

Pembangunan Peta Web Interaktif Bagi Kedudukan Pili Bomba di INSTUN Menggunakan Quantum Geographical Information System (QGIS)

The Development of an Interactive Web Map for Fire Hydrant Locations at INSTUN Using Quantum Geographical Information System (QGIS)

Khadijah Sahdan, Muhammad Firdaus Jais, Nur Marlisa Asiqin Yahaya & Mohd Syakirin Ismail

Institut Tanah dan Ukur Negara,
Kementerian Sumber Asli dan Kelestarian Alam, Behrang, 35950 Tanjong Malim, Perak

Abstrak

Kajian ini bertujuan untuk membangunkan peta web interaktif bagi penentuan kedudukan pili bomba di Institut Tanah dan Ukur Negara (INSTUN) menggunakan perisian Quantum Geographical Information System (QGIS). Melalui penggunaan QGIS, data geospasial mengenai lokasi pili bomba dikumpulkan, dianalisis dan dipetakan secara interaktif untuk memudahkan akses dan pemantauan oleh pihak pengurusan. Pembangunan peta web ini turut melibatkan integrasi data spatial seperti bangunan utama bagi memastikan liputan kawasan yang lebih komprehensif. Hasil kajian menunjukkan bahawa peta web interaktif ini mampu meningkatkan kecekapan pengurusan keselamatan kebakaran di INSTUN dengan memberikan maklumat yang tepat dan terkini tentang kedudukan pili bomba. Kaedah ini juga dapat membantu dalam proses perancangan penambahan pili bomba di kawasan strategik. Dengan demikian, penggunaan GIS melalui QGIS terbukti sebagai alat yang efektif dalam memperbaiki pengurusan kecemasan dan keselamatan kebakaran.

Kata kunci: peta web interaktif, Sistem Maklumat Geografi (GIS), QGIS, pili bomba.

1.0 Pengenalan

1.1 Latar Belakang Kajian

Pengurusan data geospasial merupakan elemen penting dalam pelbagai aspek perancangan dan pengurusan terutama dalam konteks keselamatan dan kecemasan. Salah satu aplikasi utama data geospasial adalah dalam penyediaan maklumat lokasi kritikal seperti kedudukan pili bomba yang amat diperlukan dalam operasi pemadaman kebakaran. Namun begitu, kaedah konvensional dalam mengekalkan dan mengakses maklumat ini sering kali menghadapi cabaran termasuk kekurangan ketepatan data, kesukaran akses dan kelemahan dalam kemas kini secara berkala (Ahmad & Ismail, 2020).

Institut Tanah dan Ukur Negara (INSTUN) merupakan sebuah Institusi Latihan Awam (ILA) yang memainkan peranan penting dalam meningkatkan kompetensi modal insan dalam bidang pentadbiran tanah, ukur dan pemetaan serta teknologi maklumat melalui latihan yang sistematik dan terancang di Malaysia. Sebagai sebuah institusi yang komprehensif, INSTUN mempunyai pelbagai fasiliti termasuk pili bomba yang strategik untuk menangani kecemasan dan bencana. Pengurusan kedudukan pili bomba di INSTUN adalah sangat penting untuk memastikan keselamatan dan kecekapan operasi dalam situasi kecemasan.

Peta web interaktif kini menjadi salah satu penyelesaian yang berkesan dalam menangani isu-isu ini. Dengan menyediakan akses masa nyata kepada maklumat geospasial, peta web interaktif bukan sahaja memudahkan pihak berkuasa dalam merancang dan menguruskan kedudukan pili bomba tetapi juga meningkatkan kecekapan dalam respons kecemasan. Peta web interaktif mempunyai kelebihan berbanding peta konvensional termasuk kemampuan untuk diakses melalui peranti mudah alih seperti telefon pintar dan peranti tablet serta ciri-ciri interaktif seperti *zoom in* dan *zoom out* serta pencarian lokasi (Ahmad et al., 2020). Quantum Geographical Information System (QGIS) sebagai alat sumber terbuka yang serba boleh dan menawarkan pelbagai fungsi yang boleh digunakan untuk membangunkan peta web interaktif. Keupayaan QGIS untuk mengurus, menganalisis, dan memaparkan data

geospasial menjadikannya pilihan yang ideal untuk pembangunan aplikasi geospasial yang kos efektif dan berfungsi tinggi (Hassan et al., 2021).

1.2 Pernyataan Masalah

Dalam pengurusan kecemasan terutama yang melibatkan pemadaman kebakaran, akses kepada maklumat lokasi pili bomba yang tepat dan terkini adalah kritikal. Walau bagaimanapun, sistem maklumat spatial yang sedia ada di INSTUN masih kurang efisien dengan rekod lokasi pili bomba yang sukar diakses oleh pihak yang berkepentingan. Kekurangan sistem yang bersepadu dan mudah diakses boleh menyebabkan kelewatan dalam respons kecemasan sekaligus memberi kesan kepada keselamatan awam. Kaedah tradisional yang digunakan oleh pihak berkuasa untuk mengekalkan rekod lokasi pili bomba adalah tidak lagi mencukupi. Ini mendorong kepada keperluan untuk membangunkan sistem yang lebih interaktif yang boleh diakses dengan mudah dan dikemas kini secara berkala. Penggunaan peta web interaktif melalui QGIS dijangka dapat menyelesaikan masalah ini dengan menyediakan platform yang lebih responsif dan mesra pengguna (Zainal et al., 2018).

1.3 Objektif Kajian

Objektif utama kajian ini adalah untuk membangunkan peta web interaktif yang memaparkan kedudukan pili bomba di kawasan INSTUN dengan menggunakan QGIS. Peta web ini bertujuan untuk meningkatkan kecekapan dalam pengurusan data pili bomba dengan memberikan akses maklumat kedudukan pili bomba dan membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat dan pantas. Peta web interaktif yang dibangunkan akan membolehkan pengguna untuk mendapatkan maklumat terkini mengenai kedudukan pili bomba di mana sahaja dan bila-bila masa. Selain itu, kajian ini juga bertujuan untuk menyediakan alat bantu yang berfungsi sebagai sokongan kepada pihak berkuasa dalam perancangan dan tindak balas kecemasan yang lebih berkesan. Dengan memanfaatkan keupayaan QGIS, peta web yang dibangunkan ini diharapkan dapat mempertingkatkan pengurusan dan penyelenggaraan pili bomba di INSTUN.

1.4 Kepentingan Kajian

Kajian ini adalah sangat penting dalam memastikan kelancaran operasi kecemasan serta keselamatan di INSTUN. Pertama, kajian ini menyumbang kepada peningkatan kecekapan dalam pengurusan kecemasan terutamanya dalam operasi pemadaman kebakaran. Akses masa nyata kepada maklumat geospasial yang tepat dan terkini membolehkan pihak berkuasa bertindak dengan cepat dan berkesan sekali gus mengurangkan risiko kerosakan harta benda dan kehilangan nyawa.

Kedua, pembangunan peta web interaktif ini akan membantu dalam pengurusan aset kritikal seperti pili bomba di INSTUN. Dengan adanya peta web yang boleh diakses secara mudah melalui peranti digital, pihak pengurusan dapat memastikan semua pili bomba berada dalam keadaan baik dan berada di lokasi strategik yang memaksimumkan keupayaan respons kecemasan. Ini juga memudahkan penyelenggaraan berkala dan pemantauan terhadap sebarang perubahan yang diperlukan.

Selain itu, kajian ini memberikan sumbangan kepada pembangunan teknologi di Malaysia terutamanya dalam bidang Sistem Maklumat Geografi (GIS). Penggunaan QGIS yang merupakan perisian sumber terbuka menunjukkan bahawa teknologi yang berpatutan dan kos efektif boleh dimanfaatkan untuk tujuan keselamatan dan pengurusan kecemasan. Ini sekaligus menggalakkan penggunaan teknologi tempatan dan meningkatkan keupayaan institusi dalam menghadapi cabaran keselamatan yang semakin kompleks.

Akhir sekali, kajian ini juga membolehkan INSTUN menjadi model kepada organisasi lain di Malaysia dalam mengaplikasikan teknologi geospasial untuk tujuan keselamatan. Kejayaan pembangunan peta web interaktif ini boleh dijadikan rujukan dalam meningkatkan standard keselamatan di organisasi lain yang memerlukan pengurusan kecemasan yang efisien. Dengan ini, kajian ini bukan sahaja memberi manfaat kepada INSTUN tetapi juga kepada masyarakat secara keseluruhan dalam usaha meningkatkan keupayaan pengurusan bencana dan kecemasan di negara ini.

1.5 Skop Kajian

Kajian ini akan memfokuskan kepada kawasan INSTUN dengan tumpuan khusus kepada kedudukan pili bomba yang terdapat di kawasan tersebut. Penggunaan QGIS sebagai perisian utama dalam pembangunan peta web ini akan memberikan tumpuan kepada bagaimana QGIS dapat digunakan secara efektif untuk memproses dan menganalisis data geospasial yang relevan. Penglibatan kakitangan INSTUN dalam proses pengumpulan data dan pengujian peta web juga akan menjadi aspek penting dalam kajian ini. Ini bagi memastikan bahawa peta web yang dibangunkan memenuhi keperluan operasi harian dan kecemasan di INSTUN serta memberikan latihan yang diperlukan untuk penggunaan sistem ini secara optimum.

2.0 Tinjauan Literatur

2.1 Peranan GIS dalam Pengurusan dan Analisis Data Geospasial

Sistem Maklumat Geografi (GIS) adalah teknologi yang membolehkan pengumpulan, penyimpanan, pemprosesan, analisis, dan paparan data geospasial. GIS merujuk kepada gabungan perisian, perkakasan, data dan prosedur yang digunakan untuk menganalisis maklumat yang berhubung dengan lokasi geografi tertentu. Dengan memanfaatkan GIS, pengguna boleh memahami corak, hubungan, dan aliran maklumat spatial seterusnya membantu dalam membuat keputusan yang lebih bermaklumat (Longley et al., 2019). Teknologi GIS telah berkembang pesat sejak beberapa dekad lalu bermula dari sekadar alat pemetaan kepada sistem yang lebih canggih yang digunakan dalam pelbagai sektor seperti perancangan bandar, pemantauan bencana, keselamatan dan pengurusan sumber semula jadi (Cavazzi & Edward, 2021).

GIS memainkan peranan penting dalam pengurusan dan analisis data geospasial dengan menyediakan platform yang membolehkan data dari pelbagai sumber diintegrasikan dan dianalisis secara komprehensif. Data geospasial termasuk maklumat tentang lokasi geografi objek atau fenomena di permukaan bumi dan GIS membolehkan pengguna untuk menganalisis data ini dalam konteks spatial. Antara kelebihan utama GIS ialah kemampuannya untuk menyusun dan menggabungkan

data yang pelbagai seperti peta topografi, citra satelit dan data lapangan bagi menghasilkan peta tematik atau analisis yang membantu dalam pemahaman keadaan geografi tertentu (Jones & Duckham, 2020). Sebagai contoh, GIS dapat digunakan untuk menganalisis corak penggunaan tanah, mengenal pasti kawasan risiko banjir dan merancang langkah-langkah mitigasi bencana (Goodchild & Li, 2020).

Komponen utama GIS terdiri daripada beberapa elemen penting yang berfungsi secara integrasi untuk memproses data spatial. Komponen pertama ialah pemetaan yang merupakan proses asas dalam GIS. Pemetaan melibatkan penyusunan dan paparan data spatial dalam bentuk peta yang dapat merangkumi pelbagai ciri geografi seperti bangunan, jalan, sungai dan elemen semula jadi yang lain. Pemetaan membolehkan pengguna untuk melihat hubungan spatial antara objek-objek di permukaan bumi (Smith et al., 2021). Komponen kedua ialah analisis ruang iaitu GIS digunakan untuk menjalankan analisis terhadap data spatial bagi mendapatkan maklumat yang lebih mendalam tentang corak dan hubungan ruang. Alat-alat seperti analisis buffer, interpolasi, dan analisis jaringan membolehkan pengguna memahami fenomena spatial seperti taburan populasi, pergerakan kenderaan atau penyebaran wabak penyakit (Maguire & Batty, 2019). Dengan analisis ruang, GIS menyediakan alat yang berkesan untuk membuat keputusan yang lebih strategik dalam bidang-bidang seperti perancangan bandar dan pengurusan sumber semula jadi. Komponen ketiga ialah pengurusan data yang melibatkan penyimpanan, pengemaskinian dan pengendalian data geospasial. GIS memerlukan pangkalan data yang efisien untuk memastikan data spatial dapat diakses dan digunakan secara optimum. Dalam hal ini, integrasi GIS dengan pangkalan data seperti PostgreSQL dan PostGIS telah meningkatkan keupayaan GIS dalam menguruskan data spatial yang besar dan kompleks (Cavazzi et al., 2022).

GIS telah digunakan secara meluas dalam konteks keselamatan dan kecemasan terutamanya dalam pemantauan bencana dan pengurusan risiko. Kajian oleh Williams et al. (2020) menunjukkan penggunaan GIS dalam memantau kawasan yang berisiko tinggi terhadap gempa bumi dan tsunami di Jepun. Dengan menggunakan data geospasial, pihak berkuasa berjaya mengenal pasti kawasan yang perlu dipindahkan dan merancang laluan pemindahan yang lebih selamat. Di Amerika Syarikat, kajian oleh Martinez et al. (2021) menunjukkan bagaimana GIS digunakan

untuk memantau kebakaran hutan. Dengan menggabungkan data citra satelit dan pemetaan digital, GIS membantu dalam pemantauan kebakaran secara masa nyata (*real-time*) seterusnya membolehkan pihak berkuasa membuat keputusan yang lebih pantas dalam mengkoordinasikan operasi penyelamatan. Dalam konteks banjir, kajian oleh Ahmed et al. (2019) di Pakistan mendapati bahawa GIS mampu menghasilkan peta risiko banjir yang dapat digunakan untuk amaran awal kepada penduduk setempat. Di Malaysia, penggunaan GIS dalam keselamatan dan kecemasan juga telah diaplikasikan secara meluas. Kajian oleh Hassan et al. (2020) menggunakan GIS untuk memetakan kawasan risiko tinggi kemalangan jalan raya di Malaysia. Peta yang dihasilkan membolehkan pihak berkuasa mengenal pasti kawasan yang memerlukan lebih banyak langkah keselamatan seperti lampu isyarat dan pembahagi jalan.

2.2 Keupayaan dan Fungsi QGIS dalam Pembangunan Peta Web

QGIS atau Quantum GIS merupakan salah satu perisian GIS sumber terbuka yang paling popular di seluruh dunia. Ia direka untuk memudahkan pengguna dalam melakukan pemetaan, analisis spatial dan paparan data geografi tanpa memerlukan kos lesen yang tinggi. Sebagai perisian sumber terbuka, QGIS mendapat sokongan daripada komuniti pembangun global yang aktif yang sentiasa memperbaiki dan menambah ciri-ciri baharu secara percuma. Ini menjadikan QGIS sebagai pilihan utama untuk organisasi kecil dan besar di seluruh dunia yang mencari alternatif kos efektif kepada perisian berlesen yang mahal (Gibson et al., 2020). Dengan antara muka yang mesra pengguna, QGIS membolehkan pengguna dari pelbagai latar belakang termasuk ahli akademik, kerajaan dan sektor swasta untuk memanfaatkan teknologi GIS dalam pelbagai bidang seperti perancangan bandar, pemantauan alam sekitar dan pengurusan sumber semula jadi (Smith et al., 2019).

Walaupun QGIS menawarkan pelbagai ciri canggih, ia sering dibandingkan dengan perisian GIS berlesen seperti ArcGIS. Dari segi kos, perbezaan antara kedua-dua perisian ini jelas iaitu QGIS adalah percuma manakala ArcGIS memerlukan lesen berbayar. Namun, dari segi keupayaan teknikal, QGIS tidak jauh ketinggalan. Kajian menunjukkan bahawa QGIS mampu menjalankan tugas-tugas asas GIS seperti pemetaan, analisis spatial dan pengurusan data dengan prestasi yang memuaskan

terutamanya apabila dibandingkan dengan ArcGIS (Huang & Wang, 2021). Walaupun ArcGIS mungkin lebih unggul dalam beberapa aspek analisis yang lebih kompleks, QGIS mempunyai pelbagai *plugin* yang boleh ditambah bagi meningkatkan keupayaannya untuk memenuhi keperluan analisis spasial yang lebih mendalam. Selain itu, integrasi QGIS dengan pangkalan data seperti PostgreSQL dan PostGIS membolehkan pengguna menguruskan data spasial yang besar dengan lebih cekap (Wilson & Johnson, 2022).

Salah satu kekuatan utama QGIS ialah keupayaannya untuk digunakan dalam pembangunan peta web interaktif. Dengan sokongan pelbagai *plugin* seperti QGIS2Web dan Leaflet, pengguna dapat membangunkan peta interaktif yang dapat dipaparkan di laman web. *Plugin* QGIS2Web, sebagai contoh, membolehkan pengguna menghasilkan peta web interaktif tanpa memerlukan pengetahuan mendalam dalam pengaturcaraan (Perez et al., 2022). Selain itu, QGIS juga menyokong penggunaan pelayan GIS seperti GeoServer yang membolehkan peta web dikongsi secara dinamik dengan pengguna lain di seluruh dunia. Fungsi ini sangat bermanfaat dalam pelbagai aplikasi seperti kajian geologi, pengurusan sumber alam, dan pemantauan bencana alam yang mana maklumat spasial perlu diakses oleh ramai pihak dengan mudah (Fernandez & Silva, 2021).

Di Malaysia, penggunaan teknologi GIS untuk keselamatan dan pengurusan kecemasan semakin mendapat perhatian terutamanya dalam pembangunan peta web interaktif yang memudahkan akses kepada maklumat geografi dalam situasi kritikal. QGIS sebagai perisian sumber terbuka telah memainkan peranan penting dalam pelbagai kajian yang berkaitan dengan keselamatan dan kecemasan. Salah satu kajian yang signifikan dalam konteks ini adalah kajian oleh Zakaria et al. (2020) yang menggunakan QGIS untuk membangunkan peta web interaktif bagi sistem pemantauan banjir di Malaysia. Kajian ini menggunakan QGIS dan *plugin* QGIS2Web untuk menghasilkan peta interaktif yang dapat diakses oleh pihak berkuasa tempatan dan orang awam bagi memantau paras air sungai secara langsung. Sistem ini membantu dalam penyebaran maklumat yang lebih cepat kepada penduduk yang terkesan seterusnya meningkatkan kecekapan dalam menangani bencana banjir. Keupayaan QGIS untuk mengintegrasikan data masa nyata menjadikannya alat yang

sangat berguna dalam konteks pengurusan kecemasan terutamanya apabila maklumat perlu disampaikan dengan segera dan tepat (Zakaria et al., 2020).

Selain itu, kajian oleh Lim et al. (2019) menggunakan QGIS untuk mengembangkan peta web yang memantau penyebaran kebakaran hutan di kawasan pedalaman Malaysia. Kajian ini melibatkan integrasi data geospasial dari satelit dengan alat QGIS bagi mengesan titik panas dan kawasan yang berisiko tinggi terhadap kebakaran. Peta web yang dihasilkan membolehkan pihak bomba dan penyelamat untuk mengesan lokasi kebakaran secara lebih cepat dan efisien. Kajian ini menunjukkan bagaimana QGIS boleh digunakan untuk meminimumkan risiko bencana dengan menyediakan maklumat yang kritikal kepada pihak berkaitan (Lim et al., 2019). Dalam kajian lain, Hassan et al. (2021) mengkaji penggunaan QGIS untuk membangunkan peta web yang menyokong pengurusan kecemasan jalan raya. Dengan mengumpulkan data kemalangan jalan raya dan lokasi yang sering terlibat dalam kemalangan, kajian ini berjaya menghasilkan peta web yang memudahkan pihak berkuasa trafik untuk mengenal pasti kawasan berisiko tinggi. Data yang dikumpulkan dan dipaparkan dalam peta interaktif ini digunakan untuk merancang langkah-langkah keselamatan jalan raya dan mengurangkan jumlah kemalangan. Kajian ini membuktikan keupayaan QGIS untuk memudahkan pengurusan data spatial yang berkaitan dengan keselamatan awam seterusnya mempercepatkan respons terhadap kecemasan (Hassan et al., 2021).

Kesemua kajian ini menunjukkan bahawa QGIS mempunyai potensi besar dalam konteks keselamatan dan kecemasan di Malaysia. Keupayaannya untuk memaparkan data secara interaktif dan dinamik di samping kos rendah dan fleksibiliti penggunaannya dan ini seterusnya menjadikan pilihan yang relevan untuk pelbagai agensi keselamatan dan pengurusan bencana di Malaysia. Peta web yang dihasilkan melalui QGIS bukan sahaja meningkatkan keberkesanan operasi kecemasan malah menyumbang kepada peningkatan kesedaran awam terhadap langkah-langkah keselamatan.

2.3 Kajian Terdahulu Berkaitan Kedudukan Pili Bomba di Malaysia

Penentuan kedudukan pili bomba yang strategik adalah kritikal dalam pengurusan kebakaran, terutamanya di kawasan bandar yang padat penduduk. Kajian-kajian yang dijalankan di Malaysia telah menunjukkan bahawa penggunaan GIS sangat membantu dalam menempatkan pili bomba di lokasi-lokasi yang optimum. Sebagai contoh, kajian oleh Omar et al. (2019) meneliti penggunaan GIS dalam mengenal pasti kawasan yang memerlukan lebih banyak pili bomba di sekitar Kuala Lumpur. Hasil kajian tersebut mendapati bahawa dengan menganalisis data geospasial, pihak bomba dapat mengenal pasti kawasan-kawasan yang kurang dilengkapi dengan kemudahan tersebut terutamanya di kawasan perumahan yang baru dibangunkan.

Kajian lain oleh Ismail dan Abdul Rahman (2020) memfokuskan kepada penggunaan GIS dalam menilai jarak antara pili bomba sedia ada dengan bangunan berisiko tinggi di Johor Bahru. Dengan bantuan analisis spatial yang disediakan oleh GIS, kajian ini dapat mengenal pasti jurang liputan perkhidmatan pili bomba dan mencadangkan lokasi baharu yang sesuai berdasarkan faktor seperti jarak dan capaian jalan raya. Keputusan dari kajian ini menunjukkan bahawa GIS boleh membantu dalam memastikan kawasan yang berisiko tinggi dilindungi dengan baik yang seterusnya boleh mempercepatkan tindak balas pasukan bomba dalam situasi kecemasan.

Data geospasial memainkan peranan yang sangat penting dalam menentukan lokasi strategik bagi penempatan pili bomba. Melalui data ini, pelbagai maklumat seperti kedudukan geografi, jarak dari bangunan kritikal, capaian jalan raya dan jarak dengan sumber air boleh dianalisis dengan teliti. Di Malaysia, kajian oleh Zulkifli et al. (2021) menunjukkan bagaimana GIS digunakan untuk mengintegrasikan data geospasial seperti peta topografi, pelan bandar dan maklumat populasi bagi mengenal pasti lokasi yang ideal untuk penempatan pili bomba. Dalam kajian tersebut, data geospasial yang dikumpulkan dari agensi kerajaan tempatan dan pihak bomba di Johor digunakan untuk menghasilkan peta tematik yang menunjukkan kawasan liputan yang sedia ada dan kawasan yang memerlukan pili bomba tambahan.

Penggunaan GIS bukan sahaja membolehkan analisis yang lebih terperinci tetapi juga membantu pihak berkuasa dalam merancang penempatan strategik dengan lebih efisien. Contohnya, dengan menggunakan data ketinggian tanah dan maklumat tentang jaringan jalan raya, pihak bomba boleh mengenal pasti lokasi yang lebih mudah diakses oleh kenderaan bomba sekali gus meminimumkan masa respons (Abdul Karim et al., 2020). Tambahan pula, analisis spatial menggunakan GIS juga boleh mempertimbangkan faktor risiko kebakaran seperti kawasan yang sering mengalami kejadian kebakaran atau yang terdedah kepada bahan mudah terbakar untuk meningkatkan keberkesanan penempatan pili bomba.

Pengurusan data lokasi pili bomba secara tradisional sering kali menghadapi beberapa kelemahan dan cabaran yang ketara. Antara cabaran utama ialah kesukaran dalam menyimpan dan mengemas kini data secara manual. Sebagai contoh, kajian oleh Ibrahim dan Hashim (2018) mendapati bahawa sistem tradisional yang bergantung kepada peta fizikal dan dokumentasi manual sering kali mengakibatkan kesilapan dalam penyimpanan data dan lambat dalam proses kemas kini. Apabila data lokasi pili bomba tidak dikemas kini dengan tepat, ia boleh menyebabkan masalah dalam mengurus liputan kawasan terutamanya di kawasan yang sedang pesat membangun. Selain itu, kaedah tradisional juga tidak berupaya memberikan analisis spatial yang mendalam. Kajian oleh Hamid dan Noor (2022) menunjukkan bahawa pengurusan data secara tradisional tidak dapat mengenal pasti hubungan spatial antara pili bomba dengan faktor lain seperti jaringan jalan raya, jarak dengan bangunan dan kemudahan air. Ini menyebabkan kesukaran dalam mengenal pasti lokasi-lokasi yang strategik untuk penempatan pili bomba baru. Selain itu, penggunaan peta statik secara manual tidak menyediakan kemudahan untuk pemantauan masa nyata yang boleh menyebabkan pihak berkuasa lambat mengesan kawasan yang memerlukan perhatian segera.

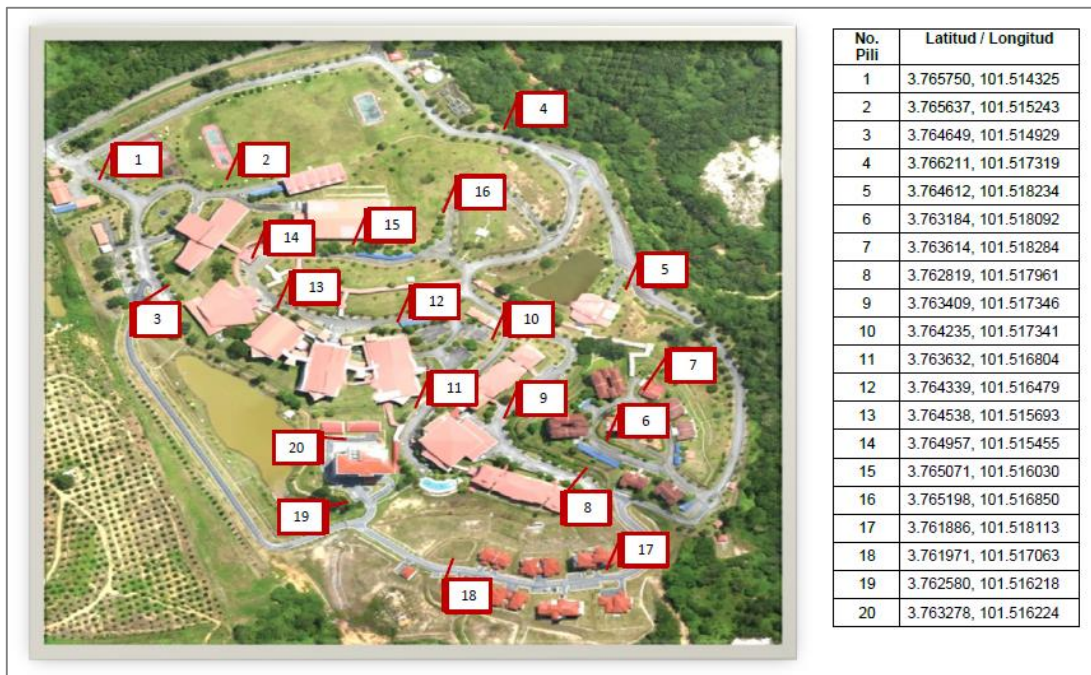
Secara keseluruhan, GIS telah terbukti sebagai alat yang sangat berguna dalam mengatasi kelemahan kaedah tradisional. Penggunaan GIS bukan sahaja memudahkan proses pengurusan data, malah meningkatkan ketepatan dalam menentukan lokasi pili bomba, yang seterusnya dapat meningkatkan kecekapan perkhidmatan bomba di Malaysia.

3.0 Metodologi

3.1 Pengumpulan Data

Beberapa jenis data telah dikenalpasti sebagai keperluan utama dalam kajian ini. Data yang diperlukan termasuk kedudukan tepat pili bomba, peta asas kawasan INSTUN serta data tambahan seperti maklumat geografi dan topografi kawasan sekitar. Data ini adalah asas bagi pembangunan peta web yang tepat dan berguna untuk pengguna.

Data yang digunakan dalam kajian ini diperolehi daripada dua sumber utama iaitu sumber data primer dan sumber data sekunder. Sumber data primer dikumpulkan melalui perolehan data koordinat pili bomba dalam bentuk longitud dan latitud dari Seksyen Keselamatan INSTUN seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.1. Manakala, sumber data sekunder termasuk peta asas yang diperolehi daripada Google Satellite seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.2. Data sekunder ini melengkapkan data primer dan membantu dalam menghasilkan peta yang lebih komprehensif. Selain itu, perisian QGIS digunakan untuk mengintegrasikan data primer dan sekunder. Data yang dikumpulkan kemudian disusun dalam format yang sesuai untuk diproses lebih lanjut dalam perisian GIS.



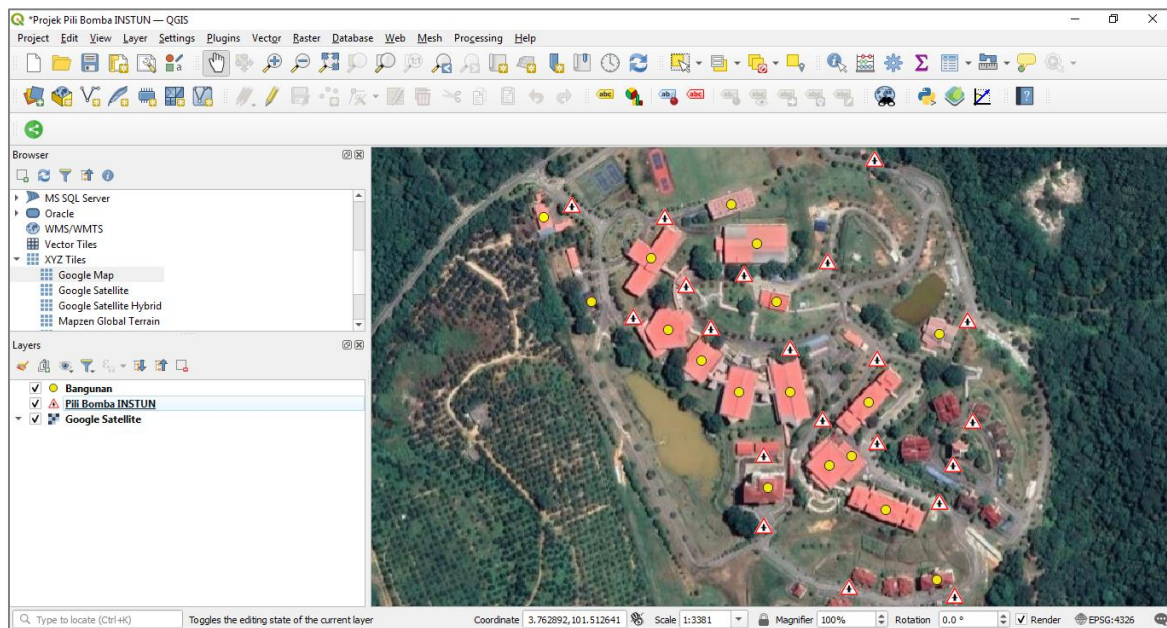
Rajah 3.1: Sumber data primer dalam bentuk longitud dan latitud diperoleh dari Seksyen Keselamatan INSTUN



Rajah 3.2: Sumber data sekunder diperoleh daripada Google Satellite

3.2 Pemprosesan Data

Data yang dikumpulkan perlu melalui proses pembersihan untuk memastikan tiada kesalahan atau ketidakseragaman. Ini termasuklah penapisan data yang tidak relevan dan pembetulan koordinat yang tidak tepat. Proses ini penting bagi memastikan data yang digunakan adalah tepat dan boleh dipercayai. Sistem rujukan World Geographical System (WGS84) digunakan untuk memastikan keseragaman dalam semua data spatial yang diproses. Penyelarasan ini memudahkan integrasi data daripada pelbagai sumber dan memastikan peta yang dihasilkan adalah tepat dari segi geografi. Data yang telah diproses disusun dalam beberapa lapisan (*layers*) dalam QGIS. Setiap lapisan mewakili elemen yang berbeza seperti peta asas, lapisan kedudukan pili bomba dan lapisan maklumat bangunan utama di INSTUN. Penyusunan lapisan ini membolehkan pengguna untuk melihat dan menganalisis data dengan cara yang lebih teratur dan berkesan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.3.

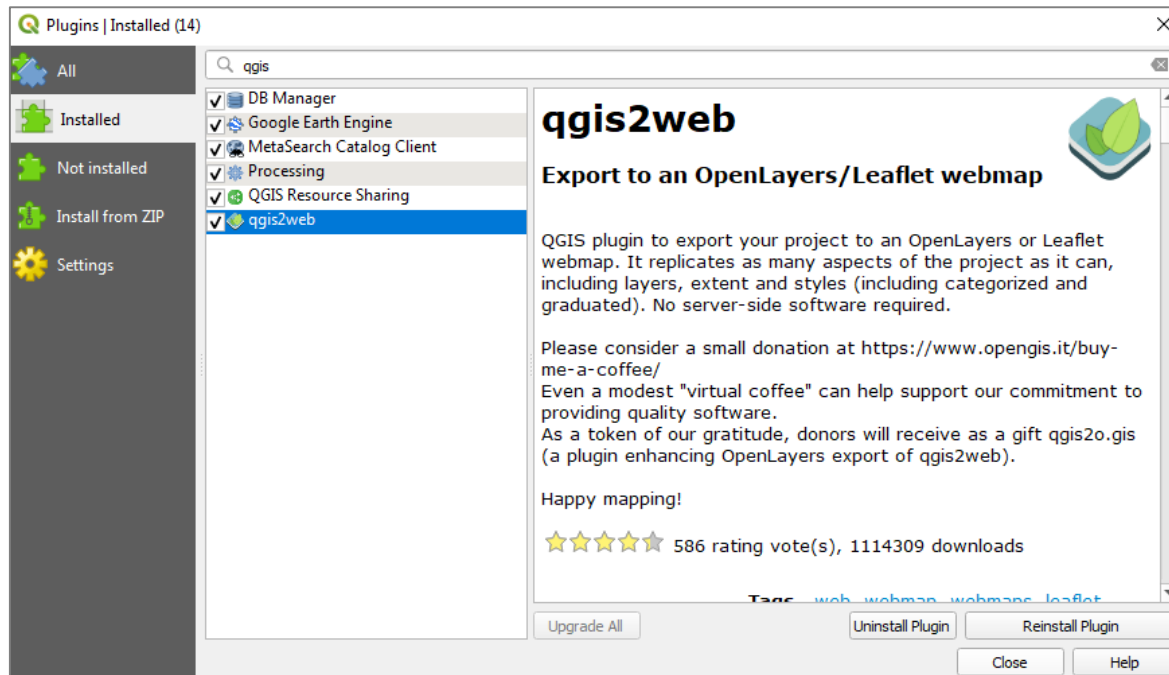


Rajah 3.3: Integrasi data daripada pelbagai sumber

3.3 Pembangunan Peta Web

3.3.1 Pemilihan Perisian dan Alatan (*Tools*)

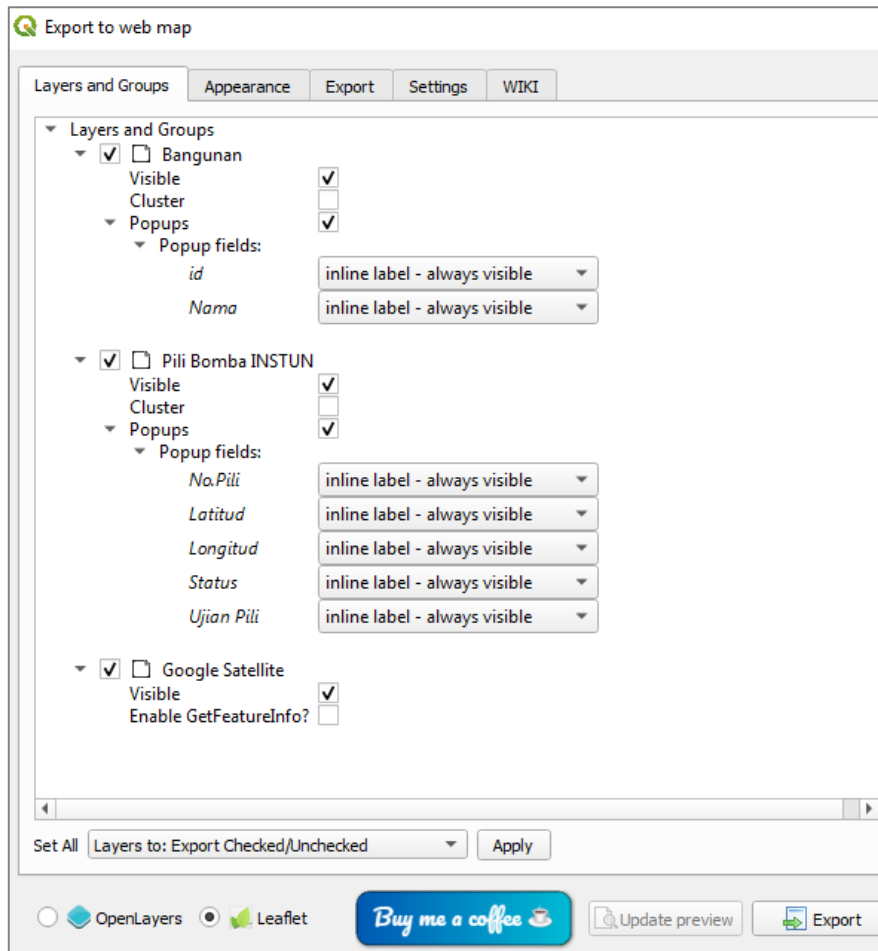
QGIS dipilih sebagai perisian utama dalam pembangunan peta web interaktif ini kerana kemampuannya untuk mengendalikan data spatial dengan efektif. *Plugin* seperti QGIS2Web digunakan untuk memudahkan proses eksport peta ke dalam format web (rujuk Rajah 3.4). Alatan (*tools*) ini dipilih kerana kebolehannya untuk menghasilkan peta interaktif yang dapat diakses melalui pelayar web.



Rajah 3.4: Plugin QGIS2Web dalam QGIS

3.3.2 Reka Bentuk Peta

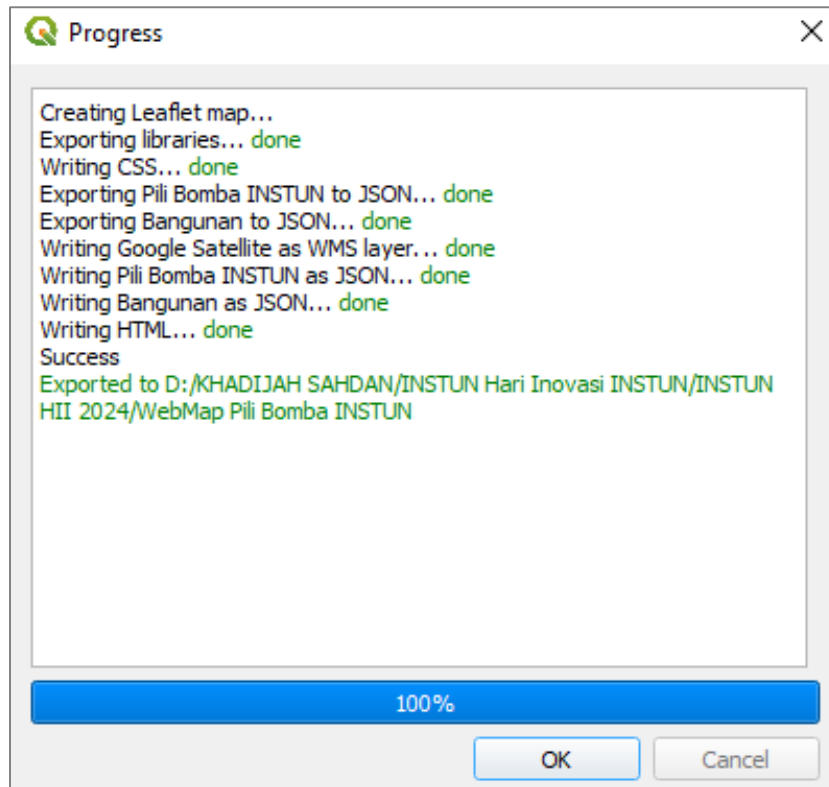
Proses reka bentuk peta melibatkan penyediaan paparan data yang menarik dan mudah difahami. Fungsi interaktif seperti *zoom*, *pan* dan *select* ditambah untuk meningkatkan kebergunaan peta. Reka bentuk ini juga memastikan pengguna dapat mengakses maklumat dengan mudah termasuk kedudukan pili bomba dan ciri-ciri geografi kawasan sekitarnya seperti yang ditunjukkan pada Rajah 3.5.



Rajah 3.5: Penyediaan paparan data dalam QGIS2Web

3.3.3 Eksport Peta ke Format Web

Setelah peta direka dan diuji dalam QGIS, ia dieksport ke format web menggunakan *plugin* QGIS2Web. Proses ini melibatkan penukaran peta ke dalam format HTML dan JavaScript (rujuk Rajah 3.6), membolehkan ia diakses dan dilihat melalui pelayar web.



Rajah 3.6: Proses penukaran peta ke dalam format HTML dan JavaScript

3.4 Pengujian Peta Web

3.4.1 Pengujian Kebergunaan

Setelah peta web dibangunkan, pengujian kebergunaan dilakukan dengan melibatkan pegawai di Seksyen Keselamatan INSTUN. Pegawai diberikan akses kepada peta web dan diminta untuk memberikan maklum balas mengenai kemudahan penggunaan, paparan maklumat, dan fungsi interaktif. Maklum balas ini digunakan untuk menilai sejauh mana peta web memenuhi keperluan pengguna amnya dan pegawai di Seksyen Keselamatan INSTUN khususnya.

3.4.2 Penilaian Ketepatan Data

Ketepatan data yang dipaparkan di peta web dinilai dengan membandingkan hasil peta dengan data asal yang dikumpulkan. Penilaian ini memastikan bahawa semua maklumat terutama kedudukan pili bomba adalah tepat dan sesuai dengan data geospasial yang dikumpulkan.

3.4.3 Penambahbaikan Berdasarkan Maklum Balas

Penambahbaikan dilakukan untuk memperbaiki peta web berdasarkan maklum balas yang diterima dan hasil penilaian ketepatan data. Ini termasuklah pembetulan sebarang ralat yang ditemui serta penambahbaikan dari segi reka bentuk dan fungsi interaktif peta.

3.5 Pelaksanaan Peta Web

Setelah semua penambahbaikan dilakukan, peta web boleh diakses oleh semua kakitangan dan pihak berkepentingan di INSTUN pada bila-bila masa menggunakan pautan yang telah dijana. Latihan juga diberikan khasnya kepada pegawai di Seksyen Keselamatan INSTUN untuk memastikan mereka dapat menggunakan peta web dengan cekap. Latihan ini merangkumi penggunaan asas, navigasi peta serta cara mendapatkan maklumat yang diperlukan melalui peta web.

4.0 Hasil Kajian

Pembangunan peta web interaktif ini melibatkan beberapa proses seperti pengumpulan data geospasial, analisis kedudukan pili bomba serta pembangunan antaramuka peta web interaktif.

4.1 Pengumpulan Data Geospasial

Proses pengumpulan data geospasial adalah langkah pertama dalam membangunkan peta web ini. Data mengenai kedudukan pili bomba diperoleh daripada pihak INSTUN yang menyediakan maklumat koordinat geografi dan atribut berkaitan seperti nombor pili, status dan tarikh terakhir pemeriksaan dan ujian pili. Data tersebut kemudian dimuat naik ke dalam QGIS seperti yang ditunjukkan pada Rajah 4.1. Hasil menunjukkan terdapat 20 pili bomba yang aktif di INSTUN.

QGIS window title: Pili Bomba INSTUN — Features Total: 20, Filtered: 20, Selected: 0

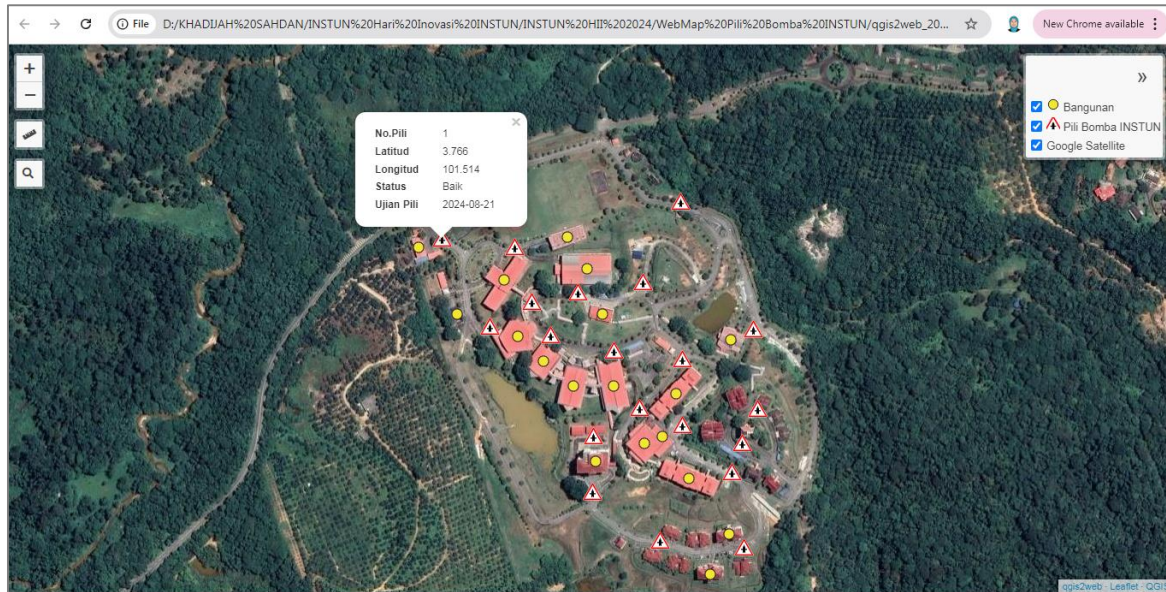
No.Pili	Latitud	Longitud	Status	Ujian Pili
1	3.76575000000...	101.5143249999...	Baik	21/8/2024
2	3.76563700000...	101.5152429999...	Baik	21/8/2024
3	3.76464900000...	101.5149289999...	Baik	21/8/2024
4	3.76621100000...	101.5173190000...	Baik	21/8/2024
5	3.76461200000...	101.5182340000...	Baik	21/8/2024
6	3.76318400000...	101.5180919999...	Baik	21/8/2024
7	3.76361400000...	101.5182839999...	Baik	21/8/2024
8	3.76281900000...	101.5179610000...	Baik	21/8/2024
9	3.76340900000...	101.5173460000...	Baik	21/8/2024
10	3.76423500000...	101.5173410000...	Baik	21/8/2024
11	3.76363200000...	101.5168039999...	Baik	21/8/2024
12	3.76433900000...	101.5164790000...	Baik	21/8/2024
13	3.76453800000...	101.5156929999...	Baik	21/8/2024
14	3.76495700000...	101.5154550000...	Baik	21/8/2024
15	3.76507100000...	101.5160300000...	Baik	21/8/2024
16	3.76519800000...	101.5168500000...	Baik	21/8/2024
17	3.76188600000...	101.5181130000...	Baik	21/8/2024

Bottom button: Show All Features

Rajah 4.1: Jadual atribut bagi kedudukan pili bomba di INSTUN

4.2 Pembangunan Peta Web Interaktif

Pembangunan peta web interaktif dilakukan dengan menggunakan QGIS2Web iaitu satu *plug-in* QGIS yang membolehkan data dipaparkan secara interaktif di atas pelayar web. Peta web ini membolehkan pengguna melihat lokasi pili bomba secara interaktif serta mendapatkan maklumat tambahan seperti nombor pili, status dan tarikh terakhir pemeriksaan dan ujian pili (rujuk Rajah 4.2). Peta ini juga dilengkapi dengan fungsi cari (*search*) untuk memudahkan pengguna mencari pili bomba mengikut lokasi atau atribut tertentu.



Rajah 4.2: Peta web interaktif kedudukan pili bomba di INSTUN

4.3 Ujian Keberkesanan Peta Web

Ujian keberkesanan peta web dijalankan bagi menilai prestasi dan kebergunaan sistem. Beberapa ujian dijalankan dengan melibatkan pegawai Seksyen Keselamatan INSTUN dan staf INSTUN sebagai pengguna akhir. Ujian ini melibatkan aspek ketepatan data, kelajuan capaian serta kebergunaan antaramuka peta. 85% daripada responden menyatakan bahawa peta ini memudahkan mereka untuk mengenal pasti kedudukan pili bomba, manakala 10% menyatakan terdapat kelewatan dalam memuatkan data di kawasan yang mempunyai sambungan internet yang lemah.

Secara keseluruhannya, peta web interaktif yang dibangunkan menggunakan QGIS berjaya mencapai matlamat kajian iaitu untuk memaparkan kedudukan pili bomba di INSTUN secara lebih interaktif dan mudah diakses. Walaupun terdapat beberapa kekangan dari segi kelajuan capaian di kawasan tertentu, peta ini memberikan kemudahan yang signifikan kepada pihak pengurusan INSTUN dan pasukan bomba dalam merancang dan menguruskan keselamatan kebakaran. Hasil kajian ini menunjukkan bahawa teknologi Sistem Maklumat Geografi (GIS) memainkan peranan penting dalam meningkatkan kecekapan pengurusan aset keselamatan seperti pili bomba terutamanya di kawasan yang luas seperti INSTUN.

5.0 Kesimpulan

Pembangunan peta web interaktif menggunakan Quantum Geographical Information System (QGIS) untuk memetakan kedudukan pili bomba di Institut Tanah dan Ukur Negara (INSTUN) telah mencapai hasil yang signifikan. Melalui kajian ini, sebuah peta digital yang interaktif dan mudah digunakan telah berjaya dihasilkan. Peta web interaktif ini memaparkan lokasi-lokasi pili bomba dengan tepat serta maklumat tambahan seperti no pili dan tarikh ujian pili. Peta web interaktif ini menawarkan pelbagai kelebihan berbanding peta konvensional termasuk akses melalui peranti mudah alih seperti telefon pintar dan peranti tablet sekali gus memudahkan pengguna untuk mendapatkan maklumat terkini mengenai kedudukan pili bomba di mana sahaja dan bila-bila masa.

Ciri-ciri interaktif seperti *zoom in* dan *zoom out* serta pencarian lokasi membolehkan pengguna untuk meneliti peta dengan lebih terperinci. Hasil kajian ini menunjukkan bahawa QGIS merupakan sebuah perisian yang berkuasa dan fleksibel dalam membangunkan peta web interaktif. Dengan menggunakan QGIS, data geospasial dapat dipaparkan dan dipersembahkan dengan menarik dan efektif. Peta web interaktif yang dihasilkan dalam kajian ini mempunyai potensi yang besar untuk diaplikasikan dalam pelbagai bidang seperti pengurusan bencana, perancangan bandar, dan pengurusan aset.

Kajian ini juga menunjukkan bahawa penggunaan perisian sumber terbuka seperti QGIS mempunyai kelebihan yang signifikan berbanding dengan perisian GIS berlesen. Antara kelebihan utama ialah kos yang lebih rendah, fleksibiliti dalam pengubahsuaian dan sokongan komuniti yang kuat. Selain itu, QGIS juga mempunyai ciri-ciri yang canggih dan boleh disesuaikan untuk memenuhi keperluan khusus organisasi seperti pengurusan kedudukan pili bomba di INSTUN. Walau bagaimanapun, terdapat beberapa cabaran yang perlu dihadapi dalam pembangunan peta web interaktif ini termasuk keperluan untuk pengetahuan teknikal yang mendalam dalam penggunaan QGIS dan teknologi web serta keperluan untuk kemas kini data secara berkala untuk memastikan ketepatan dan kebolehpercayaan maklumat yang dipaparkan.

Oleh itu, penyelenggaraan dan pemantauan berterusan adalah penting untuk memastikan peta web interaktif ini kekal relevan dan berguna. Secara keseluruhan, pembangunan peta web interaktif bagi kedudukan pili bomba di INSTUN menggunakan QGIS telah memberikan manfaat yang besar kepada organisasi. Kajian ini dapat meningkatkan kecekapan dan keberkesanan pengurusan kedudukan pili bomba serta membantu dalam membuat keputusan yang lebih tepat dan pantas. Dengan penggunaan teknologi GIS sumber terbuka, INSTUN dapat mencapai matlamatnya dalam pengurusan dan pengawasan kedudukan pili bomba secara efektif.

Diharapkan peta ini dapat dimanfaatkan sepenuhnya oleh pihak pengurusan INSTUN dan pihak-pihak berkepentingan yang lain. Kajian lanjut boleh dijalankan untuk memperluaskan skop peta web interaktif ini contohnya dengan mengintegrasikan data-data lain seperti laluan kecemasan dan kawasan berkumpul. Sehubungan itu, peta web interaktif ini akan terus memberikan nilai tambah dalam pengurusan dan penyelenggaraan pili bomba di INSTUN.

RUJUKAN

- Abdul Karim, S., Ahmad, N., & Yusuf, N. (2020). Penentuan lokasi strategik pili bomba menggunakan GIS: Satu kajian di Selangor. *Jurnal Keselamatan Awam Malaysia*, 12(1), 23-34.
- Ahmad, N., & Ismail, R. (2020). Utilization of GIS in government agencies for sustainable urban planning in Malaysia. *Journal of Urban Management*, 7(2), 155-162.
- Ahmad, S., & Ibrahim, R. (2020). Pembangunan kepakaran tempatan melalui penggunaan perisian sumber terbuka GIS. *Jurnal Teknologi dan Inovasi*, 19(2), 78-90.
- Ahmad, S., Rahman, A. R., & Latif, M. (2020). Penggunaan Perisian Sumber Terbuka GIS dalam pengurusan sumber hutan: Kajian kes di Jabatan Perhutanan Sabah. *Jurnal Pengurusan Sumber Alam*, 15(2), 45-58.
- Ahmed, S., Mahmood, R., & Shafiq, S. (2019). Flood risk mapping using GIS and remote sensing: A case study of the Indus river basin. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(3), 785-795.
- Cavazzi, S., & Edward, A. (2021). The evolution of GIS in urban planning and disaster management. *Geospatial Research Letters*, 12(2), 124-135.
- Cavazzi, S., Johnson, P., & Edward, A. (2022). Data management in GIS: The role of PostgreSQL and PostGIS. *International Journal of GIS*, 38(4), 275-290.
- Fernandez, M., & Silva, D. (2021). Web mapping using QGIS and GeoServer: A case study on environmental monitoring. *Journal of Environmental Informatics*, 36(4), 105-118.
- Gibson, R., Williams, T., & Lee, K. (2020). The rise of QGIS as an open-source alternative for geospatial analysis. *GIScience and Remote Sensing*, 57(2), 150-162.
- Goodchild, M., & Li, L. (2020). Geospatial data science and the role of GIS in the future. *Annals of the American Association of Geographers*, 110(2), 256-276.
- Hamid, F., & Noor, R. (2022). Kelemahan pengurusan data lokasi pili bomba secara manual dan penyelesaiannya menggunakan GIS. *Jurnal Pengurusan Bencana dan Kecemasan*, 8(2), 67-80.
- Hassan, M., Ahmad, S., & Rahim, N. (2020). GIS-based analysis of road accident hotspots in Malaysia. *Journal of Traffic Safety*, 12(3), 45-58.
- Hassan, R., Ahmad, S., & Rahim, N. (2021). Pembangunan peta web interaktif untuk pengurusan kecemasan jalan raya menggunakan QGIS. *Journal of Traffic Safety*, 18(1), 45-60.

Huang, Y., & Wang, Z. (2021). A comparative study of QGIS and ArcGIS in spatial data analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, 35(3), 499-512.

Ibrahim, M., & Hashim, A. (2018). Pengurusan data lokasi pili bomba: Cabaran kaedah tradisional di Malaysia. *Jurnal Teknologi Maklumat dan Pengurusan Data*, 10(3), 45-58.

Ismail, H., & Abdul Rahman, R. (2020). Analisis jarak pili bomba dengan bangunan berisiko tinggi menggunakan GIS di Johor Bahru. *Jurnal Geospasial Malaysia*, 15(2), 90-104.

Jones, C., & Duckham, M. (2020). Spatial analysis in GIS: Methods and applications. *Progress in Human Geography*, 44(6), 1120-1134.

Lim, K. L., Zain, A., & Abdullah, N. (2019). Penggunaan QGIS dalam pemantauan kebakaran hutan di kawasan pedalaman Malaysia. *Journal of Environmental Monitoring*, 25(3), 34-49.

Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., & Rhind, D. (2019). *Geographic information systems and science* (5th ed.). Wiley.

Maguire, D., & Batty, M. (2019). GIScience and spatial analysis: A review of tools and techniques. *International Journal of Geographical Information Science*, 33(9), 1493-1510.

Martinez, A., Lopez, J., & Fernandez, L. (2021). Real-time wildfire monitoring using GIS and remote sensing. *Fire Ecology Journal*, 17(2), 89-105.

Omar, A., Shamsuddin, N., & Ahmad, H. (2019). Penggunaan GIS dalam menentukan lokasi pili bomba di Kuala Lumpur. *Jurnal Teknologi GIS Malaysia*, 11(4), 112-125.

Perez, C., Martinez, F., & Diaz, G. (2022). Developing interactive maps using QGIS2Web: A tutorial for beginners. *Geospatial Information Science*, 29(1), 112-120.

Smith, A., Brown, R., & Jones, P. (2021). Mapping and spatial analysis using GIS: Challenges and advancements. *Journal of Urban Planning and Development*, 147(1), 112-124.

Smith, A., Jones, P., & Brown, R. (2019). The application of QGIS in urban planning and development. *Journal of Urban Studies*, 44(1), 89-101.

Williams, P., Hino, M., & Tanaka, S. (2020). Utilizing GIS for earthquake and tsunami evacuation planning in Japan. *Disaster Management Review*, 35(4), 256-268.

Wilson, J., & Johnson, M. (2022). Utilizing PostgreSQL and QGIS for efficient spatial data management. *Geographic Information Systems Review*, 37(3), 78-90.

Zakaria, M. S., Tan, L., & Mohamad, R. (2020). Sistem pemantauan banjir berasaskan peta web interaktif menggunakan QGIS. *Jurnal Pengurusan Bencana Malaysia*, 12(2), 67-80.

Zulkifli, M. R., Shafie, A., & Jamaludin, S. (2021). Integrasi data geospasial dalam penentuan lokasi pili bomba di Johor menggunakan GIS. *Jurnal Pengurusan Geospasial*, 18(3), 55-68.