan menganalisis taburan sisa pepejal domestik serta mengenal pasti kawasan tumpuan sisa pepejal di Teluk Likas, Sabah. Kerja lapangan telah dilaksanakan bagi mengenal pasti lokasi hotspot pembuangan sisa pepejal, dan sebanyak 13 lokasi telah dikenal pasti sebagai kawasan utama yang menyumbang kepada kebocoran sisa pepejal ke perairan Teluk Likas. Sistem Maklumat Geografi (GIS) telah digunakan untuk memetakan dan menganalisis taburan spatial sisa pepejal, manakala interpolasi Inverse Distance Weighted (IDW) digunakan bagi mengenal pasti zon pengumpulan sisa di sepanjang kawasan pesisir. Hasil kajian menunjukkan bahawa sebanyak 2,359 unit sisa pepejal telah direkodkan. Berdasarkan saiz sisa, sebanyak 99% merupakan sisa bersaiz kecil, diikuti 0.76% beg plastik penuh dan 0.04% muatan troli. Dari segi sumber, aktiviti domestik mencatat jumlah sisa tertinggi, iaitu 69.73%, diikuti komuniti pulau sebanyak 25.35% dan sisa isi rumah sebanyak 4.92%. Analisis komposisi sisa turut menunjukkan dominasi bahan berasaskan plastik, khususnya botol 35.2%, plastik 31.9% dan polistiren 31.7%, yang secara keseluruhannya merangkumi 98.8% daripada jumlah sisa yang dipetakan. Dominasi sisa plastik serta jumlah sisa yang tinggi daripada aktiviti domestik menunjukkan bahawa sumber dari kawasan penempatan merupakan antara penyumbang utama kepada kebocoran sisa pepejal ke perairan. Dapatan kajian ini diharapkan dapat menjadi rujukan kepada pihak berkuasa tempatan dalam mengenal pasti kawasan kritikal serta merangka strategi pengurusan sisa pepejal yang lebih berkesan, bersepadu dan lestari bagi mengurangkan kebocoran sisa pepejal ke perairan Teluk Likas.

Katakunci: *sisa pepejal domestik, GIS, taburan, Teluk Likas, plastik*

Abstract. The increasing generation of solid waste in urban areas is becoming increasingly concerning and is driven by various human activities, consequently exerting negative impacts on environmental ecosystems, particularly aquatic environments. Therefore, this study was conducted to map and analyse the distribution of domestic solid waste and identify solid waste dumping hotspots in Teluk Likas, Sabah. Fieldwork was conducted to identify solid waste dumping hotspots, with 13 locations identified as major areas contributing to solid waste leakage into the waters of Teluk Likas. Geographic Information System (GIS) techniques were employed to map and analyse the spatial distribution of solid waste, while Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation was used to identify waste accumulation density zones along the coastal area. The findings indicate that a total of 2,359 units of solid waste were recorded. Based on waste size, 99% consisted of small-sized waste, followed by full plastic bags (0.76%) and trolley loads (0.04%). In terms of sources, domestic activities accounted for the highest proportion of waste at 69.73%, followed

by island communities at 25.35% and household waste at 4.92%. Analysis of waste composition also revealed a strong dominance of plastic-based materials, particularly bottles (35.2%), plastic materials (31.9%), and polystyrene (31.7%), which collectively accounted for 98.8% of the total mapped waste. The dominance of plastic waste and the high volume of waste originating from domestic activities indicate that land-based sources, particularly residential areas, are among the major contributors to solid waste leakage into aquatic environments. The findings of this study are expected to serve as a reference for local authorities in identifying critical areas and developing more effective, integrated, and sustainable solid waste management strategies to reduce solid waste leakage into the waters of Teluk Likas.

Keywords: *domestic solid waste, GIS, distribution, Teluk Likas, plastic*

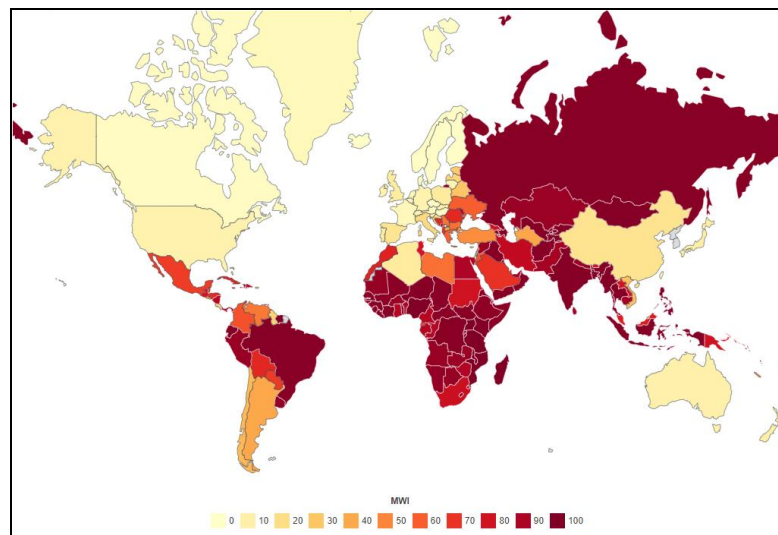
Pengenalan

Pengurusan sisa pepejal menjadi salah satu masalah utama yang dihadapi oleh masyarakat. Peningkatan penghasilan sisa pepejal yang disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang pesat menjadi penyumbang utama kepada pengurangan jangka hayat tapak pelupusan sampah. Pada masa kini, Malaysia terlalu bergantung pada tapak pelupusan untuk menguruskan hampir 95 peratus sisa pepejal yang dihasilkan. Keadaan ini semakin meruncing dengan statistik terkini yang menunjukkan bahawa hanya 165 daripada 296 tapak pelupusan sampah di negara ini masih beroperasi (Utusan Online, 2017). Pada tahun 2013, Malaysia mencatatkan pembuangan hampir 33,000 tan metrik sampah setiap hari, yang mengakibatkan perbelanjaan berjumlah RM1.2 bilion untuk kerja pengutipan sampah. Secara purata, setiap individu menghasilkan 0.8 kg sampah sehari, manakala di bandar-bandar besar seperti Kuala Lumpur, purata sisa sampah yang dibuang oleh seorang individu adalah 1.25 kg sehari (Harian Metro, 2016).

Pada tahun 2017, jumlah sisa pepejal yang dihasilkan di Malaysia meningkat kepada 37,000 tan metrik sehari, atau bersamaan dengan 13.5 juta tan sampah setiap tahun (Utusan Online, 2017). Statistik ini menunjukkan bahawa masalah penghasilan sampah dan pengurusan sisa pepejal di negara ini bukanlah sesuatu yang semakin mengecil, malah semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi negara. Jumlah sisa pepejal yang semakin meningkat memerlukan pendekatan baru dalam teknologi dan sistem pengurusan untuk menangani isu ini. Oleh itu, pengurusan sisa domestik dan industri menjadi sangat penting dalam usaha untuk melindungi alam sekitar dan memastikan kelestarian serta kualiti hidup masyarakat. Pengurusan sisa pepejal yang baik di kawasan bandar juga dianggap sebagai isu global. Pengurangan penghasilan sampah domestik harus menjadi keutamaan bagi mengurangkan beban perbelanjaan kerajaan. Kos pengurusan sisa pepejal yang melibatkan pengutipan, pengumpulan, pengangkutan, dan pelupusan sampah adalah sangat tinggi. Walaupun kos pengurusan yang tinggi menjadi pendorong untuk sistem pengurusan sisa yang lebih baik, caj yang dikenakan kepada masyarakat jauh lebih rendah berbanding dengan kos sebenar pengurusan sisa pepejal. Hal ini menyukarkan pihak berkuasa tempatan untuk meningkatkan kualiti perkhidmatan kerana kekurangan modal, tenaga kerja, kenderaan, serta peralatan (Ali et al., 2012). Selain itu, masalah kekurangan tapak pelupusan yang sesuai juga menjadi salah satu faktor penyumbang kepada isu pengurusan sisa di Malaysia (Ali et al., 2012).

Direkodkan sisa pepejal yang paling dominan di kesan di perairan marin adalah sisa pepejal plastik. Dianggarkan antara 4.8 hingga 12.7 juta tan metrik sisa pepejal plastik memasuki lautan setiap tahun. Kajian pada 2017 mendapati 80% plastik yang salah diurus di lautan datang dari lima negara Asia iaitu China, Thailand, Vietnam, Indonesia dan Filipina (ASEAN, 2021). Negara berpendapatan sederhana dan rendah masih membangunkan infrastruktur negara lebih cenderung menghasilkan peratusan yang

lebih tinggi bagi sisa pepejal plastik yang salah diurus, yang lebih cenderung dilepaskan ke lautan. Malaysia juga turut tidak terkecuali, berdasarkan *Rajah 1*, menunjukkan Malaysia juga turut dikategorikan sebagai negara yang tidak menguruskan sisa pepejal plastik dengan cara yang betul. Malaysia menghasilkan sisa pepejal plastik sebanyak 1.4 juta tan, 1047735 tan tidak diuruskan dengan betul, manakala 11,789 tan sisa pepejal plastik telah dilepaskan ke perairan. Plastik merupakan polimer sintetik organik yang mempunyai sifat tahan lasak dan kekal sehingga suatu jangka masa yang panjang. Selain itu, plastik adalah bahan serba guna dengan sifat yang ringan, kuat, tahan lama dan murah membuatkan plastik sesuai dikeluarkan dalam pelbagai produk yang luas (Derraik, 2002). Disebabkan sifat plastik yang ringan, ianya mudah terapung di permukaan laut dan boleh tersebar luas ke tempat yang jauh (Derraik, 2002).



Rajah 1. Peta pencemaran plastik mengikut negara.

Sorotan literatur

Pencemaran sisa plastik di Teluk Likas

Kawasan pantai Teluk Likas merupakan kawasan rekreasi yang menjadi tumpuan oleh orang ramai untuk aktiviti rekreasi dan riadah. Namun, nilai estetika dan keindahan persekitaran pantai Teluk Likas ini telah merosot disebabkan kehadiran sisa plastik di perairan Teluk Likas ini. Kajian yang dijalankan oleh Aziz (2007), mendapati sampah yang paling dominan yang terdapat di Teluk Likas adalah dari kategori plastik. Hasil kajian ini disokong oleh kajian Adnan et al. (2015) yang menyatakan Teluk Likas mengalami peningkatan dari segi bilangan (8.86%) dan berat sampah (28.32%) sampah dalam kategori plastik berbanding tahun 2006. Sampah jenis plastik mendominasi kategori bilangan dan berat keseluruhan sampah dengan peratus bilangan sebanyak 94.38% dan peratusan berat sebanyak 65.29%. Menurut Mayor Dewan Bandaraya Kota Kinabalu (DBKK) Datuk Noorliza Awang Alip, pantai Teluk Likas adalah salah satu kawasan mendaratnya sisa sampah yang mengikut air pasang surut pada setiap kali musim tengkujuh. Utusan Borneo (2021) melaporkan, DBKK telah membersihkan 4,000 Kg sampah di kawasan Teluk Likas (*Rajah 2*).



Rajah 2. Kerja pembersihan oleh pihak DBKK.
Sumber: Utusan Borneo (2021).

Masalah sampah di Pantai Teluk Likas adalah dalam tahap yang tidak terkawal berdasarkan status kedudukannya yang strategik untuk menjadi tempat longgokan sampah. Aziz (2007) menyatakan bahawa kawasan Teluk Likas mempunyai taburan sampah yang tinggi berbanding kawasan pantai berhampiran kawasan tersebut. Hal ini disebabkan Teluk Likas adalah satu kawasan pantai yang berbentuk "C" merupakan estuari kepada pertemuan beberapa sungai utama di Kota Kinabalu, antaranya ialah pertemuan antara Sungai Inanam dengan Sungai Likas dan terlindung daripada ombak besar, di mana kawasan ini cenderung untuk menjadi longgokan sampah. Di antara faktor lain yang dikenalpasti menjadi punca kepada peningkatan sisa pepejal plastik di Teluk Likas selain keadaan fizikal dan kedudukan pantai yang cenderung memerangkap sampah daripada laut, adalah kerana faktor semulajadi seperti angin, arus, kenaikan aras laut, musim tengkujuh, keadaan pasang surut air dan ombak menghalang sampah ini keluar daripada pantai Teluk Likas. Malah, sampah dari kawasan lain yang memasuki kawasan teluk cenderung untuk kekal di kawasan tersebut. Selain itu, aktiviti pelancongan dan sistem pengurusan sisa pejal yang kurang sistematik turut menyumbang kepada peningkatan sisa plastik di perairan Teluk Likas. Kawasan Pantai Teluk Likas dikelilingi oleh pulau-pulau di mana di setiap pulau ini mempunyai kawasan perumahan (perkampungan nelayan atas air). Perkampungan ini menyumbang kepada pencemaran sampah kerana tidak mempunyai sistem pelupusan sampah yang lebih sistematik. Malahan, terdapat juga perkampungan atas air di seberang jalan (Jalan Tun Fuad Stephen). Keadaan sampah di perairan kampung ini amat jelas kelihatan. Ketika air surut, kelihatan sampah yang terapung sama ada terkumpul di persekitaran perkampungan tersebut atau bergerak ke lautan dan cenderung untuk terdampar di pantai, tertimbus dalam pasir dan termendap di dasar lautan.

Secara ringkasnya, jelas menunjukkan sisa pepejal ini mendatangkan satu masalah yang makro. Kos pengurusan sisa pepejal yang ditanggung oleh pihak kerajaan pada masa kini adalah sangat tinggi. Proses pengurusan bermula dari pengutipan, pengumpulan, pengangkutan sampah dan pelupusan sampah memberi bebanan perbelanjaan kepada kerajaan. Sedangkan caj yang dikenakan kepada masyarakat jauh lebih rendah dari kos pengurusan sebenar. Keadaan ini menyebabkan pihak berkuasa tempatan sukar untuk meningkatkan kualiti perkhidmatan pengurusan sisa pejal

disebabkan keterbatasan modal, guna tenaga, operasi, kenderaan dan kekurangan peralatan. Oleh itu, kajian ini perlu dijalankan bagi meningkatkan kecekapan pengurusan sisa pepejal yang terdapat di perairan marin dengan memanfaatkan teknologi terkini sistem maklumat geografi. Tujuannya adalah untuk mengurangkan pencemaran sisa pepejal serta memastikan kelestarian alam sekitar terpelihara. Kajian ini penting sebagai langkah awal dalam mengenalpasti punca sumber sampah serta menyediakan maklumat yang diperlukan oleh pihak berkuasa untuk mengatasi masalah ini. Hasil kajian ini diharapkan dapat membantu dalam mengurangkan kos pengurusan sisa pepejal yang sangat tinggi untuk melupuskan sisa pepejal dan operasi pembersihan kawasan pantai yang kerap kali dilakukan tetapi tidak berkesan untuk jangka masa panjang. Kajian ini bukan sahaja memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang masalah ini tetapi juga akan membuka jalan penyelesaian yang lebih berkesan dalam pengurusan sisa pepejal.

Aplikasi teknologi geospasial dalam kajian sisa pepejal

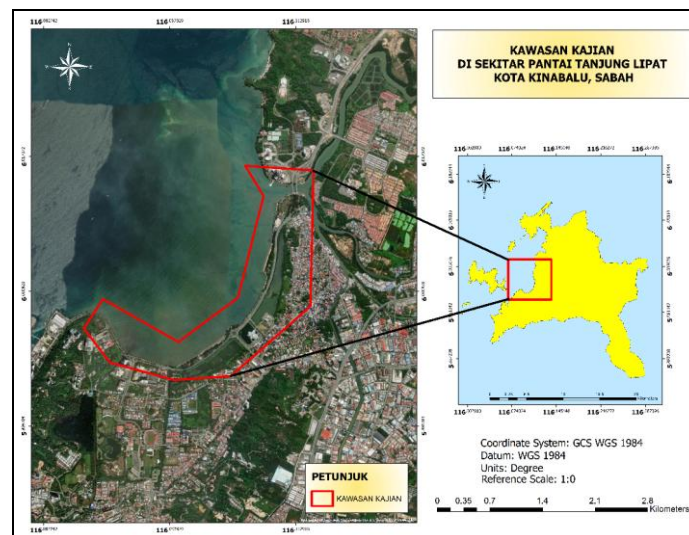
Aplikasi teknologi geospasial dalam kajian sisa pepejal plastik seperti GIS dan penderiaan jauh telah digunakan untuk memantau kitaran hayat bahan plastik. Pendekatan berasaskan geospasial ini telah dijalankan diperingkat global iaitu negara (Meijer et al., 2021; Lebreton et al., 2017), peringkat bandar (Sakti et al., 2021). Selain itu, kemajuan dalam teknologi spatial, terutamanya GIS telah diaplikasikan ke pelbagai dimensi data spatial, termasuk topografi, hidrologi, klimatologi, perhutanan, guna tanah dan kajian bencana banjir (Ahmad et al., 2026; Halim et al., 2026; Amilin dan Jamru, 2025; Buaya et al., 2025; Jamru et al., 2024a; Jamru et al., 2024b; Jamru et al., 2023a; Jamru et al., 2023b; Jamru et al., 2022; Linda Roziani et al., 2013). Page et al. (2020) menggunakan data Sentinel-1 dan Sentinel-2 untuk mengklasifikasikan sisa tayar dan plastik di Scotland. Kruse et al. (2022) pula, memberi tumpuan kepada pengagregatan plastik di tapak pembuangan di seluruh Indonesia. Hasil kajian menunjukkan bahawa sekitar 19% tapak pembuangan sisa di Asia Tenggara terletak dalam jarak 200m dari laluan air atau badan air yang disenaraikan di OpenStreetMap, dan lebih daripada separuhnya berada dalam 750m dari laluan air tersebut. Gill et al. (2019) menggunakan data termal Landsat untuk mengesan peningkatan suhu permukaan tanah di tapak pembuangan; berbanding dengan persekitaran berdekatan, nilai Suhu Permukaan Tanah (LST) yang lebih tinggi telah dilaporkan bagi kawasan tapak pembuangan (Yan et al., 2014). Pengkaji membangunkan rangka kerja analisis untuk menyaring tapak pembuangan haram dengan menggunakan cahaya waktu malam dari imej satelit Suomi VIIRS sebagai proksi. Karimi et al. (2022) mengintegrasikan imej cahaya waktu malam dengan LST dan indeks pelarasan tanah yang disesuaikan bersama dengan lapisan vektor untuk lebuh raya, kereta api, dan tapak pembuangan. Imej satelit waktu malam juga telah digunakan untuk menentukan kawasan yang mempunyai penduduk (Karim et al., 2023).

Di Malaysia, Kajian sebelum ini yang menggunakan kaedah geospasial dalam pengurusan sisa pepejal telah dijalankan oleh Sarkawi et al. (2021). Kajian ini telah menggunakan aplikasi sumber terbuka “World Cleanup” untuk mengutip data tapak-tapak pelupusan sisa sampah secara haram. Kaedah interpolasi ruangan digunakan untuk memetakan jenis sampah di kawasan Hutan Melintang, Perak. Manakala, kajian yang terkini dijalankan oleh penyelidik dari Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) iaitu Ismail dan Nordin (2024) mengawal pencemaran sisa plastik. Kajian ini menggunakan pendekatan saintis masyarakat untuk menyumbang maklumat berkaitan

sisa plastik melalui sistem plastik aplikasi web “Machine Learning for Mitigating Litter”. Masyarakat boleh mengemaskini maklumat berkaitan sisa plastik secara dalam talian dan ditanda menggunakan koordinat untuk mengenalpasti kawasan tercemar. Kajian sebelum ini, lebih memberi penekanan kepada pelbagai aspek pengurusan sisa termasuk kitar semula, cabaran dan strategi yang digunakan di Malaysia. Namun, tiada kajian yang dijalankan untuk mengenal pasti sumber berlakunya kebocoran sisa pepejal ini ke kawasan perairan marin. Penentuan densiti sisa pepejal dan sumber kebocoran adalah penting untuk mencegah pencemaran bahan buangan ini. Bagi mengenalpasti punca bahan buangan ini memerlukan pemahaman mengenai sumbernya. Maklumat ini adalah penting sebagai petunjuk untuk mengawal potensi pencemaran sisa pejal berlaku dan menjadi fokus dalam kajian ini.

Instrumen dan Metod Kajian

Kajian ini dijalankan di kawasan sekitar pantai tanjung lipat yang terletak di pantai barat daerah Kota Kinabalu, Sabah. Kawasan pantai Teluk Likas merupakan kawasan rekreasi yang menjadi tumpuan oleh orang ramai bagi aktiviti rekeasi dan riadah, pada masa yang sama turut menjadi tumpuan pelancong sama ada dalam mahupun dari luar negara yang mana menyajikan suasana yang estetik ketika waktu senja. Teluk Likas juga merupakan kawasan pantai yang berbentuk "C" merupakan estuari kepada pertemuan beberapa sungai utama di Kota Kinabalu, antaranya ialah pertemuan antara Sungai Inanam dengan Sungai Likas dan terlindung daripada ombak besar. Pada bahagian perairan, kawasan ini dikelilingi dengan dua buah pulau iaitu Pulau Gaya dan Pulau Sepanggar, manakala di kawasan sekitarnya dapat memperlihatkan bangunan masjid yang dikelilingi tasik iaitu Masjid Bandaraya Kota Kinabalu dan bangunan Pusat Pentadbiran Negeri Sabah (PPNS) (*Rajah 3*).



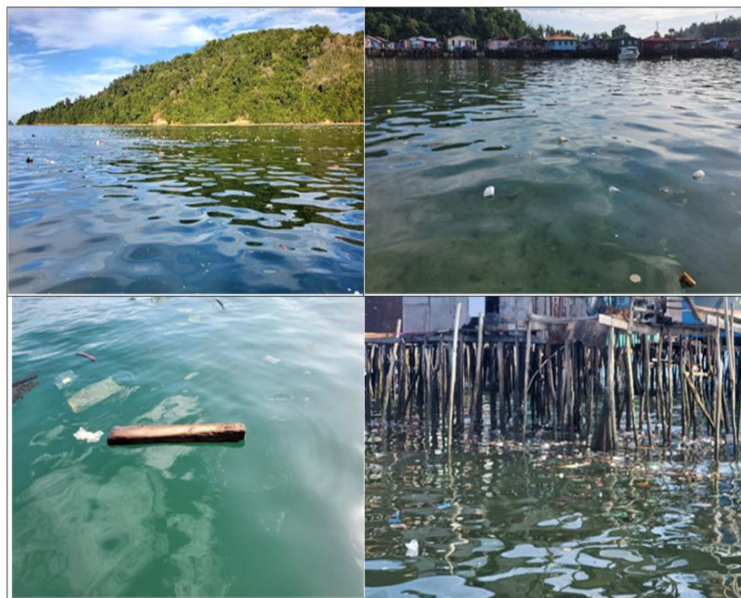
Rajah 3. Kawasan kajian.

Dalam kajian ini, aplikasi all-in-one offline maps digunakan untuk mengumpulkan data manakala analisis GIS pula digunakan dalam melakukan analisis pemetaan iaitu Hotspot lokasi pembuangan sisa domestik di kawasan kajian. Dalam konteks pemetaan, analisis interpolasi merupakan kaedah untuk menganggarkan nilai pada kawasan yang tidak mempunyai data berdasarkan nilai yang diperoleh daripada lokasi sekitarnya.

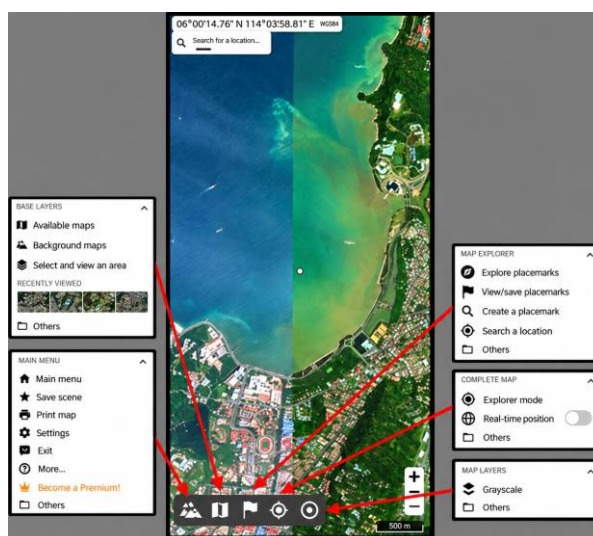
Kaedah ini digunakan untuk menghasilkan gambaran taburan nilai secara menyeluruh bagi sesuatu kawasan yang dipetakan. Interpolasi ruang berasaskan dua andaian utama, iaitu nilai atribut data berubah secara berterusan dalam ruang dan terdapat hubungan antara nilai di lokasi yang berdekatan (Anderson, 2002). Oleh itu, nilai pada sesuatu lokasi yang tidak diketahui boleh dianggarkan berdasarkan nilai daripada titik-titik data yang berada di sekitarnya. Semakin dekat sesuatu titik dengan lokasi yang ingin dianggarkan, semakin besar pengaruhnya terhadap nilai yang dihasilkan (Prasasti et al., 2005). Keadaan ini selari dengan Teori Tobler yang menyatakan bahawa sesuatu perkara mempunyai hubungan dengan perkara lain, tetapi hubungan tersebut lebih kuat antara lokasi yang berdekatan berbanding lokasi yang jauh (Longley et al., 2005). Sebelum analisis interpolasi ruang dijalankan, data daripada titik sampel perlu diperolehi terlebih dahulu. Data ini digunakan untuk menganggarkan nilai pada lokasi yang belum mempunyai data atau belum dikenal pasti.

Dalam kajian ini, kaedah Inverse Distance Weighting (IDW) digunakan sebagai kaedah interpolasi deterministik yang menganggarkan nilai pada lokasi yang tidak mempunyai data berdasarkan jarak daripada titik sampel yang diketahui. Kaedah ini berasaskan andaian bahawa titik sampel yang lebih dekat mempunyai pengaruh yang lebih besar terhadap nilai interpolasi berbanding titik yang lebih jauh. Prinsip ini selari dengan Teori Tobler yang menyatakan bahawa hubungan antara sesuatu lokasi adalah lebih kuat apabila lokasi tersebut berada lebih dekat antara satu sama lain (Longley et al., 2005). Menurut Li et al. (2011), titik yang lebih dekat dengan lokasi yang tidak diukur diberikan pemberat yang lebih tinggi, manakala pengaruh titik tersebut berkurang apabila jaraknya semakin jauh. Interpolasi IDW sesuai digunakan untuk menggambarkan taburan spatial bagi fenomena yang mempunyai perubahan secara berterusan dalam ruang. Ketepatan hasil interpolasi bergantung pada kualiti dan ketepatan data titik sampel yang digunakan. Oleh itu, pemilihan titik sampel yang mencukupi dan berkualiti penting bagi menghasilkan gambaran taburan spatial yang lebih tepat.

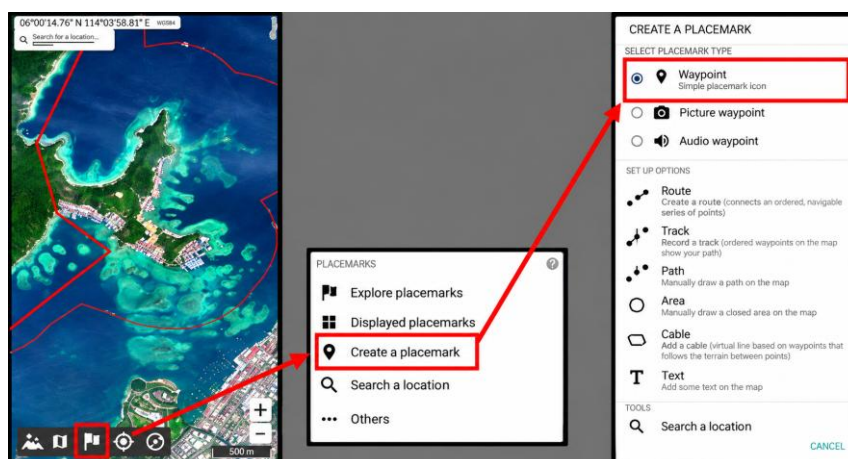
Kaedah pemerhatian digunakan semasa kajian lapangan dijalankan bagi memperolehi gambaran langsung tentang keadaan persekitaran kawasan kajian, khususnya berkaitan pembuangan sisa pepejal domestik. Pemerhatian lapangan bertujuan untuk mengenal pasti jenis sisa yang terdapat di kawasan kajian serta lokasi yang berpotensi menjadi sumber kebocoran sisa pepejal ke perairan. Dokumentasi bergambar turut dilakukan sebagai bukti sokongan terhadap hasil pemerhatian dan pengenalpastian lokasi kebocoran sisa. *Rajah 4* menunjukkan gambar hasil pemerhatian semasa kajian lapangan dijalankan. Bagi mengumpul sampel sisa domestik di kawasan kajian, aplikasi All-in-one offline maps telah digunakan untuk merekodkan koordinat serta mencatatkan jenis sisa pembuangan sampah domestik yang ditemui di kawasan kajian. Kelebihan aplikasi ini adalah boleh digunakan secara terus di lapangan tanpa memerlukan rangkaian data internet. Selain mencatat koordinat, aplikasi All-in-one offline maps ini juga berupaya merekod sampel sama dalam bentuk gambar mahupun rakaman, secara tidak langsung memudahkan lagi pengkaji untuk merujuk kembali gambar jenis sisa domestik yang ditemui dan dikoordinatkan. *Rajah 5* menunjukkan paparan menu aplikasi All-in-one offline maps, manakala *Rajah 6* pula menunjukkan paparan menu yang boleh dipilih oleh pengguna untuk merekodkan koordinat di sesebuah kawasan dan *Rajah 7* merupakan paparan koordinat yang telah direkodkan.



Rajah 4. Jenis pembuangan sisa domestik di sekitar perkampungan Pulau Gaya.



Rajah 5. Paparan menu aplikasi All-in-one offline maps.



Rajah 6. Paparan menu untuk merekodkan koordinat.



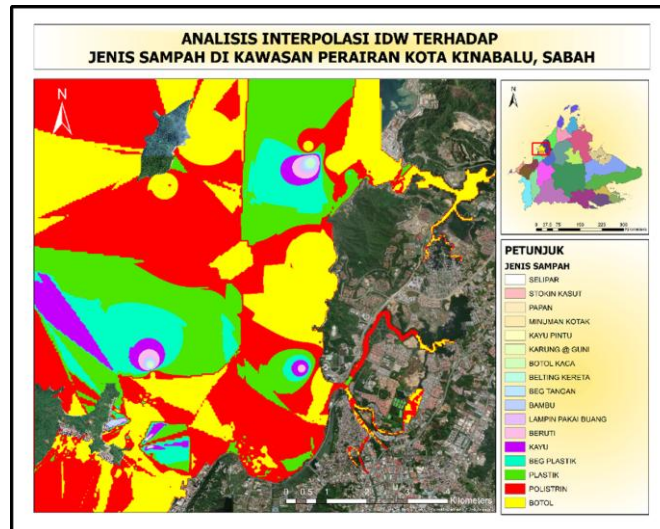
Rajah 7. Paparan menu koordinat yang telah direkodkan.

Dapatan dan Perbincangan Kajian

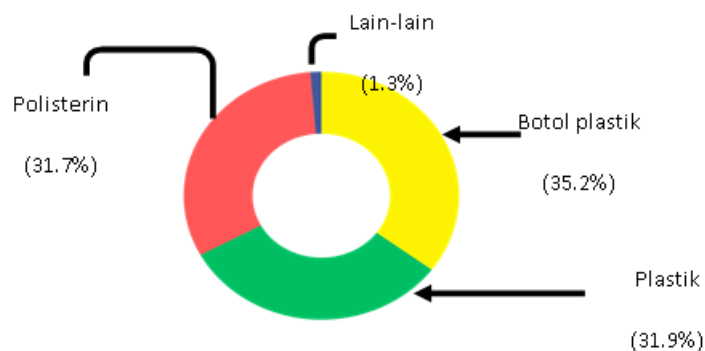
Pemetaan jenis taburan sisa pepejal

Hasil pemerhatian kajian lapangan, terdapat 2,359 sisa pepejal telah direkodkan menggunakan aplikasi All-in-one offline maps. Analisis terhadap 2,359 rekod kutipan atau pemerhatian sisa pepejal menunjukkan bahawa masalah pencemaran sisa di kawasan kajian mempunyai pola yang jelas dari segi jenis sisa, sumber, lokasi dan saiz sisa. Keputusan ini penting kerana taburan sisa bukan sahaja menggambarkan tahap pencemaran semasa, malah dapat memberikan petunjuk tentang aktiviti manusia yang menyumbang kepada penghasilan dan pengumpulan sisa di kawasan kajian. *Rajah 8* menunjukkan peta interpolasi bagi jenis sampah yang terdapat di kawasan perairan Kota Kinabalu termasuk Teluk Likas. Keputusan menunjukkan bahawa botol merupakan jenis sisa yang paling banyak direkodkan, iaitu sebanyak 830 rekod, bersamaan kira-kira 35.2% daripada keseluruhan 2,359 rekod. Dominasi botol menunjukkan bahawa bahan berasaskan plastik, khususnya produk penggunaan harian dan pembungkusan minuman, merupakan komponen penting dalam masalah sisa di kawasan kajian. Penemuan ini adalah selari dengan kajian berkaitan sisa marin di Malaysia. Lim et al. (2023), misalnya, mendapati bahawa bahan pembungkusan merupakan antara komponen utama sisa plastik yang dikumpulkan di pantai Malaysia, dengan botol plastik, bekas makanan dan polistirena antara bentuk sisa yang dominan. Kajian di Sabah oleh Santodomingo et al. (2021), pula mendapati bahawa plastik merupakan 91% daripada keseluruhan sisa marin yang direkodkan di terumbu karang Teluk Darvel, dengan kira-kira 70% daripadanya terdiri daripada barangan plastik sekali guna. Dominasi botol boleh dikaitkan dengan penggunaan produk minuman secara harian yang tinggi serta ciri botol plastik yang ringan, mudah dibawa, tahan lama dan sukar terurai secara semula jadi. United Nations Environment Programme (2021), menyatakan bahawa plastik merupakan antara komponen paling dominan dalam sisa marin dan mempunyai kesan jangka panjang terhadap ekosistem kerana sifatnya yang persisten.

Berdasarkan *Rajah 9* menunjukkan botol plastik mencatatkan 35.2 peratus merupakan jenis sampah yang tertinggi, di ikuti oleh plastik pakai buang iaitu sebanyak 31.9 peratus dan seterusnya polisterin sebanyak 31.7 peratus. Bagi jenis lain- lain direkodkan 1.3 peratus, di antara sisa pepejal yang telah direkodkan adalah bongkah kayu.



Rajah 8. Interpolasi Jenis Sisa Pepejal di Perairan Kota Kinabalu, Sabah.

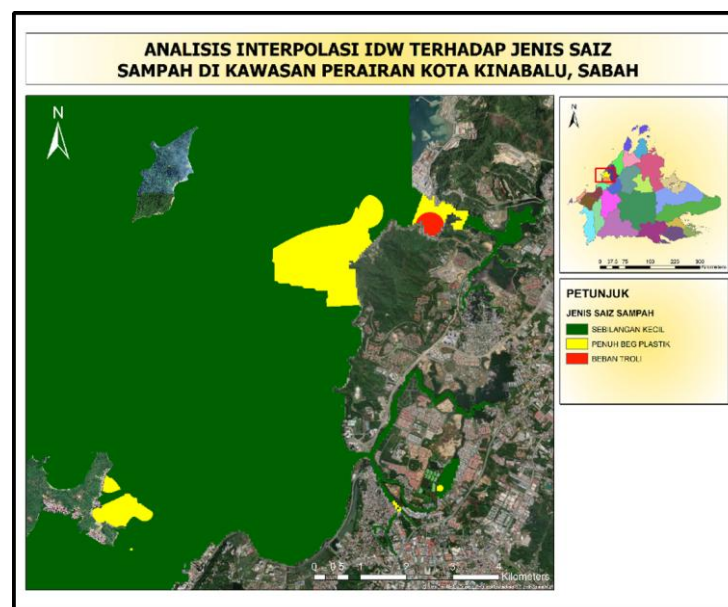


Rajah 9. Peratusan Jenis Sisa Pepejal di Perairan Kota Kinabalu, Sabah.

Pemetaan saiz sisa pepejal

Analisis interpolasi telah dijalankan bagi menggambarkan taburan spatial sisa pepejal berdasarkan kategori saiz atau berat sisa yang direkodkan di kawasan kajian. Tiga kategori saiz sisa pepejal telah digunakan dalam kajian ini. Sisa pepejal yang mempunyai berat kurang daripada atau bersamaan dengan 1 kilogram (≤ 1 kg) dikategorikan sebagai sebahagian kecil. Seterusnya, sisa pepejal dengan berat antara 2 hingga 15 kilogram (2–15 kg) dikategorikan sebagai satu beg plastik penuh, manakala sisa dengan berat antara 16 hingga 50 kilogram (16–50 kg) dikategorikan sebagai satu muatan troli. Berdasarkan *Rajah 10*, sisa pepejal bersaiz kecil merupakan kategori yang paling dominan dipetakan di perairan Kota Kinabalu, iaitu sebanyak 99.2%. Sisa bersaiz kecil didapati tersebar hampir di keseluruhan kawasan kajian. Dominasi sisa bersaiz kecil menunjukkan bahawa sisa yang memasuki perairan cenderung tersebar dan terkumpul dalam jumlah yang lebih banyak berbanding sisa bersaiz besar. Keadaan ini berkemungkinan dipengaruhi oleh sifat fizikal sisa seperti saiz yang kecil dan lebih

ringan, yang memudahkannya dibawa oleh aliran air, pasang surut dan pergerakan arus sebelum terkumpul di kawasan tertentu. Dapatan ini selari dengan kajian di Teluk Likas oleh Adnan et al. (2015) yang mendapati bahawa sisa plastik merupakan komponen utama sisa marin dan boleh diangkut dari kawasan lain melalui sungai, saluran air dan laut. Sisa bersaiz satu beg plastik penuh pula mencatatkan 0.8% dan lebih tertumpu di kawasan petempatan atas air, khususnya Kg. Pulau Gaya dan Kg. Lobong. Taburan ini berkemungkinan berkait dengan aktiviti dan kedudukan petempatan yang berdekatan dengan perairan, sekali gus meningkatkan potensi kemasukan sisa domestik secara langsung ke kawasan pesisir. Seterusnya, sisa pepejal bersaiz paling besar, iaitu satu muatan troli, hanya direkodkan di Kg. Numbak Sepanggar. Walaupun jumlahnya kecil, kewujudan sisa bersaiz besar di kawasan petempatan, jenis sisa yang direkodkan adalah bongkah kayu yang menjadi sisa dari bot nelayan yang dibaiki di kawasan petempatan tersebut. Secara keseluruhannya, dominasi sisa bersaiz kecil menunjukkan bahawa pencemaran sisa pepejal di perairan Kota Kinabalu bukan sahaja berkaitan dengan kewujudan sisa pada lokasi tertentu, tetapi turut melibatkan proses penyebaran sisa merentasi kawasan perairan. Sebaliknya, kewujudan sisa bersaiz besar di sekitar kawasan petempatan seperti Kg. Pulau Gaya, Kg. Lobong dan Kg. Numbak Sepanggar dapat dijadikan petunjuk awal kepada kawasan yang berpotensi menjadi sumber kebocoran sisa.

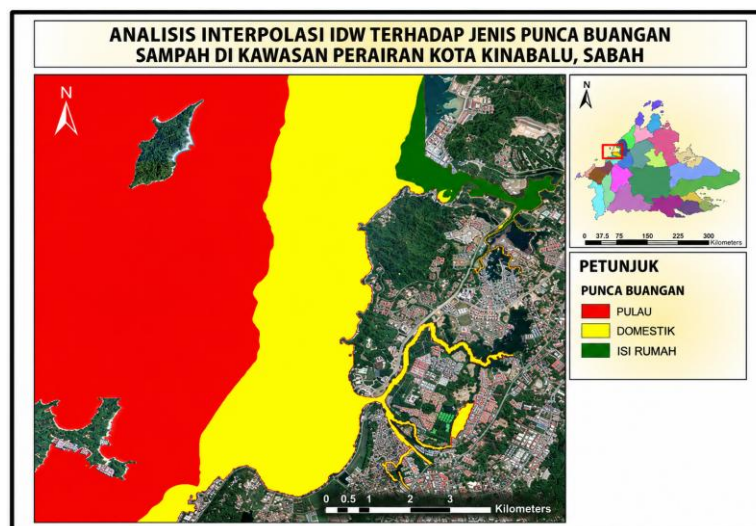


Rajah 10. Interpolasi Jenis Sisa Pepejal di Perairan Kota Kinabalu, Sabah.

Pemetaan punca pembuangan sisa pepejal

Berdasarkan *Rajah 11* menunjukkan punca sisa pepejal berada di kawasan perairan. Salah satu penemuan paling penting ialah kategori domestik menyumbang 69.7% daripada keseluruhan rekod. Daripada 2,359 rekod, nilai ini bersamaan kira-kira 1,645 rekod. Keputusan ini menunjukkan bahawa aktiviti berkaitan kehidupan seharian penduduk berkemungkinan menjadi sumber utama sisa yang direkodkan. Dapatan ini mempunyai implikasi penting kerana ia mengalihkan fokus pengurusan daripada hanya melihat pencemaran sebagai masalah persekitaran kepada isu pengurusan sisa di peringkat komuniti. Sisa yang berasal daripada aktiviti domestik boleh memasuki

kawasan pesisir melalui pembuangan terus, sistem saliran, aliran permukaan, sungai, angin dan pergerakan pasang surut. National Oceanic and Atmospheric Administration (2025), menjelaskan bahawa sebahagian besar sisa marin berpunca daripada aktiviti di daratan. Sisa daripada aktiviti harian boleh memasuki sistem perairan melalui littering, pengurusan sisa yang tidak sempurna, hujan, angin dan aliran air permukaan sebelum akhirnya sampai ke kawasan pantai atau laut. Penemuan kajian di Sabah turut memberikan sokongan kepada pola ini. Kajian di pantai Kebagu, Sabah mendapati bahawa lokasi yang berhampiran kawasan penempatan mempunyai lebih banyak sisa plastik dan aktiviti isi rumah dikenal pasti sebagai salah satu sumber utama plastik. Sisa yang ditemui termasuk pembungkusan makanan, botol plastik, beg plastik dan barangan pengguna harian. Oleh itu, nilai 69.7% bagi sumber domestik boleh ditafsirkan sebagai petunjuk bahawa pendekatan pengurusan perlu memberi keutamaan kepada pengurusan sisa berasaskan komuniti, khususnya di kawasan penempatan yang berdekatan dengan sungai dan pantai.

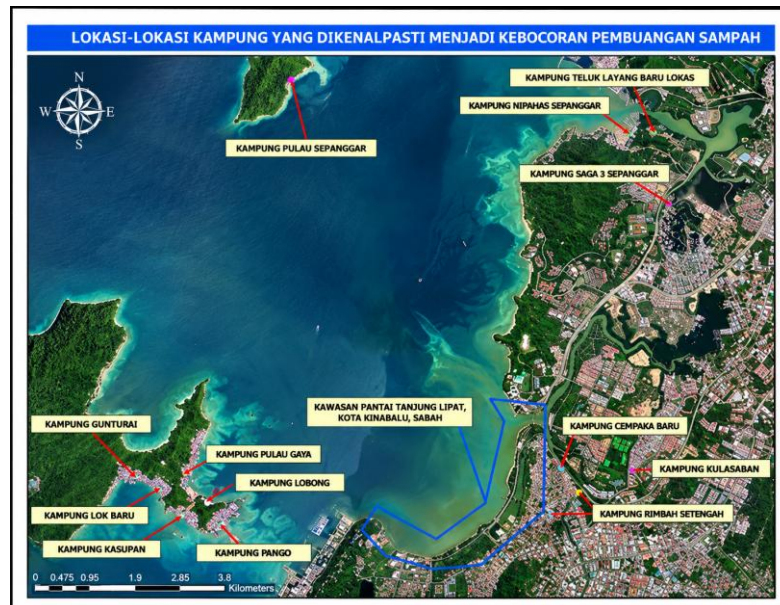


Rajah 11. Interpolasi Punca Pembuangan Sisa Pepejal di Perairan Kota Kinabalu, Sabah.

Analisis sumber kebocoran sisa pepejal ke Perairan Teluk Likas

Hasil kajian mendapati bahawa terdapat 13 lokasi yang dikenal pasti sebagai sumber kebocoran sisa pepejal ke kawasan perairan Teluk Likas (*Rajah 12*). Lokasi-lokasi tersebut melibatkan kawasan penempatan pesisir dan pulau, iaitu Kg. Pulau Sepanggar, Kg. Numbak, Kg. Teluk Layang Baru Likas, Kg. Saga 3 Sepanggar, Kg. Lokkurai, Kg. Lok Baru, Kg. Kasupan, Kg. Pulau Gaya, Kg. Lobong, Kg. Pondo, Pantai Tanjung Lipat, Kg. Cempaka Baru dan Kg. Kanlasan. Secara keseluruhannya, kewujudan lokasi kebocoran tersebut menunjukkan bahawa sumber sisa pepejal ke perairan Teluk Likas bukan hanya berpunca daripada aktiviti di kawasan pantai, tetapi turut berkait dengan aktiviti penempatan manusia di sepanjang kawasan pesisir dan pulau-pulau berdekatan. Kedudukan sebahagian besar lokasi yang berhampiran dengan garis pantai, muara, sungai kecil atau laluan air berpotensi memudahkan sisa pepejal yang dibuang secara tidak terkawal memasuki sistem perairan, khususnya semasa hujan lebat, air pasang dan keadaan aliran permukaan yang tinggi. Dari perspektif geografi, Kg. Pulau Sepanggar, Kg. Numbak, Kg. Pulau Gaya, Kg. Pondo dan Kg. Lobong menunjukkan kepentingan faktor penempatan pulau dalam menyumbang kepada kemasukan sisa

pepejal ke perairan. Kekangan dari aspek akses kepada sistem pengumpulan dan pelupusan sisa yang teratur, selain aktiviti harian penduduk yang berkait secara langsung dengan perairan, berpotensi meningkatkan risiko sisa pepejal memasuki laut. Sisa yang dibuang di kawasan daratan pula berkemungkinan diangkut oleh air larian permukaan atau arus sebelum terkumpul di kawasan pesisir.



Rajah 12. Lokasi-lokasi kebocoran sisa pepejal ke perairan Kota Kinabalu.

Sementara itu, lokasi seperti Pantai Tanjung Lipat, Kg. Teluk Layang Baru Likas dan Kg. Cempaka Baru mempunyai hubungan yang lebih langsung dengan kawasan pantai dan aktiviti bandar. Keadaan ini menjadikan kawasan tersebut berpotensi berfungsi sebagai zon input sisa pepejal secara langsung, terutamanya sekiranya berlaku pembuangan terbuka, pengurusan sisa yang tidak sistematik atau kegagalan kutipan sisa. Selain itu, aktiviti manusia yang tinggi di kawasan pesisir boleh meningkatkan jumlah sisa yang terhasil dan seterusnya meningkatkan kebarangkalian sisa memasuki perairan. Kg. Saga 3 Sepanggar, Kg. Lokkurai, Kg. Lok Baru, Kg. Kasupan dan Kg. Kanlasan pula menunjukkan bahawa sumber kebocoran tidak terhad kepada kawasan pantai yang mempunyai aktiviti rekreasi atau komersial. Kawasan penempatan juga boleh menjadi sumber sisa apabila terdapat hubungan hidrologi antara kawasan daratan dengan perairan. Dalam keadaan ini, sungai, parit, saluran dan aliran permukaan boleh bertindak sebagai laluan pengangkutan sisa pepejal dari kawasan penempatan menuju ke perairan Teluk Likas. Oleh itu, 13 lokasi kebocoran yang dikenal pasti boleh dianggap sebagai nod sumber dalam sistem aliran sisa pepejal ke perairan Teluk Likas. Corak spatial ini menunjukkan bahawa pengurusan sisa pepejal di Teluk Likas perlu dilaksanakan secara bersepadu dengan memberi tumpuan bukan sahaja kepada kawasan penerima sisa di pesisir, tetapi juga kepada kawasan sumber, laluan pengangkutan dan kawasan pengumpulan sisa. Pendekatan ini penting bagi mengurangkan kemasukan sisa pepejal dari daratan ke perairan serta membantu menentukan lokasi keutamaan untuk tindakan pencegahan, pemantauan dan pembersihan.

Kesimpulan

Secara keseluruhannya, Secara keseluruhannya, analisis 2,359 rekod menunjukkan bahawa pencemaran sisa di kawasan kajian mempunyai pola yang jelas. Botol merupakan jenis sisa paling dominan (830 rekod; 35.2%), manakala sumber domestik menyumbang 69.7% daripada keseluruhan rekod. Dari perspektif spatial, Kampung Setinggal mencatatkan jumlah tertinggi dengan 668 rekod (28.3%), manakala 2,340 rekod (99.2%) berada dalam kategori sisa bersaiz kecil. Pola tersebut menunjukkan bahawa masalah sisa berkemungkinan besar berkait dengan aktiviti domestik dan penggunaan barangan plastik harian, khususnya di kawasan penempatan yang berdekatan dengan persekitaran pesisir. Dapatan ini selari dengan kajian di Malaysia dan Sabah yang menunjukkan dominasi plastik pembungkusan dan barangan sekali guna serta peningkatan sisa di kawasan yang terdedah kepada aktiviti manusia. Implikasi utama kajian ialah strategi pengurusan tidak boleh hanya bergantung kepada aktiviti pembersihan. Sebaliknya, pendekatan perlu bergerak daripada clean-up oriented kepada source-oriented waste management, iaitu mengurangkan penghasilan dan kebocoran sisa dari sumber, memperkukuh sistem kutipan di kawasan hotspot, meningkatkan pengasingan dan kitar semula, serta melibatkan komuniti secara berterusan.

Penghargaan

Penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Universiti Malaysia Sabah, Institute for Development Studies Sabah (IDS), Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia dan Kementerian Pendidikan Tinggi Malaysia (KPT) (Nombor Geran: FRGC023-2024) atas bantuan pembiayaan yang diberikan bagi melaksanakan penyelidikan ini.

Konflik Kepentingan

Penulis mengesahkan bahawa tiada konflik kepentingan yang terlibat dengan mana-mana pihak dalam kajian penyelidikan ini.

RUJUKAN

- [1] Adnan, F.A.F., Kilip, R., Keniin, D., Payus, C. (2015): Classification and quantification of marine debris at Teluk Likas, Sabah. – *Borneo Science* 36(1): 44-50.
- [2] Ahmad, A., Said, M.Z., Gapor, S.A., Jamru, L.R., Jubit, N., Najib, S.A.M., Masron, T., Ariffin, N.A., Zakaria, Y.S. (2026): Spatial analysis of flood-prone areas in Padang Terap, Kedah: Integrating spatial autocorrelation and optimized hotspot analysis. – *Forum Geografi* 40(1): 19-43.
- [3] Ali, H., Dermawan, D., Ali, N., Ibrahim, M., Yaacob, S. (2012): Masyarakat dan amalan pengurusan sisa pepejal ke arah kelestarian komuniti: Kes isi rumah wanita di Bandar Baru Bangi, Malaysia. – *Geografia: Malaysian Journal of Society and Space* 8(5): 64-75.
- [4] Amilin, N.S.S., Jamru, L.R. (2025): Application of GIS and remote sensing in determining urban hotspots in Kota Kinabalu. – *Quantum Journal of Social Sciences and Humanities* 6(6): 322-337.
- [5] Anderson, S. (2002): An evaluation of spatial interpolation methods on air temperature in Phoenix, AZ. – Department of Geography, Arizona State University, Tempe, Arizona 10p.

- [6] Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) (2021): Regional Action Plan for Combating Marine Debris in the ASEAN Member States. – ASEAN Secretariat, Jakarta, Indonesia 42p.
- [7] Aziz, N. (2007): Pencemaran sampah sarap di Pantai Teluk Likas, Sabah. – Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu, Malaysia 80p.
- [8] Buaya, B., Adanan, N.A., Ramli, N., Gitam, P.M.A., Jamru, L.R. (2025): Urban landscape transformation of Sandakan (2000-2023): Land use analysis based on remote sensing geoinformatics. – *Quantum Journal of Social Sciences and Humanities* 6(4): 92-104.
- [9] Derraik, J.G.B. (2002): The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. – *Marine Pollution Bulletin* 44(9): 842-852.
- [10] Gill, J., Faisal, K., Shaker, A., Yan, W.Y. (2019): Detection of waste dumping locations in landfill using multi-temporal Landsat thermal images. – *Waste Management & Research* 37(4): 386-393.
- [11] Halim, M.F.H.A., Jamru, L.R., Jafar, A. (2026): Flood risk determinants in GIS-based studies: A systematic review using AHP and MCDA. – *Quantum Journal of Social Sciences and Humanities* 7(2): 405-419.
- [12] Harian Metro (2016): 7,986.47 tan sehari. – Harian Metro 2p.
- [13] Ismail, S.Z., Nordin, R. (2024): Menjejak plastik: Cabaran dan penyelesaian bagi Malaysia. – *Environment, STEM Education and Sustainable Development (ESTI)* 5p.
- [14] Jamru, L.R., Hashim, M., Phua, M.H., Jafar, A., Sakke, N., Eboy, O.V., Imang, U., Natar, M., Ahmad, A., Najib, S.A.M. (2024a): Exploring intensity metrics in raw LiDAR data processing for tropical forests. – *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1412(1): 13p.
- [15] Jamru, L.R., Jafar, A., Nadzri, M.I., Yusoh, M.P., Cleophas, F. (2024b): Assessing satellite rainfall accuracy in dense tropical Sabah East Coast forest, Malaysia: A cross-validation of downscaling technique. – *Planning Malaysia* 22(4): 528-543.
- [16] Jamru, L.R., Sharil, M.N., Jafar, A., Eboy, O.V., Atang, C., Talib, M.A. (2023a): The effectiveness of remote sensing techniques for land use classification in Kota Belud, Sabah. – *Asian Journal of Research in Education and Social Sciences* 5(2): 90-97.
- [17] Jamru, L.R., Sharil, M.N., Yusoh, M.P. (2023b): Assessing the evolution of paddy cultivation in Kota Belud, Sabah using GIS and remote sensing techniques. – *Planning Malaysia* 21(4): 204-216.
- [18] Jamru, L.R., Zakaria, Z., Phua, M.H., Ang, K.H., Jafar, A., Yusoh, M.P., Cleophas, F.N. (2022): Estimation of biophysical structures of lowland dipterocarp forest using discrete return LiDAR data. – In: *Social Sciences and Humanities Research Conference (SSHR 22)* 11p.
- [19] Karim, N.A., Musa, S.M., Mat Lazim, A.Z.W.A.N. (2023): Microplastics physicochemical properties in commercial bivalves from Malaysia. – *SSRN Electronic Journal* 30p.
- [20] Karimi, N., Ng, K.T.W., Richter, A. (2022): Development and application of an analytical framework for mapping probable illegal dumping sites using nighttime light imagery and various remote sensing indices. – *Waste Management* 143: 195-205.
- [21] Kruse, C., Boyda, E., Chen, S., Karra, K., Bou-Nahra, T., Hammer, D., Mathis, J., Maddalene, T., Jambeck, J., Laurier, F. (2022): Satellite monitoring of terrestrial plastic waste. – *arXiv:2204.01485* 21p.
- [22] Lebreton, L.C.M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.W., Slat, B., Andrady, A., Reisser, J. (2017): River plastic emissions to the world's oceans. – *Nature Communications* 8: 10p.
- [23] Li, J., Heap, A.D., Potter, A., Daniell, J.J. (2011): Application of machine learning methods to spatial interpolation of environmental variables. – *Environmental Modelling & Software* 26(12): 1647-1659.

- [24] Lim, E.V., et al. (2023): Abundance and distribution of macro- and mesoplastic debris on selected beaches in the Northern Strait of Malacca. – *Journal of Marine Science and Engineering* 11(5): 19p.
- [25] Linda Roziani, J., Zuliyadini, A.R., Wan Ruslan, I. (2013): Permodelan perubahan tanah bencah di Lembangan Sungai Setiu, Terengganu menggunakan regresi logistik dan aplikasi Sistem Maklumat Geografi (GIS). – *International Journal of Environment, Society and Space* 1(1): 75-97.
- [26] Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. (2005): *Geographic information systems and science*. – John Wiley & Sons 517p.
- [27] Meijer, L.J.J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., Lebreton, L. (2021): More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. – *Science Advances* 7(18): 13p.
- [28] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2025): Where does marine debris come from? – National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Response and Restoration, Marine Debris Program 3p.
- [29] Page, R., Lavender, S., Thomas, D., Berry, K., Stevens, S., Haq, M., Udugbezi, E., Fowler, G., Best, J., Brockie, I. (2020): Identification of tyre and plastic waste from combined Copernicus Sentinel-1 and -2 data. – *Remote Sensing* 12(17): 21p.
- [30] Prasasti, I., Dirgahayu, D., Pasaribu, J.M. (2005): Metode interpolasi spasial untuk peletakan data suhu permukaan (Studi kasus: Pulau Jawa). – *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital* 2(1): 34-42.
- [31] Sakti, A.D., Rinasti, A.N., Agustina, E., Diastomo, H., Muhammad, F., Anna, Z., Wikantika, K. (2021): Multi-scenario model of plastic waste accumulation potential in Indonesia using integrated remote sensing, statistic and socio-demographic data. – *ISPRS International Journal of Geo-Information* 10(7): 25p.
- [32] Santodomingo, N., Perry, C., Waheed, Z., Syed Hussein, M.A.B., Rosedy, A., Johnson, K.G. (2021): Marine litter pollution on coral reefs of Darvel Bay (East Sabah, Malaysia). – *Marine Pollution Bulletin* 173: 9p.
- [33] Sarkawi, I.Z., Ismail, K., Ibrahim, M.H., Isa, N.K.M., Marzuki, M. (2021): Domestic and industrial solid waste mapping using World Cleanup Apps and geographical information system in Hutan Melintang, Perak, Malaysia. – *Asian Journal of Environment, History and Heritage* 5(1): 53-67.
- [34] United Nations Environment Programme (UNEP) (2021): From pollution to solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution. – United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya 148p.
- [35] Utusan Borneo (2021): DBKK bersihkan timbunan sampah di Pantai Teluk Awam Likas. – *Utusan Borneo* 2p.
- [36] Utusan Online (2017): 13.5 juta tan sampah setiap tahun. – *Utusan Online* 2p.
- [37] Yan, W.Y., Mahendrarajah, P., Shaker, A., Faisal, K., Luong, R., Al-Ahmad, M. (2014): Analysis of multi-temporal Landsat satellite images for monitoring land surface temperature of municipal solid waste disposal sites. – *Environmental Monitoring and Assessment* 186(12): 8161-8173.