

Integrasi GIS dan AHP dalam penilaian kesesuaian tapak perkuburan Islam

Fairuz Mohamad, Khairul Nizam Abd Maulud, Aizat Mohd Taib

Jabatan Kejuruteraan Awam, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina,
Universiti Kebangsaan Malaysia

Correspondence: Khairul Nizam Abdul Maulud (email: knam@ukm.edu.my)

Received: 31 July 2025; Accepted: 9 October 2025; Published: 25 February 2026

Abstrak

Kekurangan tanah perkuburan merupakan isu utama di kawasan berpenduduk padat dan menuntut penyelesaian perancangan yang sistematik. Pemilihan tapak perkuburan baharu adalah proses yang kompleks kerana perlu mematuhi garis panduan perancangan yang telah ditetapkan. Walaupun beberapa kajian antarabangsa telah dijalankan, kebanyakan daripadanya tidak merujuk kepada garis panduan rasmi, manakala kajian di Asia masih terhad dalam aspek penentuan lokasi perkuburan baharu. Kajian ini dijalankan bagi mengenal pasti kawasan perkuburan baharu di Hulu Langat berpandukan Garis Panduan Perancangan Tempat Perkuburan Islam 2023. Sepuluh kriteria digunakan iaitu jarak dari kediaman, jarak dari punca air, jarak dari saluran, jenis tanah, kecerunan, ketinggian, serta bebas dari kawasan berisiko banjir, tanah runtuh, hakisan dan kawasan lombong. Kaedah proses hierarki analisis digunakan untuk mendapatkan pemberat bagi setiap kriteria, manakala pemprosesan dan hasil peta kesesuaian dilaksanakan dalam persekitaran GIS. Hasil analisis menunjukkan keluasan kawasan yang dikategorikan sebagai paling sesuai ialah 39.81 km², sesuai (28.05 km²), kurang sesuai (290.33 km²) dan tidak sesuai (0.81 km²). Dengan ketepatan pemetaan kawasan berkategori paling sesuai, berpotensi menampung sehingga 4.5 juta jenazah, dengan ketepatan pemetaan kesesuaian sebanyak 93%. Kajian ini membuktikan bahawa integrasi AHP dan GIS yang merujuk garis panduan rasmi dapat meningkatkan ketepatan dan kebolehpercayaan dalam pemilihan tapak perkuburan. Walau bagaimanapun, penyelidikan lanjutan secara kuantitatif yang mengambil kira faktor komposisi kaum masih diperlukan. Pendekatan ini wajar diaplikasikan secara proaktif oleh pihak berkepentingan bagi menyokong perancangan guna tanah yang lebih sesuai, dengan memastikan kawasan perkuburan baharu ditempatkan di lokasi yang selamat daripada risiko banjir, tidak menjejaskan kawasan penempatan sedia ada serta mampu memenuhi keperluan jangka panjang komuniti secara seimbang dan lestari.

Kata kunci: Garis panduan, GIS, Hulu Langat, JPBD, Proses hierarki analisis (AHP), tapak perkuburan

The integration of GIS and AHP in the evaluation of Islamic cemetery site suitability

Abstract

The shortage of burial grounds has emerged as a critical issue in densely populated areas, necessitating systematic planning solutions. The selection of new cemetery sites is a complex process, as it must comply with established planning guidelines. Although several international studies have been conducted, most do not explicitly refer to official guidelines, while research in

Asia remains limited in addressing the spatial determination of new burial sites. This study was conducted to identify suitable areas for new cemeteries in Hulu Langat with reference to the Islamic Cemetery Planning Guidelines 2023. Ten criteria were applied, namely distance from residential areas, distance from water sources, distance from drainage networks, soil type, slope, elevation, and avoidance of areas prone to flooding, landslides, erosion and mining activities. The Analytic Hierarchy Process (AHP) was employed to derive weighting factors for each criterion, while spatial data processing and suitability mapping were performed within a GIS environment. The analysis revealed that the land area classified as most suitable covered 39.81 km², suitable (28.05 km²), less suitable (290.33 km²) and not suitable (0.81 km²). The mapping of the most suitable category, demonstrated the potential capacity to accommodate up to 4.5 million burials, with an overall suitability mapping accuracy of 93%. This study provides evidence that the integration of AHP and GIS, when aligned with official planning guidelines, enhances accuracy and reliability in cemetery site selection. Nevertheless, further quantitative research that incorporates demographic factors, particularly ethnic composition, is still required. This approach should be proactively applied by stakeholders to support more appropriate land use planning, by ensuring that new cemeteries are placed in locations that are safe from flood risk, do not affect existing settlements and are able to meet the long-term needs of the community in a balanced and sustainable manner.

Keywords: Guidelines, GIS, Hulu Langat, JPBD, Analytical Hierarchy Process (AHP), Site cemetery

Pendahuluan

Kubur ditakrifkan sebagai tempat pemakaman atau tempat menyimpan mayat setelah kematian. Kubur bukan sahaja membabitkan golongan dewasa malahan membabitkan semua peringkat umur manusia, dan akan merasai mati serta ditempatkan di tanah perkuburan. Ianya adalah tempat di mana jenazah orang mati ditanam yang juga dikenali sebagai taman peringatan (Vern et al., 2020). Perkuburan ini adalah sesuatu yang bernilai bagi si mati dan juga kaum keluarganya. Tanah perkuburan telah lama menjadi komponen yang perlu diberi perhatian dalam struktur sosial dan budaya masyarakat setempat (Leonard, 2022; Nordh et al., 2022). Peningkatan penduduk dunia di sesuatu kawasan memberi gambaran bahawa keperluan tanah perkuburan juga semakin meningkat. Tanah perkuburan sedia ada, telah wujud begitu lama untuk mengabdikan mereka yang telah meninggal dunia. Namun demikian, kewujudan tanah perkuburan ini, menimbulkan beberapa isu dari segi pengurusan dan bencana alam. Terdapat kubur yang dibiarkan begitu lama tanpa diurus dan dipelihara, ditenggelami air (Semarang, 2018) dan terbiar kerana penghijrahan kaum tertentu ke suatu kawasan yang lebih selamat dan kedudukan kubur yang terletak di lereng bukit yang mengakibatkan kejadian tanah runtuh ketika hujan lebat (Kawi, 2019) dan bermacam-macam lagi.

Masalah tanah perkuburan yang penuh ini berlaku di seluruh dunia seperti yang dilaporkan dalam akhbar seperti (Alyx Gorman, 2021; Melody Zaccheus, 2017; Naomi de Sousa, 2015; Scott Reeves, 2019) yang menunjukkan bahawa tanah perkuburan ini sudah sampai hadnya dan perlu diberi perhatian serius bagi menanganinya. Malaysia juga mengalami perkara yang sama seperti yang dilaporkan oleh (Harian, 2013; Norafiza, 2019, 2021). Masalah-masalah yang dilaporkan ini perlu diatasi dengan kadar segera bagi mengelakkan masalah yang lebih besar berlaku.

Jadual 1. Ringkasan kajian yang telah dijalankan

Bil	Kajian	Teknik yang digunakan	Data yang digunakan	Keberkesanan teknik yang digunakan
1	Dlugożima (2022)	MCDA	Data persekitaran dan guna tanah	Menyediakan pemetaan lokasi baharu yang sesuai
2	Fahrul, Siregar & Sukendi (2020)	SWOT	Data sosial, budaya dan persekitaran	Mengenal pasti kekuatan dan kelemahan pengurusan tapak
3	Nguyen et al. (2019)	AHP	Data kriteria yang mempunyai spasial	AHP berkesan untuk pemilihan lokasi dengan menggunakan pelbagai kriteria
4	Rusli et al. (2021)	Pembangunan pangkalan data	Data rekod kematian dan lokasi kubur	Menghasilkan sistem pangkalan data di mati dengan lebih sistematik
5	Ahmad et al. (2015)	Kajian rekabentuk & pengurusan	Susun atur kubur, data reka bentuk, pengurusan tapak	Reka bentuk perkuburan Islam lebih teratur
6	Ismail, Omar & Majeed (2007)	GIS dan analisis spasial	Imej satelit, peta tanah, peta topografi dan peta kadastra	Menentukan tapak perkuburan baharu berdasarkan garis panduan 2002
7	Abbaspour (2014)	GIS (Analisis Sosial & Persekitaran)	Data kriteria yang mempunyai spasial	Menunjukkan GIS sebagai medium penting untuk integrasi data geografi

Dalam era transformasi digital, analisis geospasial telah wujud sebagai suatu elemen yang penting dalam merencanakan dan menyusun penggunaan ruang secara efektif dan efisien. Dalam konteks pengurusan tanah perkuburan, Sistem Maklumat Geografi (GIS) berperanan sebagai komponen utama untuk membuat keputusan yang lebih tepat dan strategik, membolehkan integrasi pelbagai data spasial seperti topografi, guna tanah, jalan raya serta saluran bagi menghasilkan kriteria yang menyeluruh. Jadual 1 menunjukkan ringkasan kajian yang dibuat oleh penyelidik berkaitan tanah perkuburan. Secara ringkasnya, GIS adalah penting untuk mengumpul, menganalisis dan menggabungkan dalam ruang penyelesaian secara geografi (Abbaspour, 2014). Dengan menggunakan beberapa kriteria spasial tertentu seperti jenis tanah, jarak dari sungai dan jarak dari penempatan, hasilnya dapat diperoleh dalam masa yang singkat (Koksalan., Wallenius & Zions., 2011). Pemilihan tapak perkuburan baharu telah digunakan oleh (Dlugożima, 2022) menggunakan teknik multi kriteria manakala (Fahrul, Siregar & Sukendi, 2020) menggunakan *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats* (SWOT) manakala Nguyen et al. (2019) menggunakan Proses Hierarki Analisis (AHP). Masalah kekangan tanah perkuburan dianggap paling serius dan perlu ditangani segera kerana ia memberi kesan langsung terhadap kesinambungan perkhidmatan pengebumian terutamanya di kawasan bandar ataupun ketika sesuatu tempat terkena wabak seperti COVID-19.

Kajian berkaitan tanah perkuburan di Malaysia telah dibuat oleh (Rusli et al., 2021) yang tertumpu kepada pangkalan data si mati untuk menyimpan maklumat rekod kematian, lokasi dan nombor kubur. Hasilnya adalah peningkatan kecekapan pengurusan perkuburan serta

memudahkan pencarian kubur, manakala (Ahmad et al., 2015) pula, mengkaji berkaitan reka bentuk perkuburan Islam berdasarkan susun atur, pengurusan dan pembinaan. Hasil kajian ini mendapati rekabentuk dan susun atur perkuburan Islam di Malaysia masih kurang sistematik untuk meletakkan kemudahan asas seperti laluan masuk di setiap baris kubur serta landskap yang mesra pengunjung. Di Malaysia, tidak ramai pengkaji yang memberi tumpuan kepada kajian berkaitan tanah perkuburan terutama dalam mendapatkan lokasi baharu yang sesuai. Kajian berkaitan tanah perkuburan baharu telah dibuat pada awal tahun 2000 tetapi menggunakan garis panduan Jabatan Perancang Bandar dan Desa (JPBD) yang lama iaitu tahun 2002 oleh (Ismail, Omar & Majeed 2007) yang menggunakan imej satelit untuk dapatkan gunatanah, peta tanah untuk dapatkan jenis-jenis tanah, peta topografi (ketinggian, sungai, jalanraya) dan peta kadaster untuk dapatkan lot pemilikan. Kemudian, JPBD telah mengeluarkan garis panduan pada tahun 2012 (JPBD, 2012), namun masalah tanah perkuburan tidak mencukupi masih juga timbul seperti yang dinyatakan sebelum ini. Ini kerana tiada integrasi menyeluruh dengan data spasial ketika membuat keputusan, kurang pemantauan dan penguatkuasaan terhadap garis panduan. Garis panduan terbaharu dikeluarkan adalah tahun 2023 (JPBD, 2023) iaitu iaitu Garis Panduan Perancangan Tempat Perkuburan Islam (GPP, 2023). Kriteria yang digunakan adalah hampir sama dengan yang sebelumnya kecuali satu penambahan untuk 2023 iaitu tidak sesuai di kawasan lombong kerana jenis tanah yang mudah mendap dan mengandungi paras air yang tinggi.

Penggunaan teknologi GIS telah merevolusikan cara data geospasial dikumpul, dianalisis dan digunakan dalam pelbagai bidang, termasuk pengurusan perkuburan yang melibatkan pentadbiran, penyelenggaraan, perancangan dan teknologi. Kajian ini memberi fokus khusus pada cara-cara GIS digunakan untuk memahami pola petempatan kubur, pengurusan ruang kubur dan implikasi sosial- ekonomi dari penempatan perkuburan dalam konteks bandar dan luar bandar. GIS mempunyai keupayaan untuk menangani masalah ini, kerana ia boleh menggabungkan pelbagai kriteria spasial seperti topografi, jenis tanah, kedudukan sungai dan sebagainya secara bersepadu.

Pemilihan tapak perkuburan yang sesuai adalah penting dalam perancangan bandar bagi mengurangkan impak sosial dan alam sekitar (Franco et al., 2022). Tapak perkuburan yang tidak strategik boleh menimbulkan isu pencemaran tanah, air, serta gangguan terhadap komuniti berdekatan dari sudut risiko bau akibat pereputan mayat, penggunaan air bawah tanah dan gangguan ketenteraman akibat aktiviti ritual. Oleh itu, pemilihan lokasi perkuburan perlu memenuhi kriteria-kriteria tertentu berdasarkan garis panduan yang terkini. Kajian ini memfokuskan kepada penggunaan AHP bersama aplikasi GIS bagi mengenal pasti tapak perkuburan baharu dengan merujuk kepada GPP 2023. Teknik AHP dipilih kerana ianya adalah yang terbaik jika menggunakan sejumlah besar kriteria jika dibandingkan teknik lain (Chaube et al., 2024).

Ulasan kepustakaan

Model data adalah struktur untuk menyusun komponen data bagi menyediakan piawaian hubungan antara komponen tersebut dan menghasilkan maklumat yang diperlukan dan membentuk maklumat lengkap untuk dianalisis. Dalam kajian ini, maklumat yang diperlukan adalah tapak perkuburan baharu yang sesuai dan menepati garis panduan JPBD. Penderiaan jauh ialah teknik untuk mengesan dan memantau ciri fizikal sesuatu kawasan melalui pengukuran sinaran yang dipantulkan dan dipancarkan pada jarak tertentu tanpa menyentuh objek tersebut (Carper, Kiefer & Lillesand, 1987). GIS menurut Burrough, McDonnell dan Lloyd (2015), merupakan sistem komputer untuk menangkap, menyimpan, memeriksa dan memaparkan data berkaitan kedudukan atau lokasi sesuatu ciri di permukaan bumi seperti bangunan, jalan raya, sungai dan kawasan hutan.

Analisis Keputusan Pelbagai Kriteria (MCDA) merupakan pendekatan yang digunakan untuk menilai pelbagai kriteria secara sistematik bagi menyokong proses membuat keputusan. Oleh kerana kebanyakan maklumat perancangan dan pengurusan adalah bersifat ruang, integrasi MCDA dengan GIS menjadikan penilaian kesesuaian lokasi dapat dilakukan berasaskan pelbagai faktor spasial. Kombinasi ini membantu menghasilkan keputusan yang lebih objektif dan pantas (Goncalves et al., 2024; Koksalan., Wallenius. & Zionts., 2011; Mohamad, Maulud & Taib 2023; Mohammadi & Saedi, 2024). Secara umum, MCDA melibatkan enam langkah: mengenal pasti masalah, menentukan keperluan, menetapkan tujuan, mengenal pasti alternatif, membangunkan kriteria, serta menggunakan teknik keputusan (FI, Khan., Amyotte & Amin, 2020). Dalam konteks spasial, MCDA diterapkan menggunakan elemen geografi yang melibatkan lokasi, misalnya dalam pemilihan lokasi tapak sesuai berdasarkan faktor seperti guna tanah, jarak dari penempatan, jalan raya, pengangkutan awam, kawasan sensitif dan kawasan banjir.

Permasalahan kajian

Masalah kekurangan tanah perkuburan bukan sahaja berlaku di Malaysia tetapi bersifat global. Contohnya, di Jerman, tanah perkuburan diubah menjadi taman permainan akibat kekurangan ruang perumahan (Estrin, 2016) dan di Itali, masalah serupa dilaporkan akibat peningkatan kematian sewaktu pandemik COVID-19 (Berita Harian, 2020). Di Malaysia, isu tanah perkuburan yang sering dilaporkan adalah tanah perkuburan tenggelam akibat banjir (Siti Rohana, 2018), runtuh akibat hujan lebat (Ismail, 2019), serta masalah tanah kubur yang padat (Norafiza 2019, 2021). Menurut Ketua Perangkawan Malaysia, kadar kematian meningkat sebanyak 1% pada 2020 berbanding 2019 dengan 173,746 kematian direkodkan (Muhammad Amnan Hibrahim, 2020), menunjukkan keperluan mendesak untuk penyediaan tanah perkuburan baharu.

JPBD telah mengambil langkah proaktif dengan mengeluarkan garis panduan perkuburan pertama kali pada tahun 1997 (JPBD, 1997). Walau bagaimanapun, perubahan pesat pertumbuhan bandar, pertambahan penduduk serta cabaran geografi alam sekitar menyebabkan garis panduan ini tidak lagi relevan sepenuhnya sedangkan banjir, tanah runtuh dan hakisan semakin kerap berlaku. Oleh itu, garis panduan ini dipinda pada tahun 2012 dengan penambahan elemen baharu berkaitan kesesuaian tapak, keluasan minimum dan faktor alam sekitar. Namun demikian, masalah berkaitan tanah perkuburan terus berlaku termasuklah kekurangan tanah perkuburan baharu di kawasan bandar dan luar bandar, isu banjir, konflik penggunaan tanah dan pembangunan berhampiran tanah perkuburan. Ini disebabkan penggabungan maklumat yang diperlukan masih menggunakan kaedah manual tanpa sokongan teknologi yang mungkin terdapat beberapa kelemahan. Pindaan terkini pada tahun 2023 dilihat sebagai usaha JPBD memperkemas semula garis panduan tersebut dengan mengambil kira masalah yang timbul sebelumnya termasuk kelemahan pemilihan tapak, ketinggian yang diperlukan dan risiko perubahan iklim seperti tanah runtuh dan banjir. Dalam garis panduan ini, dinyatakan keluasan minima tanah perkuburan seluas 8 ekar bagi pembangunan melebihi 250 ekar (PTG Selangor, 2000), bertujuan mengelakkan isu kekurangan tanah perkuburan. Namun, pelaksanaan panduan ini masih memerlukan penambahbaikan melalui penggunaan GIS untuk memastikan kriteria garis panduan dipatuhi. Seringkali juga, perkara berkaitan tanah perkuburan ini menjadi topik hangat yang dibincangkan di Dewan Rakyat (DUN Selangor, 2022a, 2022b) dan Dewan Parlimen (Parlimen 2020, 2021).

Sebagai perbandingan dengan garis panduan negara lain berkaitan tanah perkuburan, menunjukkan GPP 2023 mengutamakan aspek perancangan ruang selain aspek fizikal seperti banjir, jenis tanah dan kecerunan dan sesuai dengan Malaysia, manakala garis panduan di United Kingdom (Agensi Alam Sekitar UK, 2023) dan Australia (NSW Government, 2023) mempunyai

penilaian risiko hidrologi dan kawalan pencemaran air bawah tanah dengan lebih terperinci manakala di Singapura (Bahagian Jabatan Peguam, 2000) mengutamakan ruang untuk digunakan sepenuhnya dari sudut tempoh penggunaan plot kerana faktor kekurangan keluasan tanah.

Kajian ini amat penting untuk menyediakan kaedah sistematik untuk mengenal pasti tapak perkuburan baharu yang mematuhi GPP 2023 yang mempunyai 10 kriteria iaitu jarak dari kediaman, jarak dari punca air, jarak dari saluran, jenis tanah, kecerunan, ketinggian, serta bebas dari kawasan berisiko runtuh, banjir, hakisan dan kawasan lombong bagi membantu pihak berkuasa tempatan untuk merancang lebih baik dengan menggunakan teknologi spasial bagi memastikan tapak berkenaan memenuhi kriteria yang ditetapkan dapat merapatkan jurang antara dasar (garis panduan) dan pelaksanaannya serta dapat menyumbang kepada pengurangan impak alam sekitar terhadap tanah perkuburan.

Teknik dan inovasi dalam kajian

Bagi kawasan tanah perkuburan lama dan sedia ada, pelbagai teknik dan inovasi telah digunakan selaras dengan perkembangan teknologi moden. Kaedah yang digunakan bukan sahaja tertumpu kepada pengurusan ruang dan kesesuaian lokasi, tetapi turut merangkumi kaedah saintifik untuk mendapatkan maklumat tanah, merekod kawasan bersejarah, analisis kimia dan menilai kesan sampingan kepada komuniti setempat. Teknik seperti Radar Penembus Tanah atau *Ground Penetrating Radar* (GPR) digunakan untuk mengenal pasti struktur bawah tanah tanpa penggalian dan sesuai untuk pemeliharaan kawasan bersejarah (Alastair & Benjamin, 2023; Diab & Ismail, 2023; Kadioglu, Kadioglu & Akyol, 2014; Seramur et al., 2023). Dengan GPR, sela jarak 50 sm membolehkan pengenalpastian struktur kubur dan penempatan (Fedorova & Noskevich, 2020; Spera, Franklin & Zizzamia, 2022). Di samping itu, penggunaan *small Unmanned Aerial Vehicle* (sUAV) bersama perisian seperti Pix4DMapper membantu mengenal pasti kubur tanpa penanda (Goncalves et al., 2023).

Kaedah lain adalah pengukuran parameter air bawah tanah untuk menilai pencemaran menggunakan spektrofotometer DR/4000 (Brennan et al., 2018; Leonard, 2022) dan kajian kimia untuk mengukur kadar kemasinan serta nilai pH air (Alagbe et al., 2020; Kandoli et al., 2019). Penggunaan imej satelit bagi klasifikasi ciri-ciri tanah juga diaplikasikan untuk mengukur hakisan (Sharif et al., 2019) serta membangunkan model 3D sebagai bahan pameran pendidikan (Mileto et al., 2021). Bagi tujuan rekod arkeologi perkuburan, (Filzwieser & Eichert, 2020) telah membangunkan perisian terbuka yang berasaskan web dan interaktif serta rekod ini hendaklah dipastikan teratur (Colleter & Barreau, 2021; Makarov Nikolaj, Krasnikova Anna & Erokhin Sergej, 2021). Selain dari itu, kawasan perkuburan juga boleh dimanfaatkan sebagai ruang rekreasi berpanduan pendidikan (Goh & Ching, 2020) disamping mengekalkan kelestarian ekologi setempat (Quinton & Duinker, 2019; Scalenghe & Pantani, 2019).

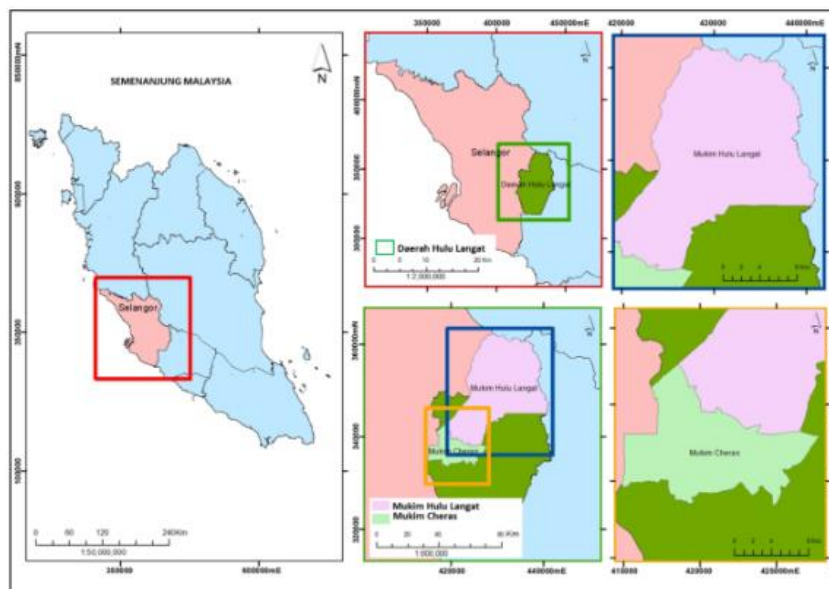
Dalam konteks perancangan, multi-kriteria bersama AHP digunakan untuk menilai kesesuaian tapak perkuburan (Crisanto-Perrazo et al., 2022). UAV digunakan untuk merekod data tanah perkuburan termasuk nama dan tarikh kematian (Rusli et al., 2021). Penggunaan inovasi seperti Rangkaian Konvolusi (CNN) bagi imej satelit juga memperluaskan skala kajian kawasan perkuburan (Lunga et al., 2022). Pelbagai pendekatan telah diterapkan dalam usaha mengenal pasti lokasi tanah perkuburan baharu yang sesuai. (Dluzozima, 2022) menggunakan kaedah multi-kriteria, manakala Fahrul, Siregar dan Sukendi (2020) serta Nguyen et al. (2019) menggabungkan analisis SWOT dengan AHP untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif. Penyelidikan juga menunjukkan bahawa lokasi tanah perkuburan boleh mempengaruhi pemilihan rumah kediaman, seperti yang dilaporkan oleh Kamarazaly et al. (2021). Namun, Vern et al. (2020) mendapati bahawa faktor ini tidak begitu signifikan berdasarkan analisis kuantitatif mereka menggunakan ujian *Pearson Chi-Square*.

Dari sudut ekonomi, kajian oleh Tse dan Love (2000) menggunakan kaedah *Weighted Least Square* untuk mengkaji kesan harga kediaman terhadap pemandangan yang menghadap tanah perkuburan. Di samping itu, konsep wakaf istibdal, iaitu penggantian tanah wakaf untuk kegunaan yang lebih bermanfaat, dicadangkan sebagai salah satu pendekatan berkesan untuk menyediakan tanah perkuburan baharu. Kajian mengenai pelaksanaan konsep ini dilakukan melalui pendekatan kualitatif dan temu bual tidak berstruktur (Asni, Mahamud & Sulong, 2020).

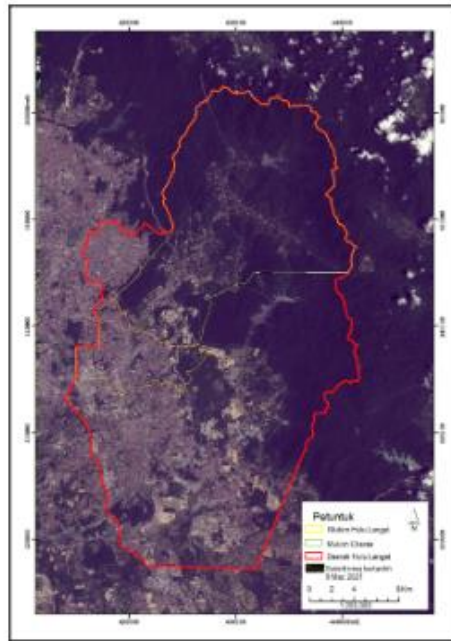
Walaupun penggunaan AHP dalam pemilihan tapak perkuburan baharu masih belum direkodkan dengan begitu luas di Malaysia, teknik ini dianggap sesuai kerana mampu menguruskan pelbagai kriteria yang bersifat spasial dalam satu analisis yang sistematik.

Kawasan kajian dan data

Kawasan kajian tertumpu kepada dua mukim di daerah Hulu Langat iaitu Mukim Cheras dan Mukim Hulu Langat. Ianya terletak hampir di kawasan tengah semenanjung Malaysia iaitu di Negeri Selangor.



Rajah 1. Kawasan kajian yang meliputi Mukim Hulu Langat dan Mukim Cheras

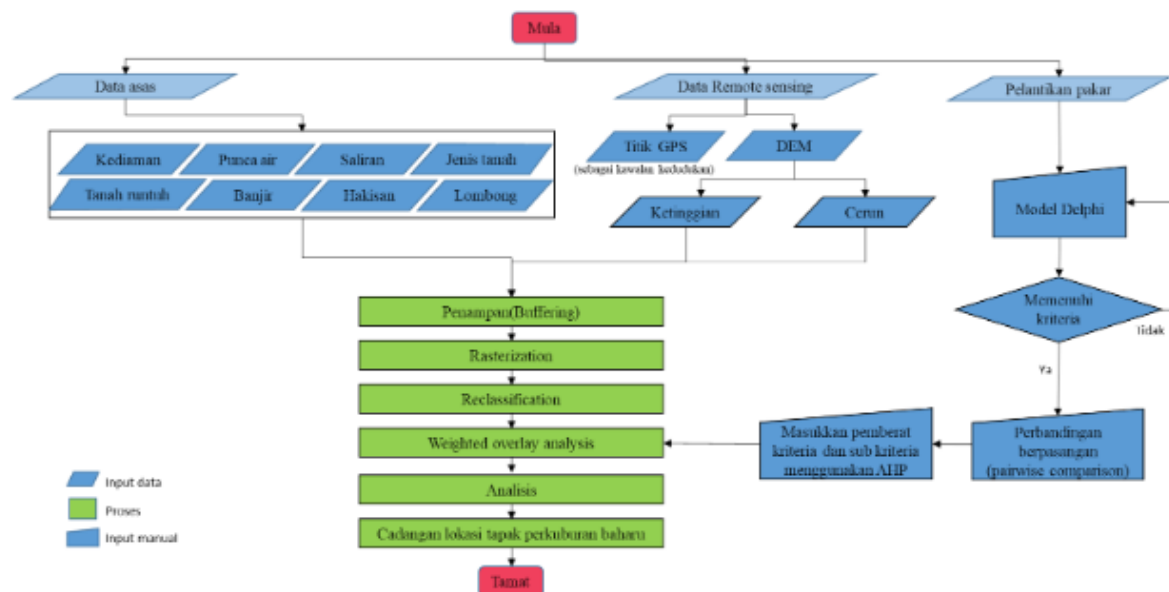


Rajah 2. Kawasan Daerah Hulu Langat ditindankan bersama imej satelit Sentinel 2A bertarikh 22 Februari 2024

Rajah 1 menunjukkan mukim Hulu Langat dan mukim Cheras di daerah Hulu Langat dalam negeri Selangor. Keluasan kawasan kajian adalah hampir 360km persegi. Skop kajian ini adalah berdasarkan Garis Panduan Perancangan yang terkini iaitu tahun 2023. Oleh itu, data yang digunakan adalah data berkaitan dengan GPP 2023 tersebut. Kawasan ini dipilih kerana Mukim Cheras adalah kawasan bandar manakala Mukim Hulu Langat adalah kawasan luar bandar. Selain dari itu, sesi perbincangan di dalam DUN Selangor berkaitan perkuburan di Daerah Hulu Langat ini juga diambil kira seperti dilaporkan oleh (DUN Selangor, 2008, 2009, 2016). Pemilihan ini juga adalah untuk melihat perbandingan dapatan kawasan potensi diantara kedua kawasan ini. Imej satelit sentinel 2A digunakan sebagai latar belakang kawasan kajian seperti di Rajah 2.

Metodologi kajian

GIS digunakan dalam kajian ini bagi membantu penentuan lokasi tapak perkuburan dengan lebih sistematik. Melalui fungsi analisis spatial, GIS menilai faktor seperti jarak dari penempatan, jarak dari sumber air, keadaan topografi yang melibatkan cerun dan ketinggian, jarak dari sumber air dan maklumat lain yang berkaitan dengan garis panduan tersebut. Penggunaan GIS ini, membantu membuat keputusan yang lebih baik berbanding dengan kaedah manual terutama membantu proses penentuan lokasi tanah perkuburan baharu dengan lebih cepat dan tepat dan seterusnya membantu pengurusan data kubur dengan lebih efisien.



Rajah 3. Carta alir proses secara keseluruhan

Rajah 3 menunjukkan carta alir secara keseluruhan kajian. Kajian dimulakan dengan mengumpulkan melalui permohonan data asas dari jabatan yang terlibat iaitu JPBD, Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia (JMG), Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) dan Agensi Angkasa Malaysia (MYSA) dalam format data spasial seperti lot kediaman, punca air, saliran, jenis tanah, kawasan tanah runtuh, kawasan yang terlibat banjir, kawasan hakisan dan kawasan lombong. Selain dari itu, data *remote sensing* termasuk data ketinggian disediakan untuk mendapatkan cerun dan aras ketinggian kawasan kajian. Titik yang diceraip menggunakan peralatan Sistem Penentududukan Global (GPS) digunakan sebagai kawalan kedudukan bagi memastikan ketepatan data spasial yang digunakan. Dalam masa yang sama, pakar yang berkaitan geospasial dilantik bagi membantu dalam menentukan pemberat kriteria dan subkriteria menggunakan model Delphi. Seterusnya, data spasial dikumpulkan dan melalui langkah pemprosesan dalam GIS iaitu penampunan (*buffering*) mengikut jarak yang ditetapkan dalam garis panduan, penukaran data vektor kepada raster untuk tujuan pengkelasan kawasan yang sesuai dan tidak sesuai bagi semua data yang terlibat, pengkelasan semula dengan memasukkan nilai pemberat. Hasil analisis kemudian diperoleh sebagai cadangan tapak perkuburan baharu sebagai hasil kajian dan hasil akhir ini, dianalisis untuk mendapatkan ketepatannya dengan membandingkan dengan data perkuburan sedia ada.

Pemodelan dan proses AHP

AHP adalah salah satu peraturan keputusan (*decision rule*) kepada kaedah MCDA. AHP digunakan kerana beberapa faktor iaitu maklumat yang kurang sempurna, tidak pasti dan kriteria yang tidak seragam iaitu kriteria yang pelbagai ataupun multi-kriteria. Kaedah ini digunakan secara meluas merentasi pelbagai bidang seperti perancangan bandar, arkitek, kesihatan, pemasaran dan sebagainya. AHP adalah satu metod analisis yang dikembangkan untuk menyusun masalah dan mengambil keputusan atas sesuatu alternatif (Saaty, 2016). Walaupun dalam skala pengukuran terdapat empat jenis iaitu skala nominal, ordinal, interval dan ratio, tetapi dalam kajian ini, skala ratio digunakan. Skala ratio digunakan kerana ia membolehkan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) dibuat secara kuantitatif untuk menilai tahap kepentingan antara kriteria. AHP dapat menstrukturkan masalah ke dalam hierarki mengikut kepentingan kriteria dan disusuli dengan sub kriteria dan seterusnya sub-sub kriteria. Kemudian,

proses ini membolehkan pemberat ditentukan bagi setiap elemen sebelum digunakan untuk menyelesaikan masalah dan dalam hal ini adalah menentukan tapak perkuburan Islam yang baharu.

Hierarki adalah keputusan yang diambil melalui beberapa pecahan kecil yang kompleks (Erkut & Moran, 1991). Teknik ini mempunyai fungsi yang fleksibel bagi masalah yang bersifat kuantitatif ataupun kualitatif (Malczewski, 1999). Matlamatnya adalah keputusan yang dicapai memenuhi proses daripada yang umum kepada yang spesifik tanpa mempertikaikan kualitinya. Artikel ini memberi fokus kepada penyelesaian penentuan tanah perkuburan baharu. Secara umumnya aplikasi AHP ini dibahagikan kepada 3 peringkat utama iaitu i) pembangunan Hierarki Keputusan Linear, ii) Penilaian faktor dan pemberat kriteria yang akan menghasilkan nilai *consistency ratio* (CR) dan iii) hasil dapatan. Peringkat pertama adalah perkara terpenting iaitu penentuan tujuan aplikasi AHP ini. Pengumpulan data perbandingan berpasangan perlu dilakukan iaitu dalam bentuk soal selidik. Kemudian data-data ini diterjemahkan ke dalam nilai relatif dalam bentuk matriks.

Dalam kajian ini, Model Delphi (Hsu & Sandford, 2007; Rowe & Wright, 2001) digunakan. Model Delphi merupakan satu pendekatan penyelidikan menilai isu-isu yang kompleks dengan melibatkan panel pakar. Seramai 5 orang pakar dipilih dan kepakaran bagi pemilihan kriteria, telah ditetapkan iaitu mestilah dalam bidang berkaitan geospasial, perancang bandar dan pendidik yang berkhidmat melebihi 15 tahun dalam bidang GIS. Kaedah soal selidik digunakan dengan membandingkan kriteria yang disenaraikan dan meletakkan keutamaan kriteria berbanding pasangannya. Skala yang digunakan adalah skala Saaty 1-9 dan rasionalnya kepada kepentingan faktor yang dipilih. Data-data ini dikumpulkan dan setiap perbezaan pandangan perlu dibincangkan sehingga mencapai persetujuan akhir. Akhirnya nilai akhir pemberat diperoleh dan nilai ini digunakan untuk mendapatkan kawasan tanah perkuburan baharu. Model ini mempunyai kelebihan dari sudut melibatkan pelbagai latar belakang, mampu membuat keputusan dalam situasi yang kompleks dan boleh membuat semakan dan penambahbaikan.

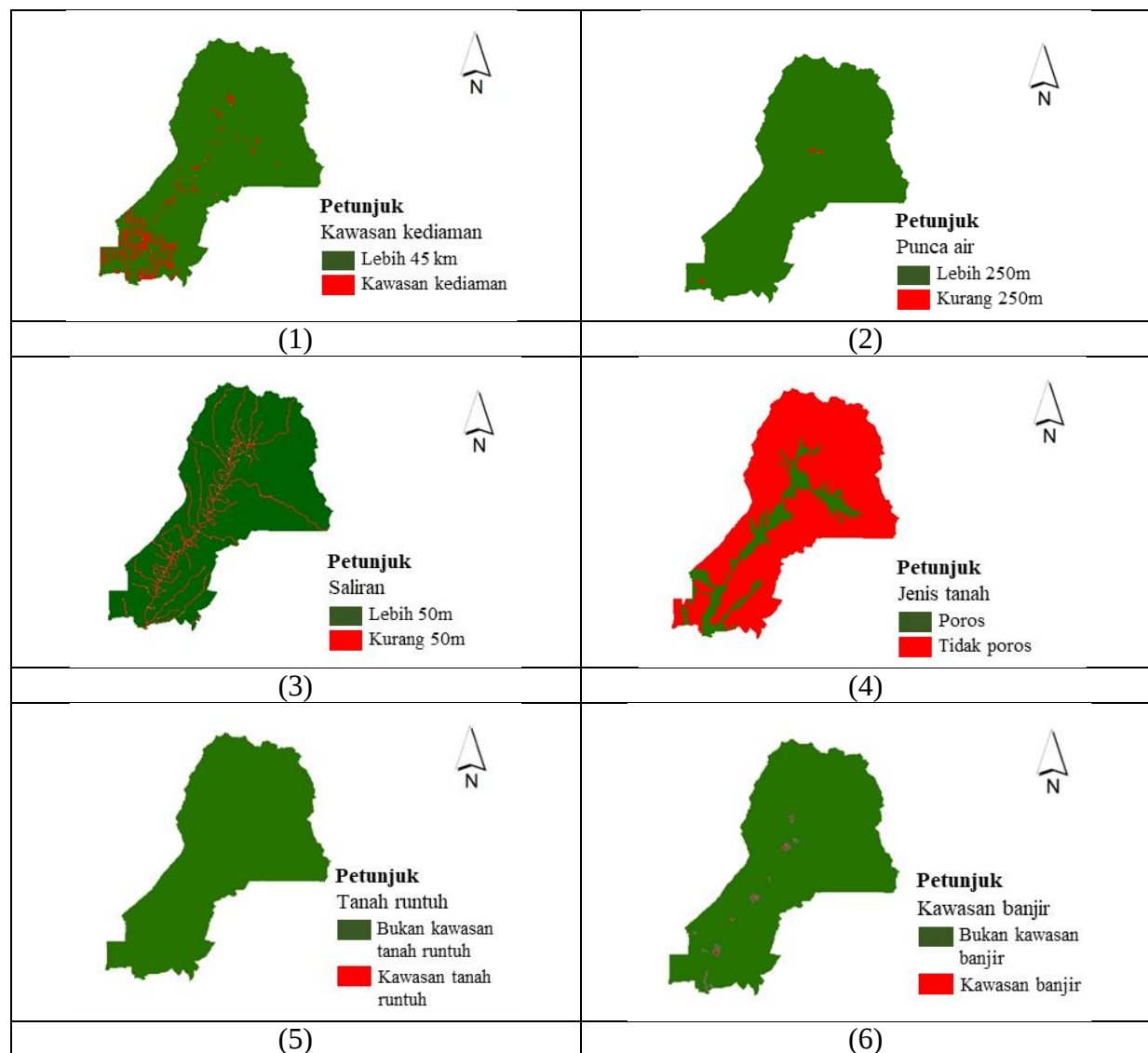
Selepas kaedah perbandingan berpasangan ini di isi, CR dikira dan mestilah kurang dari 0.1 untuk memastikan nilai yang konsisten. Menggabungkan semua nilai perbandingan berpasangan dari pakar-pakar berkenaan dan mendapatkan nilai purata. Nilai Eigen dalam AHP digunakan untuk menentukan pemberat setiap kriteria berdasarkan input tadi. Nilai pemberat utama dan sub-kriteria akan digabungkan dengan pendaraban untuk mendapatkan pemberat secara keseluruhannya. Pemberat ini digunakan dalam pemodelan GIS untuk menghasilkan peta kesesuaian tapak dengan menggabungkan kesemuanya.

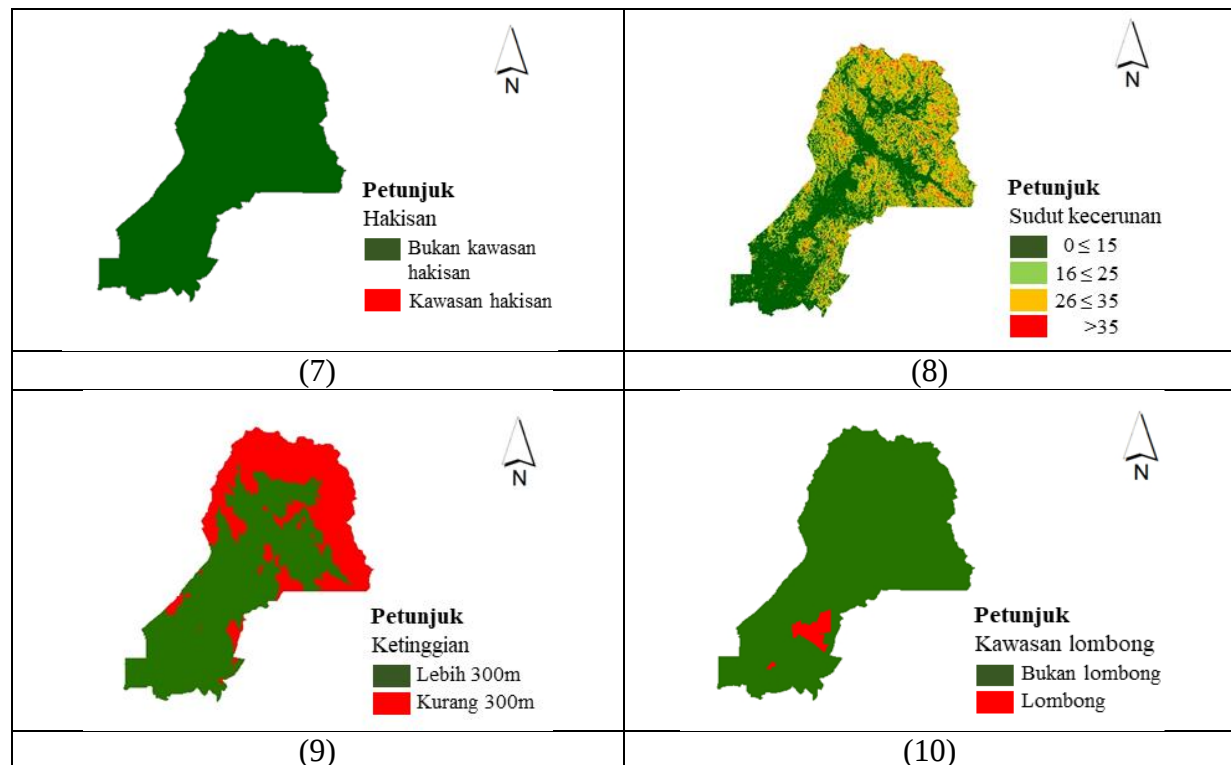
Jadual 2. Skala nisbah untuk AHP

Intensiti kepentingan	Keterangan	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan
3	Elemen yang mana satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lain	Penilaian sedikit memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen yang lainnya	Penilaian secara kuat memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
7	Elemen yang satu sangat penting daripada elemen yang lainnya	Satu elemen lebih disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata

		dibandingkan dengan elemen pasangannya
9	Mutlak lebih penting	Satu elemen terbukti mutlak lebih disukai dibandingkan dengan elemen pasangannya pada tingkat keyakinan tertinggi
2, 4, 6, 8	Nilai tengah di antara dua pendapat yang berdampingan	Diberikan bila terdapat penilaian antara dua penilaian yang berdekatan

Hasil AHP dapat digunakan dan dihubungkan menggunakan pendekatan GIS. Setiap data raster ini didarabkan dengan nilai pemberat yang diperoleh seperti dalam Jadual 2, kemudian ditambah pada semua data yang terlibat bagi menjana hasil akhir.





Rajah 4. 10 kriteria utama yang diterjemahkan dalam bentuk pemetaan kawasan iaitu
 1)Kawasan kediaman 2)Punca air 3)Saliran 4)Jenis tanah 5)Tanah runtuh 6)Kawasan banjir 7)Hakisan 8)Sudut kecerunan 9)Ketinggian 10)Kawasan lombong

Dalam kajian ini, kriteria utama yang digariskan untuk mendapatkan tanah perkuburan adalah seperti berikut dan Rajah 4 menerangkan perkara berikut (JPBD, 2023);

1. Kediaman

Jarak yang sesuai seperti yang ditetapkan dalam garis panduan adalah tidak melebihi 45km dari kawasan perumahan.

2. Punca air

Tanah perkuburan hendaklah berada pada jarak melebihi 250m untuk mengelakkan pengaliran air dari kawasan perkuburan ke kawasan ini dan mengelakkan kualiti air terjejas.

3. Saliran

Jarak yang ditetapkan adalah melebihi 50m dari sumber ini iaitu tasik, sungai, tanah lembap dan pantai. Proses penampakan ditetapkan melebihi 50m dari kawasan ini sebagai kawasan yang sesuai dan jarak yang kurang dari 50m adalah tidak sesuai.

4. Jenis tanah

Jenis tanah yang sesuai adalah tanah poros dan bukannya tanah liat ataupun tanah paya dan tanah berbatu. Tanah jenis berpasir dapat dilihat dengan jelas dan dapat meningkatkan pengudaraan tanah.

5. Tanah runtuh

Kawasan tapak cadangan hendaklah bebas dari kawasan ancaman tanah runtuh. Kawasan cadangan hendaklah berada di luar dari kawasan tersebut.

6. Kawasan banjir

Kawasan tapak cadangan juga hendaklah bebas dari kawasan banjir

7. Hakisan pantai

Cadangan tapak perkuburan juga hendaklah bukan di kawasan hakisan pantai.

8. Kecerunan

Kecerunan yang dicadangkan adalah kurang dari 35 darjah. Tanah rata adalah pilihan yang lebih baik. Maklumat cerun diperoleh dari DEM yang diproses untuk mendapatkan sudut kecerunan yang dibahagikan kepada 4 kumpulan iaitu $0 \geq 15$, $16 \geq 25$, $26 \geq 35$ dan melebihi 35 mengikut spesifikasi Jabatan Kerja Raya (JKR).

9. Ketinggian

Kajian ini menggunakan DEM Ifsar beresolusi 5m. Ketinggian DEM ini dibahagikan kepada 2 kumpulan iaitu kurang dari 300m dan melebihi 300m.

10. Lombong

Tanah perkuburan tidak dibenarkan di kawasan lombong kerana sifat tanahnya yang mudah mendap dan mengandungi paras air yang tinggi.

Jadual 3. Ringkasan jadual kriteria yang ditetapkan oleh JPBD

No	Kriteria	Tanah perkuburan baharu	Ringkasan
1	Kediaman	Mestilah kurang 45km dari kediaman	<45km
2	Punca air	Melebihi 250m dari punca air	>250m
3	Saliran	Melebihi 50m dari tasik, sungai, tanah lembap dan pantai	>50m
4	Jenis tanah	Jenis tanah mestilah terbuka dan porous dan tidak berada di kawasan tanah liat, tanah berbatu dan tanah paya	Sesuai di tanah terbuka/porous
5	Tanah runtuh dan banjir	Bukan di kawasan tanah runtuh dan kawasan banjir	Runtuh (x), banjir (x)
6	Kawasan banjir	Bukan di kawasan banjir	Banjir (x)
7	Hakisan pantai	Bukan di kawasan hakisan pantai	Hakisan pantai (x)
8	Sudut kecerunan	Sudut kecerunan mestilah kurang dari 35 darjah	<35°
9	Ketinggian	Ketinggian melebihi dari 300m dari aras laut	>300m
10	Lombong	Bukan di kawasan lombong	Lombong (x)

Kriteria dalam Jadual 3 menunjukkan kawasan tanah runtuh dan kawasan banjir diasingkan kerana melibatkan data yang berlainan dan menjadikan kesemuanya kepada 10 kriteria. Sebanyak 10 kriteria dikenal pasti dalam kajian ini, merangkumi aspek alam sekitar dan sosial.

Hasil dan analisis

Pemberat yang diperoleh setiap kriteria dan sub-kriteria digunakan untuk mendapatkan hasil. Hasil ini di analisis supaya ia memberi maklumat untuk disampaikan. Kriteria dan sub-kriteria adalah seperti jadual berikut.

Jadual 4. Kriteria dan jumlah pemberat yang diperolehi

Bil	Kriteria	Sub-Kriteria	Sesuai/ Tidak Sesuai	Pemberat AHP	Sub- kriteria
1	Jarak dari kediaman			7.602	
		Tanah perkuburan < 45km	Sesuai		6.569
		Tanah perkuburan >45km	Tidak sesuai		1.033
2	Punca air			6.687	
		Tanah perkuburan <250m	Tidak sesuai		3.258
		>250	Sesuai		0.429
3	Saliran			2.686	
		Tanah perkuburan < 50m	Tidak sesuai		2.238
		>50m	Sesuai		0.448
4	Jenis tanah			6.014	
		Tanah perkuburan mestilah terbuka dan poros	Sesuai		5.101
		Selain dari terbuka dan poros	Tidak sesuai		0.913
5	Bukan dalam kawasan tanah runtuh			16.264	
		Tanah perkuburan bukan di kawasan runtuh	Sesuai		14.637
		Kawasan tanah runtuh	Tidak sesuai		1.627
6	Bukan dalam kawasan banjir			11.992	
		Tanah perkuburan bukan di kawasan banjir	Sesuai		10.872
		Kawasan banjir	Tidak sesuai		1.120
7	Bukan di kawasan hakisan pantai			20.355	
		Bukan di kawasan hakisan	Sesuai		17.920
		Kawasan pantai	Tidak Sesuai		2.435
8	Cerun (KPKT 2009)			4.678	
		0<=15	Sangat sesuai		2.643
		16<=25	Sesuai		0.910
		25<=35	Kurang sesuai		0.349

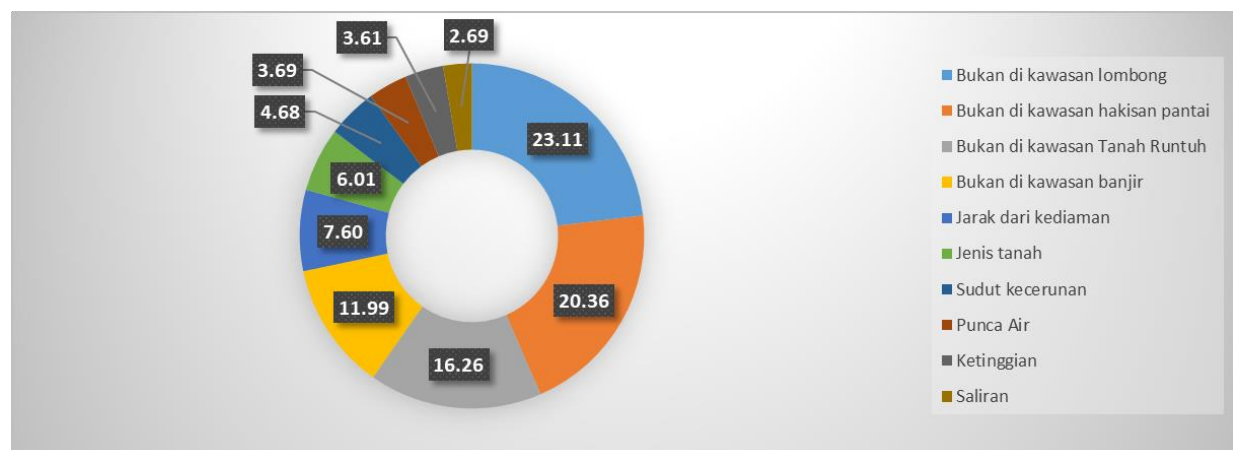
	> 35 darjah	Tidak sesuai	0.776
9	Ketinggian		3.613
	Tanah perkuburan>300m	Tidak sesuai	1.000
	<300m	Sesuai	2.613
10	Lombong		23.110
	Bukan di kawasan lombong	Sesuai	2.658
	Kawasan lombong	Tidak sesuai	20.452

AHP membantu dalam memberikan pemberat kepada setiap kriteria berdasarkan kepentingannya. Jadual 4 menunjukkan kriteria dan pemberat yang diperoleh dan digunakan dalam pemprosesan. Kesemua kriteria utama mengikut turutan keutamaan adalah seperti berikut;

Jadual 5. Kriteria pemberat utama mengikut turutan kepentingan

Bil	Kriteria	Pemberat AHP	Kod
1	Bukan di kawasan lombong	23.110	P1
2	Bukan di kawasan hakisan pantai	20.355	P2
3	Bukan dalam kawasan tanah runtuh	16.264	P3
4	Bukan dalam kawasan banjir	11.992	P4
5	Jarak dari kediaman	7.602	P5
6	Jenis tanah	6.014	P6
7	Sudut kecerunan	4.678	P7
8	Punca air	3.687	P8
9	Ketinggian	3.613	P9
10	Saliran	2.686	P10

Berdasarkan Jadual 5, tiga pemberat yang utama adalah P1 sebanyak 23.110, diikuti oleh P2 (20.355) dan P3 (16.264), manakala tiga pemberat yang paling rendah adalah P8 (3.687), P9 (3.613) dan P10 (2.686).

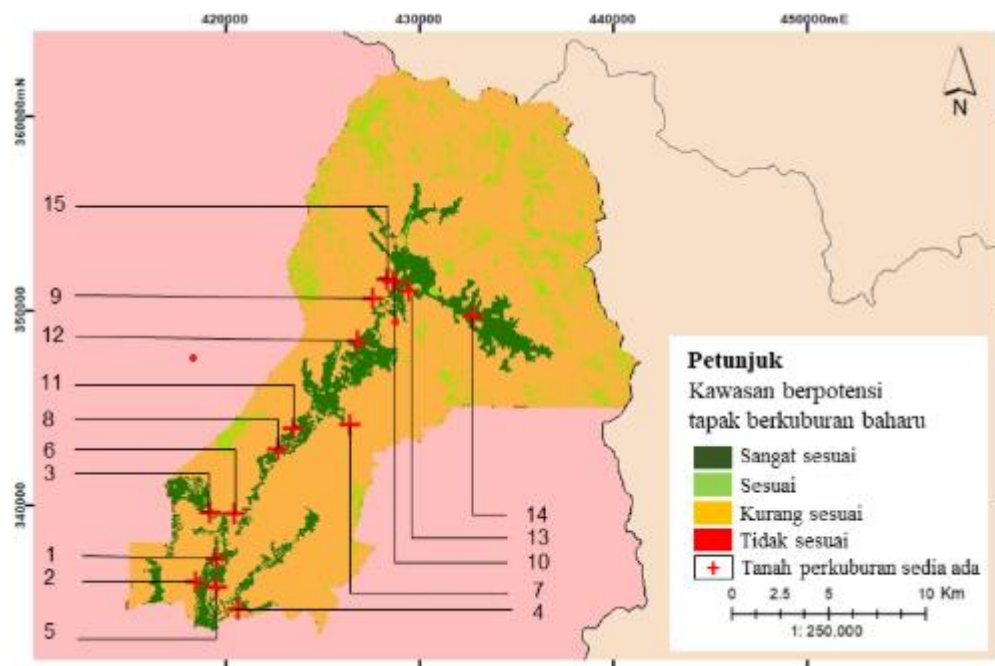


Rajah 5. Carta kriteria mengikut pemberat yang diperoleh

Rajah 5 adalah gambar yang menunjukkan kriteria utama dalam menentukan kesesuaian tapak perkuburan baharu menggunakan GPP 2023. Carta ini dapat dilihat dengan jelas, kriteria yang dominan mengikut keutamaan seperti di Jadual 5.

Setelah susunan keutamaan diperoleh, maka pemetaan kawasan di buat berdasarkan maklumat berikut;

- i. Data spasial yang mempunyai kesemua kriteria iaitu P1 sehingga P10 adalah kawasan yang dikategorikan sangat sesuai.
- ii. Data spasial yang mempunyai 8 kriteria utama dari P1 sehingga P8 adalah kawasan yang sesuai.
- iii. Data spasial yang mempunyai 7 kriteria utama dari P1 sehingga P7 adalah kawasan yang kurang sesuai.
- iv. Data spasial di kawasan yang berlawanan dengan kriteria yang diperlukan di kategorikan sebagai tidak sesuai.



Rajah 6. Kawasan berpotensi untuk tapak perkuburan baharu

Jadual 6. Peta akhir kesesuaian tapak perkuburan baharu

Kelas	Zon Potensi	Keluasan (km ²)
1	Sangat sesuai	39.81
2	Sesuai	28.05
3	Kurang sesuai	290.33
4	Tidak sesuai	0.81

Hasil kajian ini menghasilkan peta kesesuaian yang menunjukkan beberapa kawasan berpotensi di kawasan kajian seperti di Jadual 6. Kawasan yang sesuai untuk tapak perkuburan baharu adalah berkeluasan 39.81km² dan boleh menampung sehingga hampir 4.5 juta jenazah dengan anggaran keluasan setiap unit kubur adalah 6m² dan mengambil kira hanya 70% dari keseluruhan yang berpotensi untuk tapak perkuburan baharu. Ini adalah kerana sebahagiannya adalah untuk jalan, landskap dan kemudahan awam yang lain. Peta hasil ini boleh dirujuk dalam Rajah 6 yang menunjukkan zon potensi tersebut.

Jadual 7. Senarai tanah perkuburan sedia ada di kawasan kajian

Bil	Kawasan perkuburan	Kategori	Keterangan	Kod
1	Tapak Perkuburan Sg Sekamat	Sangat sesuai	-	Q1
2	Tanah Perkuburan Islam Bandar Tun Hussein Onn	Sangat sesuai	-	Q2
3	Tanah Perkuburan Islam Bt 10 Cheras	Sangat sesuai	-	Q3
4	Tanah Perkuburan Islam Batu 9 Cheras	Sangat sesuai	-	Q4
5	Tapak Perkuburan Sungai Serai	Sangat sesuai	-	Q5
6	Tanah Perkuburan Islam Sungai Lui	Sangat sesuai		Q6
7	Tanah Perkuburan Islam Kg Bukit Dukung	Kurang sesuai	Tidak poros	Q7
8	Tanah Perkuburan Islam Kampung Melaka	Kurang sesuai	Tidak poros	Q8
9	Tanah Perkuburan Islam Batu 13 Hulu Langat	Kurang sesuai	Di kawasan perumahan	Q9
10	Tanah Perkuburan Islam Sungai Tekali	Kurang sesuai	Tidak poros	Q10
11	Tapak Perkuburan Islam Kampung Dusun Tua	Kurang sesuai	Tidak poros	Q11
12	Tanah Perkuburan Islam Batu 16 Dusun Tua	Kurang sesuai	Tidak poros, berada pada kecerunan kelas 2	Q12
13	Tanah Perkuburan Islam Kampung Jawa	Kurang sesuai	Kawasan banjir	Q13
14	Tanah Perkuburan Islam Lubuk Kelubi	Kurang sesuai	Tidak poros	Q14
15	Tapak Perkuburan Islam Kampung Kuala Perdik	Kurang sesuai	Tidak poros, berada pada kecerunan kelas 3	Q15

Terdapat 15 kawasan tanah perkuburan sedia ada, berada dalam kawasan kajian seperti ditunjukkan di Jadual 7. Enam daripadanya berada di kawasan dengan kategori “sangat sesuai” dan sembilan daripadanya berada di kawasan “kurang sesuai”. Tanah perkuburan dengan kod Q7, Q8, Q10, Q11, Q14 berada di kawasan jenis tanah yang tidak poros. Tanah perkuburan Q12, dan Q15 juga tidak poros tetapi kedudukannya berada pada kecerunan di antara 16 dan kurang 35 darjah. Hanya 1 sahaja berada di kawasan banjir iaitu tanah perkuburan Q13. Hasil tinjauan di lapangan mengesahkan hasil kajian tersebut kecuali Q14, kerana kawasan ini adalah perkuburan ini adalah perkuburan lama, tidak digunakan dan tiada laluan masuk.



Q8-Tanah tidak porous, terdapat kesan takungan air



Q9-Kawasan perkuburan berdekatan dengan perumahan



Q10-Tidak porous, kelihatan tanah liat bercampur pasir



Q13-Kawasan banjir



Q15-tidak porous



Q15- tidak porous, terdapat kesan air bertakung

Rajah 7. Tinjauan di lapangan

Hasil tinjauan dilapangan (Rajah 7) mengesahkan hampir kesemua kawasan (14 dari 15) perkuburan sedia ada, berada pada kedudukan yang sesuai dan kurang sesuai. Ini menjadikan ketepatan pemetaan adalah sebanyak 93 peratus.

Perbincangan

Penggunaan kaedah Delphi (Hamid-Mosaku, Mahmud & Mohd, 2016; McIntyre-Hite, 2016; Rowe & Wright, 2001; Sani, 2016) untuk mengenal pasti pakar, dapat menghasilkan keputusan yang lebih terarah dan berasaskan kepakaran masing-masing. Pakar yang berpengalaman dalam bidang masing-masing dan maklumat yang diberikan adalah berdasarkan fakta dan ilmu yang diperoleh dari bidang yang terlibat. Pendekatan perbincangan dilakukan di antara pakar-pakar terlibat untuk mendapat satu persetujuan bersama dan diterima. Pakar dari pelbagai latar belakang memastikan keputusan yang dibuat mencakupi pelbagai aspek seperti teknikal dan ekologi kawasan serta mengurangkan bias kepada bidang tertentu sahaja. Data yang diperolehi dapat diintegrasikan dalam bentuk spatial GIS untuk menghasilkan peta kawasan yang lebih bermanfaat kepada pembuat keputusan. Penggunaan AHP dalam GIS untuk pemilihan tapak perkuburan menunjukkan keberkesanannya kerana kaedah ini membolehkan pelbagai kriteria dianalisis secara hierarki, dinilai pemberatnya melalui perbandingan berpasangan, dan ianya juga turut memastikan tahap konsistensi penilaian berada dalam julat boleh diterima iaitu *Consistency Ratio* < 0.1. Sebagai perbandingan, terdapat kaedah MCDA mudah yang tidak mengambilkira hubungan antara kriteria, tetapi dengan penggunaan AHP dapat memberikan keputusan yang lebih baik dan boleh diukur. Metod ini membantu dalam mengurangkan unsur subjektif dan memastikan proses pemilihan yang lebih saintifik.

Hasil kajian menunjukkan bahawa kawasan yang mempunyai semua kriteria spasial untuk tanah perkuburan baharu berada dalam kategori sangat sesuai (rajah 6) dan memenuhi syarat yang diperlukan dalam garis panduan perancang bandar. Daripada 15 tanah perkuburan sedia ada, 6 tanah perkuburan berada pada kategori “sangat sesuai” iaitu memenuhi kesemua kriteria yang berada dalam garis panduan, 8 tanah perkuburan berada pada kategori “kurang sesuai” iaitu mempunyai 7 kriteria sahaja, dan 1 tanah perkuburan tiada laluan masuk dan dianggap sebagai tidak mematuhi mana-mana kriteria dan dianggap tidak tepat. Hasil tinjauan di lapangan, kesemua 14 tanah perkuburan ini berada pada kategori masing-masing seperti yang diterangkan dalam Jadual 7. Oleh yang demikian, ketepatan hasil peta kesesuaian tapak perkuburan dibandingkan dengan tanah perkuburan sedia ada di lapangan adalah sebanyak 93%. Dapatan ini signifikan kerana ia menunjukkan bahawa 14 tapak perkuburan sedia ada berada pada kategori masing-masing dan membuktikan kebolehpercayaan model yang digunakan.

Walau bagaimanapun, terdapat beberapa limitasi dalam kajian ini. Ketiadaan data lot tanah menyebabkan keluasan tanah berpotensi menjadi terlalu luas. Dengan adanya pemilikan lot tanah, keluasan tanah berpotensi untuk tapak perkuburan dapat difokuskan kepada keluasan minimum tertentu seterusnya memudahkan pentadbiran dan pemilikan tanah tersebut. Implikasi praktikal kajian ini mencadangkan bahawa pihak berkuasa boleh menggunakan AHP dan GIS dalam bentuk spasial dalam perancangan bandar, khususnya penentuan tapak perkuburan baharu bagi kawasan yang mempunyai kepadatan penduduk tinggi seperti Mukim Cheras berbanding Mukim Hulu Langat. Seterusnya, langkah pengesahan tambahan melalui ujian tanah dan analisis hidrologi yang lebih meluas adalah disyorkan sebelum membuat keputusan akhir.

Sebagai perbandingan, kajian ini dianggap lebih baik dan terkini kerana menggunakan data-data terbaru yang diperoleh dari pihak bertanggungjawab selaras dengan garis panduan yang dikeluarkan tahun 2023 jika dibandingkan kajian oleh (Ismail, Omar & Majeed, 2007). Mereka menggunakan garis panduan lama iaitu tahun 2002 seperti yang dilaporkan bersama imej satelit untuk dapatkan pengelasan guna tanah dan dengan maklumat yang terhad. Kajian mereka juga tidak menunjukkan semakan semula di lapangan seperti mana yang dilakukan dalam kajian ini.

Kesimpulan

Kajian ini membuktikan bahawa penggunaan AHP dan GIS dapat membantu dalam mengenal pasti tapak perkuburan baharu yang sesuai berdasarkan 10 kriteria iaitu jarak dari kediaman, jarak dari punca air, jarak dari saliran, jenis tanah, bukan di kawasan tanah runtuh, bukan di kawasan banjir, bukan di kawasan hakisan, sudut kecerunan kurang dari 35 darjah, ketinggian yang sesuai dan bukan di kawasan lombong bagi daerah Hulu Langat berdasarkan GPP 2023 yang ditetapkan oleh JPBD. Sekiranya kekangan data pemilikan dan lot tanah dapat diatasi, maka kawasan tapak perkuburan baharu akan lebih terarah dan berfokus kepada lot tertentu berdasarkan minimum saiz yang diperlukan. Penggunaan kaedah ini memberi panduan saintifik kepada perancang bandar dan mengurangkan risiko akibat bencana alam sekitar. Adalah disarankan agar metod AHP dan GIS ini diguna pakai dalam pemilihan tapak-tapak kritikal yang lain dalam perancangan bandar. Bagi menambah baik hasil kajian ini, dicadangkan ujian tanah dan ujian hidrologi dijalankan untuk meningkatkan ketepatan hasil akhir. Hasil gabungan kriteria yang ditetapkan ini mampu diterjemahkan sebagai alat yang sesuai untuk menangani jumlah data yang besar dan seterusnya menghasilkan peta akhir kesesuaian tanah perkuburan bagi kawasan kajian iaitu Daerah Hulu Langat yang merangkumi dua mukim iaitu Mukim Cheras dan Mukim Hulu Langat.

Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) atas pembiayaan dan bimbingan semasa proses menjalankan penyelidikan ini.

Rujukan

- Abbaspour, R. A. (2014). Multi criteria decision making based on DEMATEL and ANP techniques to select the optimum location for cemeteries, Isfahan City, Iran. *Journal of Environment Studies*, 40(2), 463-480.
- Agensi Alam Sekitar UK. (2023). Low environmental risk cemeteries: exemption conditions. <https://www.gov.uk/guidance/low-environmental-risk-cemeteries-exemption-conditions>
- Ahmad, S., Saad, S. S., Halim, H., & Sulaiman, N. (2015). Penilaian Kepatuhan Syariat Islam Dalam Merekabentuk Tanah Perkuburan Islam Berkonsepkan Taman Teknologi.
- Alagbe, E. E., Sophia, O. D., Korede, A. S., Adenike, O. E., Adegboyega, A. O., Omonigho, D. E., & Efevbokhan, E. V. (2020). Contamination Assessment of Underground Water around a Cemetery: Case study of Ayobo cemetery in Lagos, Nigeria. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 13(6), 1283–1288.
- Alastair, R., & Benjamin, R. (2023). Combined use of drones and geophysics in enhancing cemetery studies: Two case studies in Northern Ireland, UK. *Archaeological Prospection*, 31(4), 299-306.
- Alyx, G. (2021, April 3). *Burial ground zero: the crisis facing Sydney's cemeteries*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/australia-news/2021/apr/04/burial-ground-zero-the-crisis-facing-sydneys-cemeteries>
- Asni, F., Mahamud, M. A., & Sulong, J. (2020). Socio-economics and management of Muslim cemetery waqf using istibdal and GIS method in Penang state. *Journal of Islamic Accounting and Business Research*, 11(7), 1343–1362.
- Bahagian Jabatan Peguam. (2000). Environmental Public Health (Cemeteries) Regulations.
- Berita Harian. (2020, June 9). *COVID-19 : Umat Islam di Itali kekurangan tanah perkuburan*.

- Berita Harian. <https://www.bharian.com.my/dunia/eropah/2020/06/698219/covid-19-umat-islam-di-itali-kekurangan-tanah-perkuburan>
- Brennan, A. K., Givens, C. E., Prokopec, J. G., & Hoard, C. J. (2018). Prepared in cooperation with the Lansing Board of Water and Light and the Lansing Wellhead Protection Team Preliminary Investigation of Groundwater Quality near a Michigan Cemetery, 2016-17 Scientific Investigations Report 2018-5120.
- Burrough, P. A., McDonnell, R. A., & Lloyd, C. D. (2015). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
- Carper, W., Kiefer, R., & Lillesand, T. (1987). Enhancement of SPOT Image Resolution using An Intensity-Hue-Saturation Transformation. In *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing and ACSM* (pp. 348–361). Fall Convention.
- Chaube, S., Pant, S., Kumar, A., Uniyal, S., Singh, M. K., Kotecha, K., & Kumar, A. (2024). An overview of multi-criteria decision analysis and the applications of AHP and TOPSIS methods. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 9(3), 581–615.
- Colleter, R., & Barreau, J. B. (2021). 3d reconstruction and geostatic analysis of an early medieval cemetery (Olonne-sur-mer, France). *Remote Sensing*, 13(9), 1688.
- Crisanto-Perrazo, T., Arcos-Yanez, E., Sinde-Gonzalez, I., Mayorga-Llerena, E., Vizuite-Freire, D., & Toulkeridis, T. (2022). Land Use Evaluation of Cemeteries in Central Ecuador BT - Recent Advances. In *Electrical Engineering, Electronics and Energy* (pp. 153–168). Springer International Publishing.
- Diab, A., & Ismail, A. (2023). Ground Penetrating Radar detection of unmarked historic graves at the Fairlawn Cemetery in Stillwater, Oklahoma. *Archaeological Prospection*, 30(2), 171–183.
- Dlugożima, A. (2022). How to find a suitable location for a cemetery? Application of multi-criteria evaluation for identifying potential sites for cemeteries in Białystok, Poland. *Moravian Geographical Reports*, 30(1), 34–53.
- DUN Selangor. (2008). Sesi 2 Tahun 2008. Tanah Perkuburan Islam-Pertanyaan Mulut.
- DUN Selangor. (2009). Sesi 3 Tahun 2009. Tapak Perkuburan Pelbagai Kaum di Selangor Semakin Berkurangan.
- DUN Selangor. (2016). Mesyuarat Ke-3, Penggal Ke-4. Minit mesyuarat DUN Selangor 4 November 2016-Kubur Bersepadu.
- DUN Selangor. (2022a). Mesyuarat Pertama, Penggal Ke-5. Minit mesyuarat DUN Selangor 16 Mac 2022-Pertanyaan Mulut.
- DUN Selangor. (2022b). Mesyuarat Ke-3, Penggal Ke-4. Minit mesyuarat DUN Selangor 6 Disember 2022-Masalah Kekurangan Tanah Perkuburan.
- Erkut, E. & Moran, S. R. (1991). Locating obnoxious facilities in the public sector: An application of the analytic hierarchy process to municipal landfill siting decisions. *Socio-economic planning sciences*, 25(2), 89–102.
- Estrin, D. (2016, August 5). *Berlin's graveyards are being converted for use by the living*. The World. <https://theworld.org/stories/2016/08/05/old-cemeteries-berlin-are-being-repurposed-parks-or-playgrounds>
- Fahrul, M., Siregar, Y. I., & Sukendi, S. (2020). Strategi ruang terbuka hijau pemakaman di Kota Pekanbaru. *Jurnal Zona*, 4(1), 33–39.
- Fedorova, N., & Noskevich, V. (2020). Geophysical investigations of the bronze age archaeological site in the Trans-Urals, Russia. *Advances in Science, Technology and Innovation*, XI(978-3-030-72546-4), 95–98.
- FI, Khan, F., Amyotte, P., & Amin, M. (2020). Advanced methods of risk assessment and management: An overview. *Methods in Chemical Process Safety. Methods in Chemical Process Safety*, 4, 1–34.
- Filzwieser, R., & Eichert, S. (2020). Towards an online database for archaeological landscapes.

- Using the web based, open source software openatlas for the acquisition, analysis and dissemination of archaeological and historical data on a landscape basis. *Heritage*, 3(4), 1385–1401.
- Franco, D. S., Georgin, J., Villarreal Campo, L. A., Mayoral, M. A., Goenaga, J. O., Fruto, C. M., Neckel, A., Oliveira, M. L., & Ramos, C. G. (2022). The environmental pollution caused by cemeteries and cremations: A review. *Chemosphere*, 307(4), 136025.
- Goh, H. C., & Ching, F. E. (2020). Acceptable use of Chinese cemeteries in Kuala Lumpur as perceived by the city's residents. *Urban Forestry and Urban Greening*, 55, 126837.
- Gonçalves, V., Albuquerque, A., Almeida, P. G., Ferreira Gomes, L., & Cavaleiro, V. (2024). Delineation of potential groundwater zones and assessment of their vulnerability to pollution from cemeteries using GIS and AHP approaches based on the DRASTIC Index and specific DRASTIC. *Water*, 16(4), 585.
- Goncalves, V., Albuquerque, A., Carvalho, P., Almeida, P., & Cavaleiro, V. (2023). Groundwater Vulnerability Assessment to cemeteries pollution through GIS-Based DRASTIC Index. *Water*, 15(4), 812.
- Hamid-Mosaku, I. A., Mahmud, M. R., & Mohd, M. S. (2016). An evaluation of marine geospatial data infrastructure (MGDI) By delphi-analytic hierarchy process (AHP) approach. *Jurnal Teknologi*, 78(6–12), 57–68.
- Harian, M. (2013, August 14). *Atasi segera masalah tanah kubur tak cukup*. Harian Metro. <https://www.klik.com.my/item/story/6239575/atasi-segera-masalah-tanah-kubur-tak-cukup>
- Hsu, C., & Sandford, B. A. (2007). The Delphi technique: Making sense of consensus. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, 12(1), 10.
- Ismail, A. (2019, December 21). *60 kubur terjejas akibat hujan lebat*. Harian Metro. 60 kubur terjejas akibat hujan lebat.
- Ismail, N., Omar, A. H., & Majeed, Z. A. (2007). Site selection for new memorial park using GIS: Muslim Memorial Park. *Symposium A Quarterly Journal In Modern Foreign Literatures*, 25, 5–17.
- JPBD. (1997). *Garis Panduan Perancangan Tanah Perkuburan Islam Dan Bukan Islam*. Jabatan Perancang Bandar dan Desa, Semenanjung Malaysia.
- JPBD. (2012). *Garis Panduan Perancangan Tanah Perkuburan dan Krematorium*.
- JPBD. (2023). *Garis Panduan Perancangan : Tempat Perkuburan Islam*.
- Kadioglu, S., Kadioglu, Y. K., & Akyol, A. A. (2014). Imaging the Hittite cemetery site with 3D half bird's eye view of GPR data set in Sapinuva ancient city of the Hittite Empire (Corum-Turkey). *Proceedings of the 15th International Conference on Ground Penetrating Radar, GPR*.
- Kamarazaly, M. A., Yee, C. M., Hashim, N., King, S., Iffa, N., Nayan, M., Campus, L., Jaya, S., & Jaya, S. (2021). Does Feng Shui factors influenced the decision of Malaysian in housing selection. *Malaysian Construction Research Journal*, 12(1), 101–117.
- Kandoli, S. J., Alidadi, H., Najafpoor, A. A., Mehrabpour, M., Hosseinzadeh, A., & Momeni, F. (2019). Assessment of cemetery effects on groundwater quality using GIS. *Desalination and Water Treatment*, 168, 235–242.
- Kawi, M. R. (2019, January 19). *Hakisan Tanah Jejas Kubur*. Harian Metro. <https://www.hmetro.com.my/mutakhir/2019/01/413718/hakisan-tanah-jejas-kubur>
- Koksalan., M., Wallenius., J. & Zions., S. 2011. Multiple criteria decision making: from early history to the 21st century.
- KPKT. (2009). *Garis Panduan Perancangan Pembangunan Di Kawasan Bukit Dan Tanah Tinggi -pekeling KSU KPKT*.
- Leonard, L. S. (2022). Assessment of groundwater quality along cemeteries and associated potential health concerns in Dar es Salaam, Tanzania. *Water Practice and Technology*, 17(5), 1218–1229.

- Lunga, D., Dhamdhere, R., Walters, S., Bragg, L., Makkar, N., & Urban, M. (2022). Learning to count grave sites for Cemetery Observation Models with satellite imagery. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 19, 1–5.
- Makarov Nikolaj, A., Krasnikova Anna, M., & Erokhin Sergej, A. (2021). First results of new studies of the Gnezdilovo Cemetery Near Suzdal. *Kratkiye Soobshcheniya Instituta Arkheologii*, 264(December), 7–29.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons.:
- McIntyre-Hite, L. (2016). A Delphi study of effective practices for developing competency-based learning models in higher education. *The Journal of Competency-Based Education*, 1(4), 157–166.
- Melody Zaccheus. (2017). *Muslim graves to be exhumed from Sept 26 next year*. The Straits Times.
- Mileto, C., Vegas, F., Cristini, V., & Bernal, P. M. C. (2021). Burial architecture. 3d dissemination study for a selection of Byzantine Graves. *Virtual Archaeology Review*, 12(24), 90–98.
- Mohamad, F., Maulud, K. N. A., & Taib, A. M. (2023). Modelling of geospatial data through multi criteria analysis for cemetery land management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1167(1), 012051.
- Mohammadi, S. D., & Saedi, B. (2024). Cemetery site selection using GIS-based extended fuzzy multi-criteria decision analysis in Hamedan city, western Iran. *Research Square*.
- Muhammad Amnan Hibrahim. (2020, November 19). *Kematian di Malaysia naik satu peratus tahun lalu*. Sinar Harian. <https://www.sinarharian.com.my/article/111044/berita/nasional/kematian-di-malaysia-naik-satu-peratus-tahun-lalu>
- Naomi de Sousa, A. (2015, January 21). *Death in the city: What happens when all our cemeteries are full?* The Guardian. <https://www.theguardian.com/cities/2015/jan/21/death-in-the-city-what-happens-cemeteries-full-cost-dying>
- Nguyen, X. L., Chou, T. Y., Hoang, T. Van, Fang, Y. M., & Nguyen, Q. H. (2019). Research on Optimal Cemetery Location selection using approach of Fuzzy Set Theory and Analytic Hierarchy Process in environment of Geographic Information System : A case study in Hung Ha District, Thai Binh province, Vietnam. *International Journal of Research and Innovations in Earth Science*, 6(3), 20–28.
- Norafiza, J. (2019, October 6). *Tanah kubur Islam di Segambut makin padat*. Sinar Harian. Tanah kubur Islam di Segambut makin padat.
- Norafiza, J. (2021, August 8). *Tanah kubur hampir penuh , mampu bertahan dua minggu*. Sinar Harian. <https://www.sinarharian.com.my/article/154441/khas/covid-19/tanah-kubur-hampir-penuh-mampu-bertahan-dua-minggu>
- Nordh, H., Stahl Olafsson, A., Kajosaari, A., Præstholm, S., Liu, Y., Rossi, S., & Gentin, S. (2022). Similar spaces, different usage : A comparative study on how residents in the capitals of Finland and Denmark use cemeteries as recreational landscapes. *Urban Forestry and Urban Greening*, 73, 127598.
- NSW Government. (2023). Guidelines on how to establish and run a cemetery.
- Parlimen. (2020). Mesyuarat Ke-2, Penggal Ke-3. Penyata Rasmi Parlimen 20 Julai 2020-Hakisan Kawasan Perkuburan Islam.
- Parlimen. (2021). Mesyuarat Pertama, Penggal Ke-4. Penyata Rasmi Parlimen 6 Oktober 2021-Tanah Perkuburan Urusan Kerajaan Negeri..
- PTG Selangor. (2000). Penyediaan Tapak Perkuburan Islam dan Bukan Islam dan Pengenaan Bayaran Caruman Tabung Amanah Perkuburan. Pejabat Tanah Galian Selangor.
- Quinton, J. M., & Duinker, P. N. (2019). Beyond burial: Researching and managing cemeteries as urban green spaces, with examples from Canada. *Environmental Reviews*, 27(2),

- 252–262.
- Rowe, G., & Wright, G. (2001). Expert Opinions in Forecasting: The Role of the Delphi Technique. In J. S. Armstrong (ed.) *Principles of Forecasting International Series in Operations Research & Management Science* (vol 30). Springer.
- Rusli, N., Din, A. H. M., Majid, M. R., & Awang, A. J. (2021). Exploring the potential of GIS application for Muslim Cemetery Management. *Malaysian Journal of Remote Sensing & GIS-b*, 10(10:1), 76–82.
- Saaty, T. L. (2016) The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making. In *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. International Series in Operations Research & Management Science* (vol 78). Springer
- Sani, R. M. (2016). Pembinaan Kerangka Standard Kompetensi Literasi Ict Kebangsaan: Kajian Delphi. *Proceedings of The ICECRS*, 1(1): 113–122.
- Scalenghe, R., & Pantani, O. L. (2019). Connecting existing cemeteries saving good soils (for livings). *Sustainability*, 12(1), 1–13.
- Scott Reeves. (2019, March 18). *Cemeteries worldwide are running out of space*. Chinadaily. <https://www.chinadaily.com.cn/a/201903/18/WS5c8fa8d2a3106c65c34ef43a.html>
- Semarang, W. (2018, March 24). *Sedihnya Melihat Makam yang Terendam Ini. Apa Penyebabnya ?* Mongabay. <https://mongabay.co.id/2018/03/24/sedihnya-melihat-makam-yang-terendam-ini-apa-penyebabnya/>
- Seramur, K. C., Campbell, K. B., Anderson, J. B., & Cowan, E. A. (2023). On Cemetery Hill: The legacy of burials at Clemson University, a public university in the southern USA. *Archaeological Prospection*, 31(4), 1–15.
- Siti Rohana, I. (2018, Deecember 9). *Kubur sudah dipindahkan mengikut syarak - MAIK*. Harian Metro. <https://www.hmetro.com.my/mutakhir/2018/12/402081/kubur-sudah-dipindahkan-mengikut-syarak-maik>
- Spera, S. A., Franklin, M. S., Zizzamia, E. A., & Smith, R. K. (2022). Recovering a Black Cemetery: Automated mapping of hidden gravesites using an sUAV and GIS in East End Cemetery, Richmond, VA. *International Journal of Historical Archaeology*, 26(4), 1-22.
- Tse, R. Y. C., & Love, P. E. D. (2000). Measuring residential property values in Hong Kong. *Property Management*, 18(5), 366–374.
- Vern, T. W., Mohsin, A., Abd Rahman, M. S., Ling, G. L. T., Choon, T. L., & Liang, T. M. (2020). The effects of proximity to cemetery on purchasing residential properties in Malaysia. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(3), 6692–6698.