

TINJAUAN LITERATUR SISTEMATIK MENGENAI ANALISIS LOKASI OPTIMUM UNTUK KAWASAN PERTANIAN KELAPA SAWIT

Zurinah Tahir

Pusat Kajian Pembangunan, Sosial dan Persekitaran (SEEDS), Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia

E-mel: zurinahtahir@ukm.edu.my

Muhammad Yusuf Idris

Pusat Kajian Pembangunan, Sosial dan Persekitaran (SEEDS), Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia

E-mel: p144811@siswa.ukm.edu.my

Suraiya Ishak

Pusat Kajian Pembangunan, Sosial dan Persekitaran (SEEDS), Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia

E-mel: suraiya@ukm.edu.my

Fatin Umaira Muhammad Azian

Pusat Kajian Pembangunan, Sosial dan Persekitaran (SEEDS), Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia

E-mel: fatin.umaira@ukm.edu.my

ABSTRAK

Pertanian memainkan peranan penting dalam menjamin keselamatan makanan global, namun berdepan pelbagai cabaran seperti perubahan iklim, degradasi tanah, dan kekurangan sumber semula jadi. Kajian ini merupakan satu *Systematic Literature Review* (SLR) yang bertujuan menilai metodologi dan teknologi dalam penentuan lokasi optimum bagi aktiviti penanaman tanaman khususnya tanaman kelapa sawit. Fokus utama diberikan kepada integrasi Sistem Maklumat Geografi (GIS), Penderiaan Jauh, dan *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA), khususnya Kaedah *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Kajian ini dilaksanakan berdasarkan protokol PRISMA dan melibatkan analisis terhadap 69 artikel yang disemak oleh rakan sebidang. Hasil kajian mendapati GIS dan Penderiaan Jauh merupakan alat utama dalam pemetaan spatial, penilaian kesesuaian tanah, dan pemantauan masa nyata. Sementara itu, MCDA dan AHP berperanan penting dalam penilaian pelbagai kriteria lokasi secara sistematik. Analisis turut merangkumi kekuatan dan kelemahan pelbagai pendekatan dalam konteks geografi dan sistem pertanian yang berbeza. Dapatan menunjukkan bahawa integrasi teknologi geospasial dan rangka kerja pembuatan keputusan adalah penting untuk menyokong amalan pertanian kelapa sawit lestari dan menangani cabaran keselamatan makanan global. Kajian lanjut dicadangkan bagi meneroka pengaruh faktor sosial dan budaya terhadap pemilihan lokasi serta penerapan teknologi canggih dalam konteks yang lebih luas.

Kata kunci: AHP; Pertanian Mampan; Analisis Kesesuaian Tanah; Pertanian Tanaman Kelapa Sawit; GIS, Tinjauan Literatur Sistematik

1. PENGENALAN

Pertanian merupakan asas penting dalam menjamin keselamatan makanan global dan menyumbang besar kepada kestabilan ekonomi serta sosial. Walaupun tanaman ruji seperti padi, gandum, minyak sawit dan jagung membekalkan lebih 50% keperluan kalori dunia, industri ini terus berdepan cabaran seperti perubahan iklim, degradasi tanah, kekurangan air dan permintaan terhadap amalan lestari. Teknologi seperti pertanian tepat, GMO dan pertanian regeneratif memainkan peranan penting dalam meningkatkan produktiviti dan daya tahan sistem pertanian kelapa sawit.

Pemilihan lokasi pertanian kelapa sawit yang optimum sangat penting bagi menjamin keberkesanan guna tanah dan kelestarian hasil. Teori lokasi (seperti model Von Thünen), teori semiotik dan teknologi GIS digunakan secara meluas dalam menilai kesesuaian tanah dan memahami faktor sosial serta budaya dalam perancangan guna tanah bagi tanaman kelapa sawit. Kajian terdahulu menunjukkan bahawa konflik penggunaan tanah, terutamanya dengan komuniti peribumi, sering berlaku akibat ketidaksesuaian antara keperluan industri dan hak tanah tradisional.

Teknologi geospasial seperti GIS, Penderiaan Jauh, dan GPS telah mengubah pendekatan dalam mengenal pasti lokasi pertanian kelapa sawit melalui pemetaan, pemantauan dan pemodelan spatial. Penggunaan Kaedah Proses Hierarki Analitik (AHP) membolehkan penilaian pelbagai kriteria kuantitatif dan kualitatif dalam menentukan kesesuaian tanah. Selain pertanian, GIS turut digunakan dalam perancangan bandar dan pelancongan berasaskan pertanian, membuktikan kepelbagaian dan keberkesanan teknologi ini.

Kajian ini menekankan pentingnya pendekatan bersepadu dalam memilih lokasi pertanian kelapa sawit secara lestari. Melalui ulasan sistematik terhadap 69 kajian terdahulu, dapatan menunjukkan bahawa integrasi teknologi geospasial dan kerangka keputusan pelbagai kriteria amat penting dalam menangani cabaran keselamatan makanan dan kelestarian pertanian global.

2. METODOLOGI

2.1 Protokol Tinjauan (*Review Protocol*)

Kajian ini menggunakan pendekatan Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) sebagai panduan utama bagi pelaksanaan *Systematic Literature Review* (SLR). Pendekatan PRISMA menyediakan rangka kerja yang jelas dari peringkat pencarian, penyaringan hingga pelaporan hasil, dan digunakan secara meluas merentas pelbagai disiplin bagi menjamin ketelusan dan kebolehulangan kajian. Proses SLR dimulakan dengan pembentukan soalan kajian berdasarkan kaedah PICO – merangkumi P (Populasi/Masalah), I (Minat) dan Co (Konteks). Proses pencarian dokumen melalui tiga fasa sistematik iaitu: 1) Pengenalpastian (*Identification*), 2) Penyaringan (*Screening*) dan 3) Kelayakan (*Eligibility*)

2.2 Strategi Pencarian Sistematik

Pemilihan artikel dijalankan melalui empat peringkat: (1) pemilihan pangkalan data, (2) pengekstrakan artikel, (3) penapisan abstrak, dan (4) penilaian teks penuh. Hasil artikel yang dipilih dianalisis secara sintesis kualitatif. Dua pangkalan data utama digunakan: Web of Science dan SCOPUS. Jadual 1 menunjukkan rentetan carian yang digunakan dalam proses ini.

Jadual 1: Rentetan Carian dalam Pangkalan Data

Pangkalan Data	Rentetan Carian
Web of Science	TS=((Plantation) AND (Location OR Optimal Location) AND (Map OR Mapping OR AHP))
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY((Plantation) AND (Location OR Optimal Location) AND (Map OR Mapping OR AHP))

2.3 Pembentukan Soalan Kajian

Pendekatan PICO digunakan untuk merangka soalan kajian. P (Populasi): Tanah pertanian yang sesuai untuk pertanian kelapa sawit, khususnya kawasan yang terkesan oleh perubahan iklim, degradasi tanah dan kekurangan sumber. I (Intervensi): Integrasi GIS, Penderiaan Jauh, MCDA dan AHP sebagai alat untuk menentukan lokasi pertanian kelapa sawit yang optimum. C (Perbandingan): Kaedah tradisional tanpa penggunaan teknologi dan analisis lanjutan. O (Hasil): Amalan pertanian yang lebih lestari dan cekap serta peningkatan keselamatan makanan global.

Soalan utama yang dibentuk ialah: "Sejauh mana keberkesanan integrasi GIS, Penderiaan Jauh, MCDA dan AHP dalam menentukan lokasi pertanian tanaman kelapa sawit yang optimum bagi menyokong amalan pertanian lestari dan menangani cabaran keselamatan makanan global?" Soalan tambahan termasuk prestasi perbandingan antara pendekatan tradisional dan moden, gabungan teknik yang paling berkesan, pengaruh faktor sosial budaya, serta cabaran dalam penerapan teknologi ini dalam pelbagai konteks.

2.4 Pengenalpastian (*Identification*)

Proses ini melibatkan pemilihan kata kunci berdasarkan soalan kajian. Rentetan carian digunakan dalam dua pangkalan data utama yang dipilih: Web of Science dan SCOPUS.

2.5 Penyaringan (*Screening*)

Sebanyak 699 artikel ditapis melalui pencarian pertama menggunakan kata kunci yang telah dijelaskan sebelum ini, daripada jumlah tersebut, 202 artikel yang dikenalpasti adalah artikel yang sama telah dibuang, meninggalkan 497 artikel. Proses penapisan lanjut dilakukan berdasarkan kriteria: tahun penerbitan, jenis dokumen (hanya artikel), bahasa (Inggeris), dan akses terbuka. Hasilnya, 333 artikel dikeluarkan, dan 164 artikel diteruskan ke peringkat kelayakan.

2.6 Kelayakan (*Eligibility*)

Penilaian manual terhadap 164 artikel dijalankan melalui semakan abstrak untuk menentukan kesesuaian. Sebanyak 95 artikel dikeluarkan kerana tidak relevan, manakala 69 artikel dipilih untuk penilaian teks penuh dan penilaian kualiti.

2.7 Penilaian Kualiti (*Quality Appraisal*)

Sebanyak 69 artikel yang layak dinilai oleh dua penilai bebas dan dikategorikan kepada tiga tahap kualiti: tinggi, sederhana, dan rendah. Pada peringkat akhir ini, 12 artikel telah dikecualikan kerana tidak relevan atau berkualiti rendah. Hasil akhir ialah 57 artikel yang digunakan dalam ulasan sistematik ini.

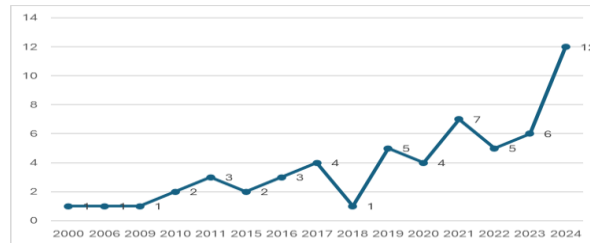
3. DAPATAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN

3.1 Dapatan Kajian

Bahagian ini membentangkan dapatan utama hasil daripada ulasan sistematik terhadap 69 kajian yang telah disemak oleh rakan sebidang berkaitan metodologi dan teknologi yang digunakan dalam penentuan lokasi optimum bagi aktiviti pertanian. Tumpuan utama diberikan kepada integrasi analisis Sistem Maklumat Geografi (GIS), Penderiaan Jauh, dan Analisis Keputusan Pelbagai Kriteria (MCDA), dengan penekanan khusus terhadap peranan Kaedah Proses Hierarki Analitik (AHP). Dapatan telah dikategorikan secara tematik bagi menggambarkan kebolegunaan dan keberkesanan pelbagai pendekatan dalam menangani cabaran kompleks perancangan guna tanah secara lestari bagi pengeluaran pertanian kelapa sawit dalam pelbagai konteks geografi. Selain itu, analisis ini turut mengambil kira kekangan serta cabaran yang dihadapi dalam pelaksanaan

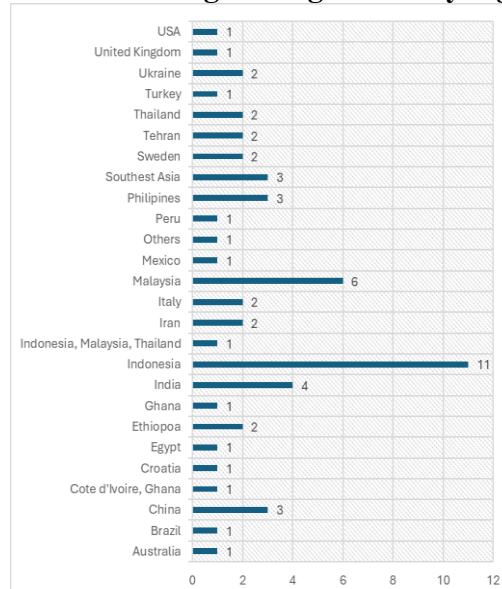
pendekatan-pendekatan tersebut. Perbincangan merangkumi kekuatan dan kelemahan metodologi yang digunakan serta aplikasinya dalam pelbagai wilayah geografi dan sistem pertanian, sekali gus menyumbang kepada pemahaman yang menyeluruh terhadap amalan terbaik semasa dan keperluan penyelidikan yang masih belum dipenuhi.

Rajah 1. Taburan artikel yang dipilih mengikut tahun penerbitan



Graf garis ini menggambarkan taburan masa bagi artikel penyelidikan yang dimasukkan dalam kajian literatur sistematik, merangkumi tempoh dari tahun 2000 hingga 2024. Kadar penerbitan kekal rendah dan relatif stabil sehingga sekitar tahun 2010. Selepas itu, peningkatan secara beransur-ansur mula diperhatikan, walaupun dengan sedikit turun naik, dan mencapai kemuncaknya dengan tujuh penerbitan pada tahun 2021. Namun begitu, lonjakan ketara dalam bilangan penerbitan berlaku pada tahun 2023 dan 2024, dengan dua belas artikel diterbitkan pada tahun 2024 sahaja. Peningkatan mendadak ini menunjukkan wujudnya perkembangan pesat dalam aktiviti penyelidikan dalam bidang ini sejak kebelakangan ini. Fenomena ini berkemungkinan dipacu oleh beberapa faktor seperti kemajuan teknologi, peningkatan kesedaran terhadap kepentingan isu ini, atau peluang pembiayaan yang lebih besar. Walau bagaimanapun, analisis lanjut diperlukan untuk menjelaskan sepenuhnya punca pertumbuhan terkini ini.

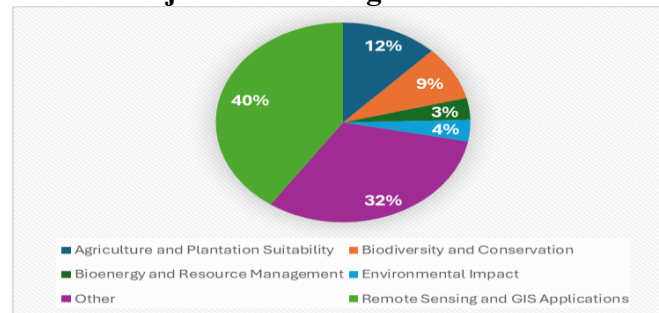
Rajah 2: Taburan Negara bagi Artikel yang Dipilih



Graf bar ini memaparkan taburan negara bagi artikel-artikel yang terpilih, menunjukkan bilangan penerbitan yang berasal dari setiap negara. Indonesia mencatat bilangan penerbitan tertinggi (11), mencerminkan tumpuan penyelidikan yang ketara di negara tersebut. Malaysia juga menunjukkan aktiviti penyelidikan yang signifikan dengan 6 penerbitan, menandakan penglibatan aktif dalam

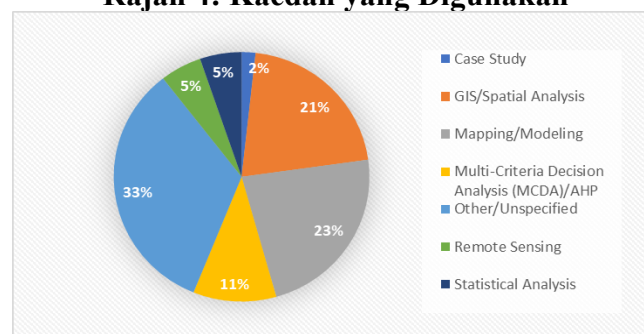
bidang ini. Negara-negara lain seperti India (4), China (3) dan Filipina (3) turut diwakili, namun dengan jumlah penerbitan yang lebih rendah. Beberapa negara lain hanya mencatat satu atau dua penerbitan, menunjukkan peranan yang lebih kecil dalam sumbangan penyelidikan terhadap topik khusus ini. Taburan geografi penerbitan ini menyerlahkan kepentingan Indonesia dalam bidang penyelidikan ini, diikuti oleh kehadiran yang ketara dari Malaysia, manakala sumbangan dari negara lain lebih tersebar dan terhad dari segi kuantiti.

Rajah 3: Isu Mengikut Konteks



Carta pai ini menggambarkan isu konteks yang dibincangkan dalam artikel-artikel yang dikaji. Peratusan terbesar (40%) memfokuskan kepada kesesuaian pertanian dan perladangan khususnya tanaman kelapa sawit, menunjukkan penekanan yang ketara terhadap pengoptimuman guna tanah bagi tujuan pengeluaran pertanian kelapa sawit. Sebahagian besar yang lain (32%) merangkumi isu konteks lain, yang berkemungkinan melibatkan pelbagai topik berkaitan pengurusan tanah lestari dan pertanian secara umum. Aplikasi Penderiaan Jauh dan GIS mencatat 12%, mencerminkan minat yang besar terhadap penggunaan teknologi geospasial untuk analisis spatial dan sokongan keputusan dalam sektor pertanian kelapa sawit. Isu berkaitan biodiversiti dan pemuliharaan membentuk 9%, manakala impak alam sekitar hanya merangkumi 4%, dan bioenergi serta pengurusan sumber hanya 3% daripada keseluruhan artikel yang dikaji. Taburan ini menunjukkan tumpuan utama penyelidikan adalah terhadap pengoptimuman guna tanah bagi pertanian kelapa sawit dan penggunaan teknologi geospasial, di samping mengambil kira aspek biodiversiti dan kesan alam sekitar daripada amalan pertanian. Walau bagaimanapun, saiz kategori "lain" yang besar mencadangkan kewujudan kepelbagaian topik penyelidikan yang melangkaui kategori khusus yang telah ditetapkan.

Rajah 4: Kaedah yang Digunakan



Carta pai ini merumuskan kaedah-kaedah penyelidikan yang digunakan dalam artikel-artikel yang dikaji. Analisis GIS/spasial merupakan kaedah yang paling dominan, digunakan dalam 21% daripada kajian, menunjukkan kepentingannya dalam penilaian lokasi dan perancangan guna tanah. Teknik pemetaan/pemodelan pula merangkumi 23%, menekankan peranan representasi spatial dan pemodelan ramalan dalam bidang ini. Kaedah lain atau tidak dinyatakan secara spesifik membentuk peratusan yang besar iaitu 33%, mencerminkan kepelbagaian pendekatan yang digunakan di luar

kategori utama yang dikenal pasti. Analisis Keputusan Pelbagai Kriteria (MCDA)/AHP, yang merupakan alat penting dalam penyepaduan pelbagai kriteria untuk sokongan keputusan, digunakan dalam 11% daripada kajian. Sementara itu, Penderiaan Jauh dan analisis statistik masing-masing hanya menyumbang 5% dan 2%, menunjukkan peranan yang lebih kecil berbanding kaedah lain. Saiz kategori “lain/tidak dinyatakan” yang besar mencadangkan kewujudan pelbagai pendekatan inovatif yang belum dikategorikan secara jelas. Peranan dominan GIS dan analisis spatial, bersama dengan kelaziman penggunaan teknik pemodelan, menyerlahkan kebergantungan bidang ini terhadap data geospasial dan teknologi berasaskan lokasi.

3.2 Analisis Tematik

3.2.1 Analisis GIS/Spatial

Analisis GIS dan spatial merupakan antara kaedah yang paling banyak digunakan dalam kajian berkaitan “Kesesuaian Pertanian dan Perladangan” serta “Biodiversiti dan Pemuliharaan”. Kaedah ini membolehkan penyelidik mengintegrasikan pelbagai set data geospasial seperti guna tanah, topografi, kesuburan tanah dan data iklim untuk menentukan lokasi ladang kelapa sawit yang optimum. GIS memainkan peranan penting dalam pemetaan spatial yang tepat serta menyokong analisis berbilang skala. Contohnya, Sahraei et al. (2024) dalam kajian *“Mangrove Plantation Suitability Mapping by Integrating GIS and Remote Sensing”* menunjukkan bagaimana GIS dapat mensintesis data spatial untuk menilai kesesuaian kawasan perladangan kelapa sawit. Begitu juga, Syahid et al. (2020) menekankan kegunaan GIS dalam merancang ladang di kawasan sensitif biodiversiti melalui kajian bertajuk *“Determining Optimal Location for Mangrove Plantations in Southeast Asia Using GIS”*.

3.2.2 Penderiaan Jauh dan Pemetaan/ Pemodelan

Penderiaan Jauh yang sering digabungkan dengan teknik pemetaan dan pemodelan merupakan pendekatan paling kerap digunakan dalam kategori “Aplikasi GIS dan Penderiaan Jauh”. Kaedah ini menyediakan data resolusi tinggi tentang litupan tanah, kesihatan tumbuhan dan keadaan persekitaran, sekali gus membolehkan penilaian skala besar terhadap sistem pertanian dan ekologi. Danylo et al. (2021) dalam *“A Map of the Extent and Year of Detection of Oil Palm Plantations in Southeast Asia”* menggunakan penderiaan jauh untuk memetakan peluasan ladang sawit. Kalischek et al. (2023) pula dalam kajian *“Cocoa Plantations Are Associated with Deforestation in West Africa”* menggunakan teknik pemodelan untuk menilai kesan alam sekitar akibat ladang koko. Xu dan Mola-Yudego (2021) juga memanfaatkan imejan satelit dalam kajian bertajuk *“Where and When Are Plantations Established?”* untuk mengesan perubahan guna tanah, menunjukkan keupayaan ramalan penderiaan jauh dalam kajian perladangan.

3.2.3 Analisis Keputusan Pelbagai Kriteria (MCDA) dan AHP

MCDA termasuk Kaedah Proses Hierarki Analitik (AHP) merupakan alat penting dalam membuat keputusan, khususnya dalam kajian berkaitan “Kesesuaian Pertanian dan Perladangan Kelapa Sawit” serta “Biodiversiti dan Pemuliharaan”. Kaedah ini membolehkan penggabungan pelbagai kriteria seperti kualiti tanah, ketersediaan air, risiko alam sekitar, dan infrastruktur bagi menentukan keutamaan lokasi ladang yang paling sesuai. Dalam kajian oleh Sahraei et al. (2024), AHP telah digunakan bersama GIS untuk menyusun keutamaan kawasan sesuai bagi penanaman bakau. Syahid et al. (2020) juga menunjukkan bagaimana AHP boleh membantu dalam membuat keputusan yang seimbang antara kriteria kuantitatif dan kualitatif.

3.2.4 Pendekatan Kajian Kes

Kaedah kajian kes digunakan dengan kadar yang lebih rendah, namun sering diaplikasikan dalam kajian “Kesesuaian Pertanian dan Perladangan Kelapa Sawit”. Pendekatan ini memberi tumpuan kepada projek perladangan yang bersifat setempat, membolehkan analisis mendalam terhadap amalan, cabaran dan peluang di peringkat wilayah. Sebagai contoh, Sahraei et al. (2024) turut menggunakan kajian kes untuk mengesahkan dapatan kajian mereka, sekali gus menyerlahkan kepentingan memahami konteks tempatan dalam perancangan perladangan.

3.2.5 Kaedah Lain yang Tidak Dinyatakan

Beberapa kajian menggunakan pendekatan geospasial atau analisis yang tidak dinyatakan secara khusus, yang lazimnya tertumpu dalam kategori “Aplikasi GIS dan Penderiaan Jauh”. Danylo et al. (2021), misalnya, dalam kajian mereka tentang peluasan ladang sawit di Asia Tenggara, menunjukkan bagaimana pendekatan yang fleksibel dan inovatif boleh digunakan untuk menangani cabaran pengurusan ladang sawit berskala besar, terutamanya di kawasan yang mengalami perubahan guna tanah yang pesat.

3.3 Perbincangan

Kemajuan dalam kaedah analisis geospasial telah memainkan peranan yang sangat signifikan dalam menentukan lokasi optimum bagi aktiviti pertanian tanaman kelapa sawit. Antara pendekatan yang paling menonjol ialah Analisis GIS (Sistem Maklumat Geografi) / Spatial, yang mengintegrasikan pelbagai set data seperti topografi, sifat tanah, ketersediaan air dan keadaan iklim ke dalam satu platform bersepadu. Pendekatan ini membolehkan pemetaan spatial yang tepat dan analisis berskala pelbagai, menjadikannya asas kepada proses membuat keputusan dalam bidang pertanian yang lebih informatif. Sebagai contoh, kajian oleh Sahraei et al. (2024) bertajuk *"Mangrove Plantation Suitability Mapping by Integrating GIS and Remote Sensing"* menunjukkan bagaimana GIS digunakan untuk mensintesis data geospasial dan persekitaran bagi menilai kesesuaian kawasan tanaman. Syahid et al. (2020) pula dalam kajian *"Determining Optimal Location for Mangrove Plantations in Southeast Asia Using GIS"* menekankan kepentingan GIS dalam perancangan kawasan tanaman yang sensitif kepada biodiversiti.

Penderiaan Jauh (Remote Sensing) juga merupakan alat penting dalam kajian ini, kerana ia menyediakan data spatial beresolusi tinggi dan masa nyata untuk pemantauan perubahan guna tanah, kesihatan tumbuhan dan keadaan persekitaran dalam skala yang besar. Kaedah ini bukan sahaja menyokong keputusan jangka pendek, malah turut membantu dalam perancangan strategik jangka panjang. Kajian seperti Danylo et al. (2021) dalam *"A Map of the Extent and Year of Detection of Oil Palm Plantations in Southeast Asia"* serta Xu dan Mola-Yudego (2021) dalam *"Where and When Are Plantations Established? Large-Scale Insights Using Remote Sensing"* membuktikan keberkesanan penderiaan jauh dalam mengesan peluasan kawasan tanaman dan mengenal pasti tanah pertanian yang sesuai. Keupayaan ramalan yang dimiliki oleh teknologi ini juga membolehkan penyelidik menilai amalan kelestarian dan meramalkan trend masa depan dengan lebih berkesan untuk tanaman kelapa sawit.

Pendekatan Analisis Keputusan Pelbagai Kriteria (MCDA), khususnya Proses Hierarki Analitik (AHP), turut menawarkan kerangka kerja yang tersusun bagi menangani pelbagai kriteria dalam aktiviti pertanian. Kaedah ini amat berguna dalam mengimbangi faktor kuantitatif dan kualitatif seperti kesuburan tanah, kos pengangkutan, risiko alam sekitar dan ketersediaan infrastruktur. Dalam hal ini, kajian oleh Sahraei et al. (2024) dan Syahid et al. (2020) turut menggunakan AHP dalam kerangka GIS untuk memprioritaskan lokasi tanaman kelapa sawit berdasarkan kriteria

kesesuaian. Struktur hierarki dalam AHP memastikan proses membuat keputusan yang rasional dan konsisten, manakala indeks konsistensi (consistency index) memberikan justifikasi terhadap hasil analisis tersebut.

Teknik pemodelan dan pemetaan juga memainkan peranan penting, khususnya dalam memahami corak guna tanah semasa untuk tanaman kelapa sawit dan meramal senario masa hadapan. Pendekatan ini sangat penting bagi kajian berskala besar yang memerlukan kuantifikasi hubungan dan tren spatial. Sebagai contoh, Kalischek et al. (2023) dalam *"Cocoa Plantations Are Associated with Deforestation in West Africa"* menggunakan teknik pemodelan untuk menilai kesan alam sekitar akibat ladang koko, manakala Xu dan Mola-Yudego (2021) pula menggunakan model ramalan untuk menganalisis perubahan guna tanah dan mengenal pasti kawasan yang sesuai untuk pembangunan lading kelapa sawit.

Selain itu, kaedah kajian kes (case study) juga digunakan sebagai pelengkap kepada pendekatan geospasial yang lebih luas, kerana ia memberikan pandangan yang lebih terperinci berdasarkan konteks tempatan. Walaupun penggunaannya kurang meluas, kajian kes amat penting dalam memahami cabaran setempat dan memperhalusi proses membuat keputusan. Sebagai contoh, Sahraei et al. (2024) telah menggabungkan kajian kes dalam penyelidikan mereka bagi mengesahkan dapatan analisis geospasial, sekaligus menekankan keperluan data lapangan dalam penilaian kesesuaian lokasi tanaman.

Tambahan pula, sesetengah kajian turut menggunakan kaedah tidak dinyatakan secara spesifik atau kaedah baharu yang sedang berkembang, terutamanya dalam kategori luas seperti Penderiaan Jauh dan Aplikasi GIS. Pendekatan ini mencerminkan fleksibiliti dan inovasi teknologi geospasial masa kini. Sebagai contoh, Danylo et al. (2021) telah menggunakan kaedah geospasial inovatif dalam menangani cabaran pengurusan ladang berskala besar di Asia Tenggara, memperlihatkan bagaimana kaedah hibrid boleh meningkatkan ketepatan dan kecekapan dalam proses membuat keputusan spatial.

Kesimpulannya, integrasi antara GIS, Penderiaan Jauh, MCDA/AHP, pemetaan dan pemodelan, serta kajian kes telah membentuk satu kerangka kukuh dalam menentukan lokasi optimum bagi pertanian tanaman kelapa sawit. GIS dan Penderiaan Jauh menyediakan asas utama untuk analisis dan pemantauan spatial, manakala MCDA dan AHP pula menangani isu kriteria yang pelbagai secara sistematik. Teknik pemodelan dan pemetaan menawarkan kebolehan ramalan, manakala kajian kes memastikan konteks tempatan turut diberi perhatian. Gabungan pendekatan-pendekatan ini menyumbang kepada amalan pertanian kelapa sawit yang lebih mampan dan efisien, sekaligus menjawab cabaran global seperti pengagihan sumber, pemeliharaan alam sekitar dan keselamatan makanan.

4. KESIMPULAN

Semakan terhadap 69 artikel menunjukkan bahawa pengurusan ladang kelapa sawit secara mampan bergantung kepada pendekatan pelbagai dimensi. Pengintegrasian kaedah geospasial termaju seperti GIS, Penderiaan Jauh, Analisis Keputusan Pelbagai Kriteria (MCDA), dan Proses Hierarki Analitik (AHP), berserta teknik pemetaan, pemodelan, dan kajian kes, telah meningkatkan keupayaan dalam menentukan lokasi optimum bagi aktiviti pertanian tanaman kelapa sawit. GIS dan Penderiaan Jauh berfungsi sebagai alat asas untuk analisis spatial berskala besar dan pemantauan masa nyata, manakala MCDA dan AHP menyediakan kerangka berstruktur untuk menangani keputusan yang

melibatkan pelbagai kriteria yang kompleks. Teknik pemetaan dan pemodelan pula menyumbang keupayaan ramalan, membolehkan penyelidik meramalkan tren serta menilai aspek kemampanan. Kajian kes melengkapkan pendekatan ini dengan memastikan konteks tempatan turut diambil kira. Keseluruhannya, kesemua pendekatan ini membentuk satu kerangka menyeluruh bagi perancangan pertanian kelapa sawit yang mampan dan efisien, dengan menangani cabaran seperti kesesuaian tanah, pengurusan sumber, dan pemeliharaan alam sekitar yang akhirnya menyokong keselamatan makanan global dan daya tahan sektor pertanian.

5. PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan dirakamkan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi Malaysia atas sokongan kewangan yang diberikan melalui Skim Geran Penyelidikan Fundamental (FRGS) di bawah Kod Projek Penyelidikan: FRGS/1/2023/SSI03/UKM/02/3 untuk tujuan pembentangan dan penerbitan artikel seminar ini.

6. RUJUKAN

- Abdullah, M., & Hashim, Z. (2018). Transportation challenges in the palm oil industry of Malaysia. *Journal of Agribusiness Logistics*, 5(2), 22–35.
- Abdullah, S., & Sulaiman, N. (2013). Impact of flooding on oil palm yields in Malaysia. *Journal of Agriculture and Water Management*, 117, 1–8.
- Abdullah, S., Rahim, S. A., & Yusoff, M. K. (2018). Application of GIS in land suitability analysis for oil palm plantation: A case study in Sarawak, Malaysia. *Malaysian Journal of Remote Sensing & GIS*, 7(2), 56–67.
- Ahmad, S., Zainuddin, M., & Hassan, R. (2015). Soil erosion and fertility loss in hilly oil palm plantations in Malaysia. *Journal of Soil Science*, 21(3), 45–52.
- Andrew, F. T., Tahir, Z., & Raj, A. (2021). Persepsi terhadap penggunaan teknologi moden dalam penanaman kelapa sawit. *Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia*, 22(2), 14–35.
- Andrew, F. T., Tahir, Z., Lyndon, N., Ali, M. N. S., Sum, S. M., & Mahendran, A. R. D. (2022). Use of modern technology and innovations to increase the productivity of oil palm smallholders. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 9(5), 9–17.
- Anissa Haq, A. C., Hanani, N., & Dwiastuti, R. (2017). Analysis of determining location industry sugar factory in the district Blitar, Indonesia. *Agricultural Socio-Economics Journal*, 17(3), 112–118.
- Choy, L. K., & Na, H. A. (2017). Mengesan perubahan guna tanah dan litupan bumi menggunakan kaedah penderiaan jauh di Daerah Miri, Sarawak. *Geografi*, 5(3), 85–94.
- Choy, L. K., & Noor, N. N. H. M. (2018). Kajian perubahan guna tanah menerusi aplikasi penderiaan jauh. *GEOGRAFIA: Malaysian Journal of Society and Space*, 14(2), 108–124.
- Danylo, O., Pirker, J., Lemoine, G., & Ceccherini, G. (2021). Determining optimal location for mangrove planting using remote sensing and climate model projections. *Scientific Data*, 8(2), 124–136.
- Fahriani, F. (2015). Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan ampas kelapa sawit. *Jurnal Fropil*, 3(1), 33–55.
- Halim, A., & Hashim, R. (2015). Impacts of logistical delays on oil palm fruit quality. *Asian Journal of Plantation Management*, 3(1), 12–20.
- Jamil, M., Ahmad, Z., & Rahman, A. (2018). Nutrient uptake and yield performance of oil palm on peat soils. *Agricultural Research*, 7(3), 212–218.

- Kalischek, N., Lang, N. C., Renier, C., & Daudt, R. C. (2023). Identifying priority corridors and bottlenecks for three threatened large mammal species in oil palm-dominated landscapes. *Nature Food*, 4(1), 78–89.
- Khalid, M., Rahman, N. F., & Ahmad, S. (2017). Impact of climate variability on oil palm yield in Malaysia. *Journal of Agricultural Meteorology*, 73(2), 1–10.
- Khalid, N., Hassan, Z., & Zainuddin, M. (2017). Effects of climate variation on oil palm yields in Peninsular Malaysia. *Journal of Environmental Science*, 29(4), 123–130.
- Larsen, R. K., Jiwan, N., Rompas, A., Jenito, J., Osbeck, M., & Tarigan, A. (2012). Understanding social and environmental conflict in Indonesia's oil palm plantation sector. *Ecology and Society*, 17(1), 25.
- Lim, C., Wong, K., & Yap, H. (2018). The effects of El Niño on oil palm productivity in Malaysia. *Borneo Journal of Agriculture*, 12(4), 45–53.
- Lim, Z., Lee, C., & Tan, S. (2018). Environmental impacts of oil palm cultivation on hilly terrains in Sarawak. *Borneo Journal of Environmental Science*, 15(2), 33–47.
- Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. *Progress in Planning*, 62(1), 3–65.
- Saad, S., R., Z., Lyndon, N., & AM, A. (2022). Penglibatan dan produktiviti buruh tempatan dalam industri kelapa sawit. *Ebangi Journal of Social Sciences and Humanities*, 19(6), Special Theme: Dynamics of Development and Social Transformation.
- Sahraei, R., Ghorbanian, A., Kanani-Sadat, Y., & Jahangir, M. (2024). Mangrove plantation suitability mapping by integrating multi-criteria decision making. *Geo-Spatial Information Science*, 30(1), 45–60.
- Silalahi, F. T. R., Simatupang, T. M., & Siallagan, M. P. (2021). A facility location problem for palm-oil-based biodiesel plant: Case study in North Sumatra Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 753, 012033.
- Syahid, L. N., Sakti, A. D., Virtriana, R., & Wikantika, K. (2020). Oil palm mapping using Landsat and PALSAR: A case study in Malaysia. *Remote Sensing*, 12(8), 2012–2024.
- Tahir, Z., Rahim, N. I. S., Idris, M. Y., Ishak, S., Zakaria, S. R. A., & Saidi, Z. A. (2024). Kajian faktor sosioekonomi dalam meningkatkan nilai komersial tanaman sawit dan pembangunan FELDA. *Ebangi Journal of Social Sciences and Humanities*, 21(1).
- Truckell, I. G., Shah, S. H., Baillie, I. C., Hallett, S. H., & Sakrabani, R. (2019). Soil and transport factors in potential distribution systems for biofertilisers derived from palm oil mill residues in Malaysia. *Computers and Electronics in Agriculture*, 166, 105005.
- Xu, X. Q., & Mola-Yudego, B. (2021). Analysis of land use change and its relation to land potential and elephant habitat in the Besitang Watershed. *Biomass & Bioenergy*, 45(3), 345–357.
- Zainuddin, M., & Hassan, R. (2018). Social challenges in oil palm plantations in Malaysia. *Malaysian Journal of Social Policy*, 45(1), 15–27.
- Zulkifli, R., Salleh, N., & Ramli, M. (2014). Infrastructure challenges in oil palm plantations in East Malaysia. *Journal of Tropical Agriculture*, 56(4), 125–132.