

# SISTEM MAKLUMAT GEOGRAFI DALAM PEMILIHAN TELAGA BAGI KEGUNAAN MANGSA BANJIR DI JAJAHAN KUALA KRAI, KELANTAN

Nasir Nayan, Mohmadisa Hashim, Yazid Saleh, Hanifah Mahat & Koh Liew See

Jabatan Geografi dan Alam Sekitar, Fakulti Sains Kemanusiaan,  
Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak

e-mail: nasir@fsk.upsi.edu.my

## Abstrak

Telaga yang berada di luar kawasan banjir adalah salah satu daripada sumber yang boleh digunakan dalam memberi bekalan kepada mangsa banjir, ini kerana bekalan air bersih adalah masalah utama dalam kalangan mangsa banjir ketika bencana banjir melanda. Artikel ini bertujuan untuk menentukan telaga yang boleh dimanfaatkan ketika banjir di Jajahan Kuala Krai, Kelantan. Kaedah lapangan dan sistem maklumat geografi (GIS) telah digunakan dalam proses pemilihan pusat pemindahan mangsa banjir dan tapak telaga. Data yang digunakan adalah data ruangan yang diperolehi secara primer iaitu data telaga, data pusat pemindahan sementara (PPS) dan data kawasan banjir. Data telaga dan PPS diperolehi melalui kaedah cerapan lapangan untuk menentukan kedudukan telaga dengan menggunakan alatan sistem penentuan lokasi global (GPS). Maklumat PPS diperolehi secara sekunder daripada pelbagai agensi dan dikumpulkan ke dalam GIS sebagai atribut. Data kawasan banjir diperolehi secara sekunder dan didigit semula menggunakan perisian ArcGIS 10.1. Pemprosesan data dibahagikan kepada dua peringkat iaitu pemilihan PPS berdasarkan dua kriteria iaitu keterjejasan PPS terhadap banjir dan jumlah kapasiti mangsa tertinggi. Seterusnya adalah pemilihan lokasi telaga berdasarkan tiga kriteria iaitu i) tidak terkesan banjir, ii) jarak paling dekat dengan pusat pemindahan mangsa banjir terpilih dan iii) berada di lokasi berbeza. Analisis GIS digunakan adalah analisis lokasi, analisis tindakan, dan analisis jarak terdekat. Dapatan menunjukkan empat (4) buah PPS banjir terpilih dan mencapai kriteria yang ditetapkan iaitu SMK Sultan Yahya Petra 2, SMK Manek Urai Lama, SMK Laloh dan SK Kuala Gris. Manakala enam (6) buah telaga terpilih sebagai sumber air yang boleh dimanfaatkan oleh mangsa banjir di 4 pusat pemindahan mangsa banjir terpilih dalam membantu untuk membekalkan bekalan air bersih iaitu Kg. Keroh 16 (T1), Kg. Batu Mengkebang 10 (T2), Lapan Meranti (T3), Kg. Budi (T4), Kg. Jelawang Tengah 2 (T5) dan Kg. Durian Hijau 1 (T6). Dengan adanya lokasi sumber air telaga yang boleh dimanfaatkan semasa banjir, bekalan air bersih dapat diagihkan kepada mangsa banjir di pusat pemindahan. Secara tidak langsung, kajian seperti ini dapat mengurangkan kesan banjir pada masa hadapan terutama dalam aspek bekalan air bersih walaupun dilanda banjir besar.

**Kata kunci :** bekalan air bersih, telaga, bencana banjir, Jajahan Kuala Krai

## Pengenalan

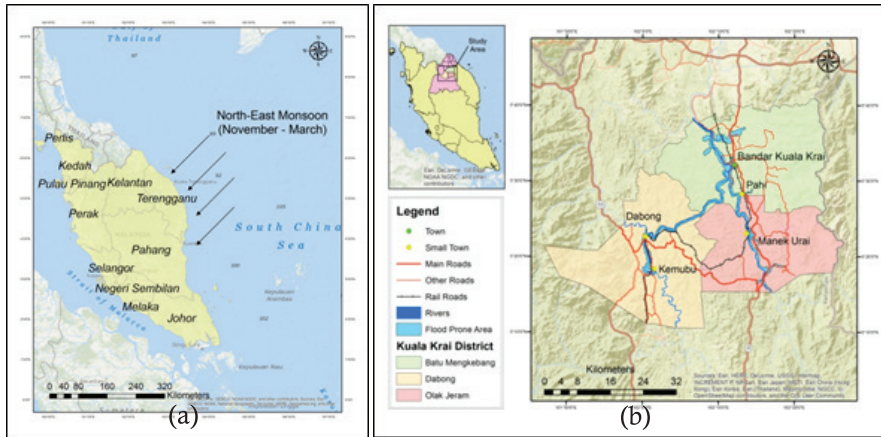
Bekalan air bersih memainkan peranan penting semasa bencana banjir bagi menampung penggunaan air dalam kalangan mangsa banjir terutama di pusat pemindahan. Hal ini kerana mangsa yang terkesan banjir sering menghadapi masalah kesukaran untuk memperoleh sumber bekalan air bersih untuk kegunaan domestik di pusat pemindahan. Masalah ini disebabkan oleh faktor sistem bekalan air diberhentikan akibat kerosakan kemudahan bekalan air yang ditenggelami air banjir. Keadaan ini seterusnya menyebabkan bekalan air bersih tidak dapat disalurkan kepada mangsa. Kenaikan air banjir mampu menyebabkan kerosakan pada infrastruktur bekalan air seperti pam dan peralatan rawatan air (McCluskey, 2001). Kerosakan ini seterusnya boleh menjejaskan kesihatan penduduk dan meningkatkan risiko penyebaran penyakit bawaan air semasa banjir akibat daripada kesukaran memperoleh air minuman yang bersih (Bariweni, Tawari, & Abowei, 2012; Shimi et al., 2010). Antara masalah bekalan air yang sering dihadapi mangsa semasa banjir di Malaysia adalah pencemaran sumber air, kemusnahan kemudahan bekalan air, pencemaran air minum dan rebakan penyakit bawaan air (Benacer et al., 2016). Antara penyakit yang biasa berkaitan dengan banjir adalah malaria, taun, penyakit mata dan penyakit kulit (Few, Tran, & Hong, 2004; Abbas & Routray, 2014). Oleh itu, langkah penerokaan sumber air bersih untuk kegunaan semasa banjir adalah sangat penting dalam memastikan mangsa banjir memperoleh bekalan air bersih yang sepatutnya.

Oleh itu, artikel ini disediakan bagi menunjukkan bagaimana penentuan lokasi telaga bagi mengagihkan bekalan air kepada mangsa di pusat pemindahan semasa bencana banjir berlaku. Menurut Rahm, Swatuk, dan Matheny (2006), air bawah tanah yang diperolehi melalui telaga memberikan sumber air yang paling stabil. Penentuan lokasi telaga ini akan menggunakan GIS. Secara umumnya, GIS merupakan sistem maklumat yang digunakan dalam konteks geografi dan diaplikasikan dalam pelbagai bidang yang berkaitan dengan fenomena permukaan bumi (Nasir, 2010). Menurut Hinton (1996), kaedah analisis ruangan dalam GIS telah lama diaplikasikan dalam proses pencarian telaga dan penerokaan sumber air bawah tanah seperti penyelidikan yang pernah dilakukan oleh Al-Abadi, Al-Temmeme, dan Al-Ghanimy (2016); Cunningham dan Daniel (2001); Vander-Post dan McFarlane (2007). GIS juga merupakan alat yang boleh membantu pengurusan dataran banjir dalam mengenal pasti kawasan berisiko banjir (Abbas et al., 2009).

Dengan itu, perisian GIS digunakan dalam kajian ini untuk mengenal pasti telaga yang tidak ditenggelami banjir dengan pusat pemindahan mangsa banjir yang terjejas banjir. Jelas VanderPost dan McFarlane (2007), teknologi GIS juga digunakan sebagai alat sokongan untuk penerokaan air bawah tanah di kawasan-kawasan besar di negara-negara membangun dengan maklumat pemetaan asas yang kurang dan ketersediaan data digital yang rendah. Oleh itu, kajian ini penting dalam proses pencarian sumber air yang boleh dimanfaatkan mangsa banjir di seluruh Jajahan Kuala Krai seterusnya dapat mengatasi masalah air semasa banjir dalam kalangan mangsa di pusat pemindahan.

## **Kawasan dan Metodologi**

Jajahan Kuala Krai, Kelantan menjadi kawasan kajian yang terletak di pantai timur Semenanjung Malaysia. Jajahan Kuala Krai terdiri daripada tiga daerah iaitu Batu Mengkebang, Olak Jeram dan Dabong. Daerah Batu Mengkebang merupakan kawasan paling membangun berbanding daerah lain kerana terdapat Bandar Kuala Krai yang menjadi kawasan tumpuan penduduk. Jajahan Kuala Krai mempunyai bentuk muka bumi yang berbukit bukau yang mana sempadan barat dan timur merupakan kawasan tanah tinggi dengan ketinggian melebihi 300 meter dan kurang daripada 100 meter di Bandar Kuala Krai (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa, 2011). Puncak Gunung Stong di Daerah Dabong merupakan puncak tertinggi di Jajahan Kuala Krai dengan ketinggian 1,800 meter. Oleh itu, kawasan yang sering terdedah kepada banjir adalah Bandar Kuala Krai, Pahi, Manek Urai, Lela Jasa dan Dabong kerana kawasan ini merupakan kawasan rendah yang terletak di sepanjang Sungai Kelantan. Faktor utama yang menyebabkan kawasan tersebut banjir adalah faktor hujan lebat pada musim tengkujuh menyebabkan berlaku limpahan air Sungai Kelantan, Sungai Lebir dan Sungai Galas. Rajah 1(a) menunjukkan kawasan yang terdedah kepada hujan monsun timur laut pada setiap tahun. Jajahan Kuala Krai adalah termasuk dalam kawasan yang mengalami banjir yang teruk semasa berlakunya banjir besar pada tahun akhir 2014 (Rajah 1b). Pelbagai permasalahan berkaitan dengan pusat pemindahan banjir dan penduduk yang terkesan banjir telah dilaksanakan dan dalam program perancangan untuk dilaksanakan bagi menghadapi masalah yang sama pada masa akan datang.

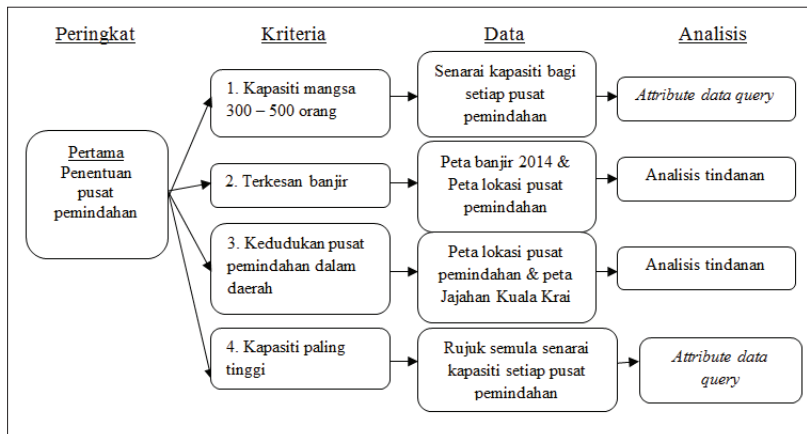


**Rajah 1:** (a) Kawasan terdedah kepada hujan monsun timur laut pada bulan November hingga Mac, (b) kawasan banjir di Jajahan Kuala Krai pada tahun 2014

Reka bentuk kajian yang digunakan adalah reka bentuk penerokaan (*Exploratory Research Design*). Kaedah lapangan telah digunakan untuk memperoleh data primer iaitu koordinat lokasi telaga dengan bantuan penduduk kampung. Jenis telaga yang dipilih adalah telaga terbuka (*open well*). Data sekunder turut dikumpul iaitu senarai pusat pemindahan mangsa banjir di Jajahan Kuala Krai. Kaedah analisis yang digunakan adalah *attribute data query* menggunakan GIS dan *Microsoft Excel* (Kang, 2008). Analisis lokasi (*locational analysis*) juga digunakan untuk memplot lokasi telaga dan pusat pemindahan mangsa banjir yang terdapat di Jajahan Kuala Krai. Kajian ini juga melibatkan analisis tindanan (*overlay analysis*). Bagi pengukuran jarak pula analisis berdekatan (*proximity analysis*) digunakan iaitu *point distance* yang merupakan alat pengukur jarak antara setiap titik dalam lapisan titik dan semua titik dalam lapisan lain (Kang, 2008). Menurut Dahlgren dan Harrie (2007), analisis berdekatan adalah teknik analisis asas yang penting dalam menggambarkan hubungan kebolehcapaian (*accessibility*) dan boleh digunakan untuk memantau perubahan dalam kebolehcapaian dari masa ke masa. Dalam proses pemilihan lokasi sama ada telaga atau pusat pemindahan mangsa banjir telah menggunakan kaedah *site selection* iaitu kaedah untuk menentukan lokasi yang optimum yang akan memenuhi kriteria pemilihan (Rikalovic, Cosic, & Lazarevic, 2014).



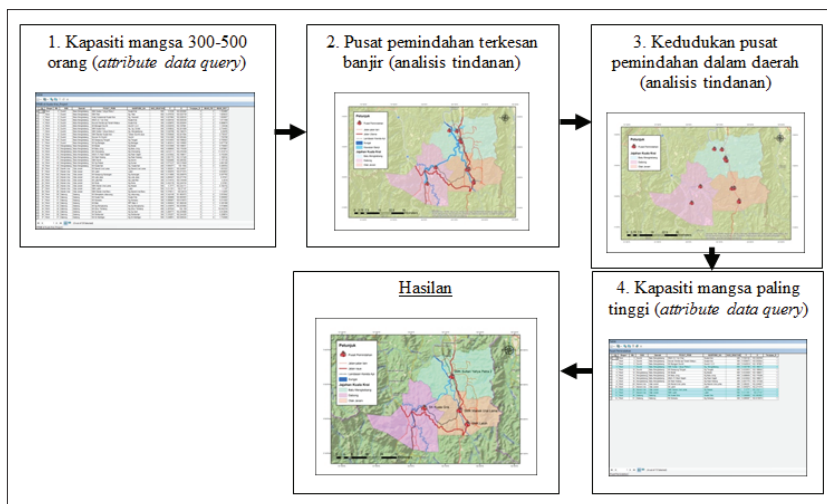
Berdasarkan Rajah 2, turutan pemilihan pusat pemindahan saringan pertama berdasarkan kriteria sama ada pusat itu terjejas banjir dan kapasiti mangsa banjir paling tinggi bagi setiap daerah di Jajahan Kuala Krai yang ditentukan secara berstruktur. Bagi mencapai kriteria kapasiti mangsa banjir antara 300 hingga 500 orang, *attribute data query* dilakukan untuk menyingkirkan pusat pemindahan yang mempunyai kapasiti 300 ke bawah. Seterusnya analisis tindakan peta banjir 2014 dengan peta lokasi pusat pemindahan dilakukan bagi mengenal pasti pusat pemindahan yang terkesan banjir. Analisis tindakan juga digunakan untuk mengenal pasti kedudukan pusat pemindahan dalam tiga daerah dengan melibatkan peta lokasi pusat pemindahan dan peta Jajahan Kuala Krai. Proses terakhir adalah mengenal pasti pusat pemindahan yang mempunyai kapasiti paling tinggi menggunakan *attribute data query*. Proses ini boleh dilihat seperti dalam Rajah 3.



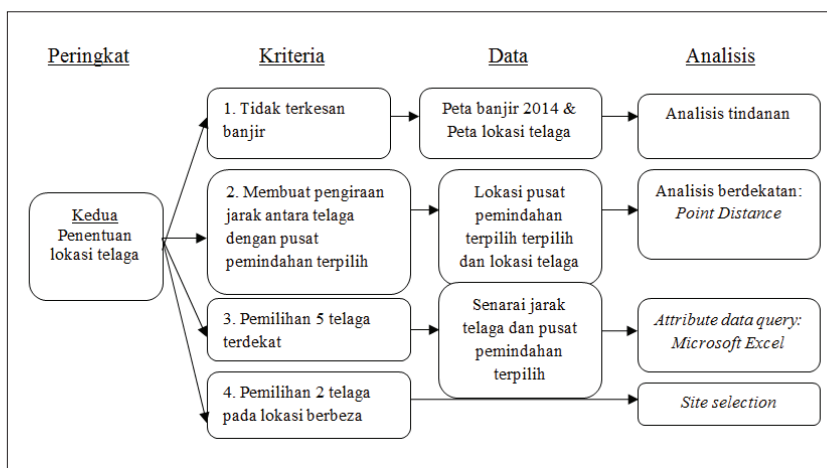
**Rajah 2:** Turutan penentuan lokasi pusat pemindahan mengikut kriteria

Setelah pusat pemindahan mangsa banjir dipilih, penentuan lokasi telaga dilakukan bagi menyediakan bekalan air domestik kepada pusat pemindahan mangsa banjir terpilih semasa bencana banjir. Penentuan lokasi telaga dilakukan berdasarkan tiga kriteria iaitu tidak terkesan banjir, jarak paling dekat dengan pusat pemindahan mangsa banjir terpilih dan berada di lokasi yang berbeza. Rajah 4 menunjukkan turutan penentuan lokasi telaga. Pada kriteria pertama, analisis tindakan peta banjir 2014 dan peta lokasi telaga dilakukan untuk menentukan telaga yang tidak terkesan banjir. Seterusnya, pengiraan jarak antara telaga dengan pusat pemindahan terpilih dilakukan menggunakan analisis berdekatan iaitu *point distance*. Kemudian, lima buah telaga terdekat dipilih menggunakan kaedah *attribute data query* dengan bantuan *Microsoft Excel*.

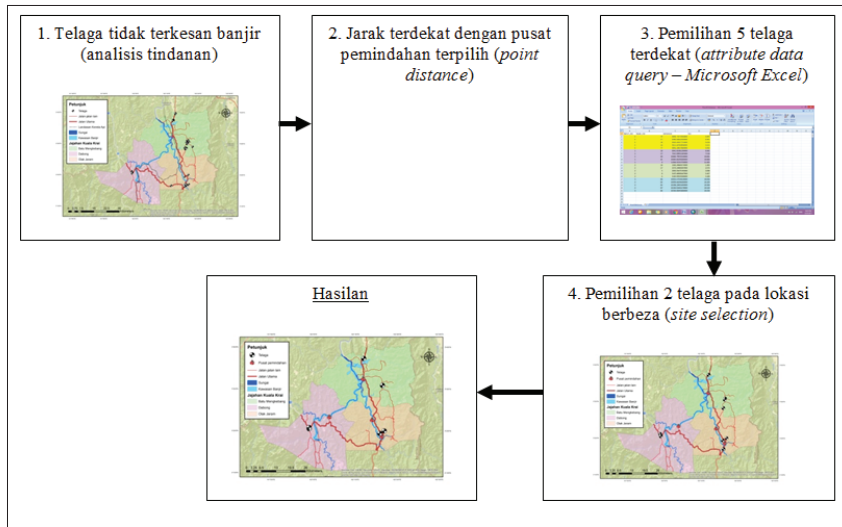
Penentuan awal ini bertujuan untuk memudahkan penentuan kriteria terakhir iaitu pemilihan dua telaga pada lokasi berbeza. Penentuan awal telaga terdekat ini bergantung pada bilangan pensampelan telaga dalam sesebuah kajian. Pemilihan dua telaga telah dilakukan menggunakan *site selection*. Proses ini boleh dilihat seperti dalam Rajah 5.



Rajah 3: Turutan penentuan pusat pemindahan



Rajah 4: Turutan penentuan lokasi telaga mengikut kriteria

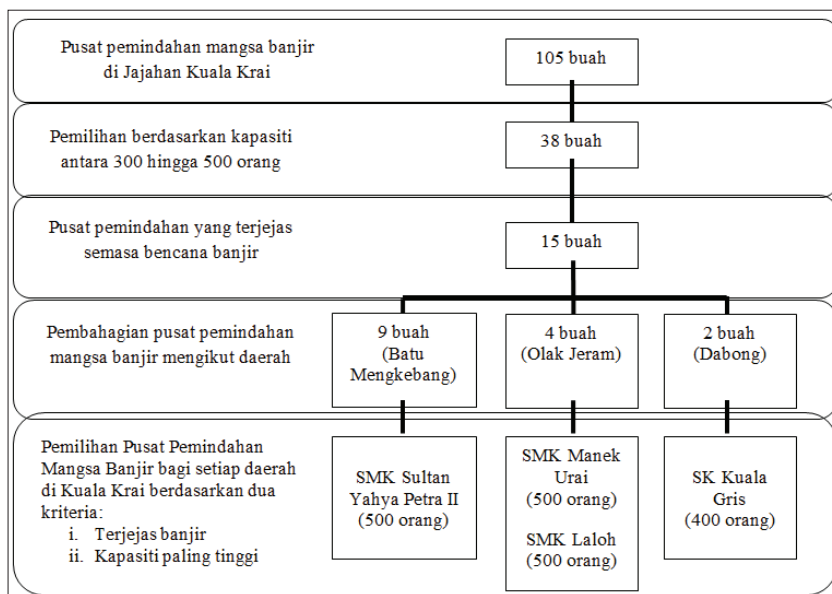


Rajah 5: Turutan penentuan lokasi telaga

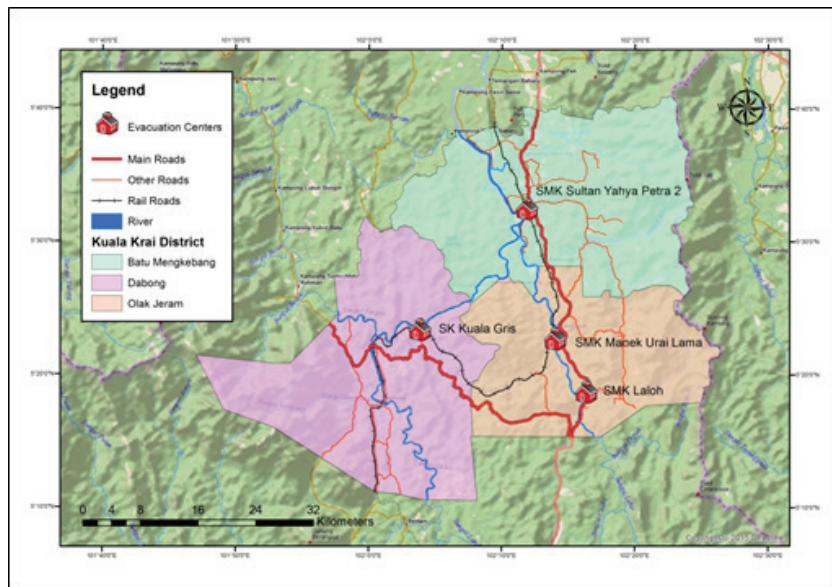
## Dapatan dan Perbincangan

### Pemilihan Pusat Pemindahan Mangsa Banjir

Rajah 6 menunjukkan aliran pemilihan pusat pemindahan mangsa banjir secara berstruktur. Hasil analisis pusat pemindahan menunjukkan sebanyak empat buah pusat pemindahan mangsa banjir telah dipilih iaitu SMK Sultan Yahya Petra II di Daerah Batu Mengkebang, SMK Manek Urai dan SMK Laloh di Daerah Olak Jeram dan SK Kuala Gris di Daerah Dabong untuk diagihkan bekalan air bersih semasa banjir. Pusat pemindahan tersebut merupakan pusat yang terjejas ketika banjir melanda dan mempunyai kapasiti tertinggi dalam setiap daerah. Rajah 7 menunjukkan lokasi pusat pemindahan terpilih bagi mengatasi masalah bekalan air bersih semasa bencana banjir.



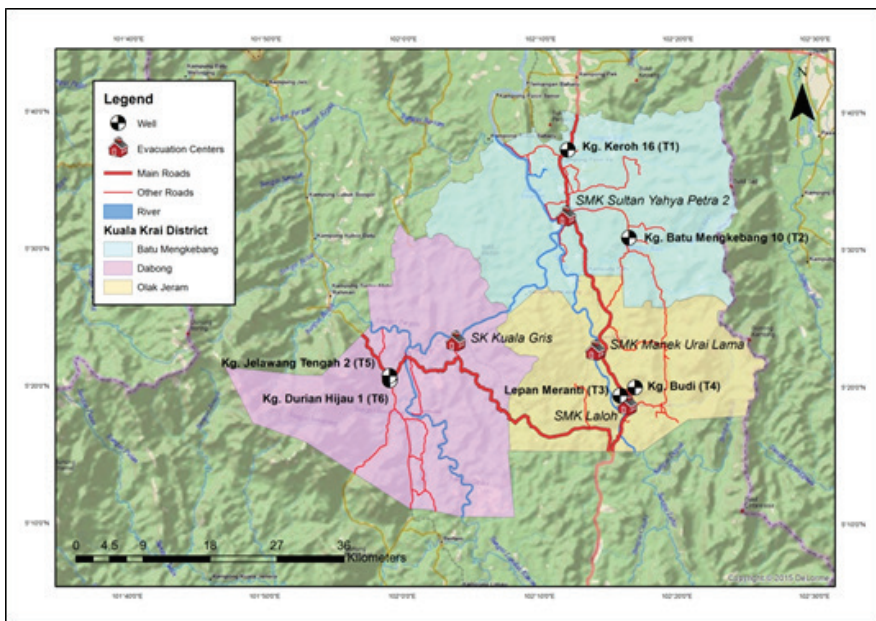
Rajah 6: Pemilihan pusat pemindahan mangsa banjir secara berstruktur



Rajah 7: Lokasi empat pusat pemindahan terpilih

### Pemilihan Lokasi Telaga Yang Boleh Dimanfaatkan Oleh Mangsa Di Pusat Pemindahan Terpilih

Berdasarkan Rajah 8 menunjukkan lokasi telaga yang boleh dimanfaatkan oleh mangsa banjir di empat pusat pemindahan terpilih. Hasil pemprosesan data mendapati sebanyak 6 buah telaga boleh dimanfaatkan oleh mangsa banjir iaitu Kg. Keroh 16 (T1), Kg. Batu Mengkebang 10 (T2), Lapan Meranti (T3), Kg. Budi (T4), Kg. Jelawang Tengah 2 (T5) dan Kg. Durian Hijau 1 (T6) setelah mengambil kira tiga kriteria utama iaitu tidak terjejas banjir, jarak paling dekat dengan pusat pemindahan mangsa banjir terpilih dan berada di lokasi yang berbeza.



**Rajah 8:** Lokasi stesen air telaga (T1-T6) terdekat dengan pusat pemindahan mangsa banjir terpilih

Bagi setiap empat pusat pemindahan mangsa banjir terpilih telah memilih sebanyak dua stesen telaga dengan jarak yang paling dekat supaya dapat mengagihkan sumber air semasa bencana banjir. Berdasarkan Jadual 1 menunjukkan senarai telaga terdekat bagi empat pusat pemindahan mangsa banjir terpilih. Di daerah Batu Mengkebang, telaga terdekat bagi pusat pemindahan mangsa banjir SMK Sultan Yahya Petra II adalah telaga Kg. Keroh 16 (T1) dengan jarak 8.895km dan telaga Kg. Batu Mengkebang 10 (T2) dengan jarak 8.991km.



Bagi pusat pemindahan mangsa banjir SMK Manek Urai Lama dan SMK Laloh mempunyai telaga terdekat yang sama iaitu telaga Lapan Meranti (T3) dan telaga Kg. Budi (T4). Jarak antara SMK Manek Urai Lama dengan stesen T3 adalah 6.942km dan stesen T4 adalah 7.316km, manakala jarak antara SMK Laloh pula dengan stesen T3 adalah 1.583km dan stesen T4 adalah 2.573km. Di SK Kuala Gris pula, jarak telaga terdekat adalah telaga Kg. Jelawang Tengah 2 (T5) dengan jarak 10.056 km dan telaga Kg. Durian Hijau 1 (T6) dengan jarak 10.308 km.

**Jadual 1:** Telaga terdekat bagi pusat pemindahan mangsa banjir terpilih

| Bil. | Daerah          | Pusat pemindahan mangsa banjir | Telaga                                      | Stesen | Jarak terdekat |
|------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------------------|--------|----------------|
| 1    | Batu Mengkebang | SMK Sultan Yahya Petra II      | Kg. Keroh 16<br>Kg. Batu Mengkebang 10      | T1     | 8.895          |
|      |                 |                                |                                             | T2     | 8.991          |
| 2    | Olak Jeram      | SMK Manek Urai Lama            | Lapan Meranti<br>Kg. Budi                   | T3     | 6.942          |
|      |                 |                                |                                             | T4     | 7.316          |
|      |                 | SMK Laloh                      | Lapan Meranti<br>Kg. Budi                   | T3     | 1.583          |
|      |                 |                                |                                             | T4     | 2.573          |
| 3    | Dabong          | SK Kuala Gris                  | Kg. Jelawang Tengah 2<br>Kg. Durian Hijau 1 | T5     | 10.056         |
|      |                 |                                |                                             | T6     | 10.308         |

Hasil analisis pemetaan menunjukkan terdapat enam telaga boleh dimanfaatkan oleh mangsa banjir ketika berada di pusat pemindahan iaitu Kg. Keroh 16 (T1), Kg. Batu Mengkebang 10 (T2), Lapan Meranti (T3), Kg. Budi (T4), Kg. Jelawang Tengah 2 (T5) dan Kg. Durian Hijau 1 (T6). Keenam-enam telaga ini boleh disalurkan dengan adanya pengurusan bekalan air yang sistematik terutama dalam aspek pengagihan bekalan air supaya air dapat disalurkan kepada mangsa banjir di pusat pemindahan dengan baik. Secara tidak langsung, penggunaan GIS berperanan penting dalam proses penerokaan sumber bekalan air bersih dengan menentukan lokasi telaga yang dimanfaatkan ketika banjir melalui proses pemetaan. Tegas Elbeih (2015), pemetaan mengenai air bawah tanah merupakan salah satu alat utama untuk pembangunan sumber air bawah tanah yang cekap dan terkawal.

Oleh itu, penentuan lokasi telaga merupakan langkah penting dalam mengatasi masalah bekalan air semasa banjir, terutama sebaran penyakit bawaan air. Metod ini secara tidak langsung menjadi pendekatan baru dalam pencarian bekalan air bersih terutama kepada pihak pengurus bekalan air. Keadaan ini dapat membantu pihak berkuasa membuat keputusan dalam mengatasi masalah bekalan air apabila bencana banjir ekstrem berlaku seperti kejadian banjir pada tahun 2014.

## **Kesimpulan**

Kesimpulannya, langkah penentuan lokasi air telaga yang boleh dimanfaatkan oleh mangsa penting dalam mengatasi masalah bekalan air semasa bencana banjir. Di samping dapat meningkatkan ketersampaian bekalan air kepada mangsa banjir dengan adanya sistem pengagihan air yang baik. Tambahan, GIS pula merupakan alat yang sangat penting dalam membantu proses penerokaan sumber air bawah tanah di sesebuah kawasan untuk mengatasi masalah bekalan air ketika banjir. Sebaliknya, ketiadaan bekalan air bersih semasa bencana banjir mampu meningkatkan lagi kesan banjir dalam kalangan mangsa di pusat pemindahan terutama sebaran penyakit bawaan air.

## **Penghargaan**

Terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi dan Universiti Pendidikan Sultan Idris melalui Pusat Pengurusan Penyelidikan dan Inovasi (RMIC) yang menyediakan dana Geran Penyelidikan Universiti TOPDOWN KPT (kod penyelidikan: 2015-0191-106-41 TOPDOWN KPT) bagi menjalankan kajian berkaitan dengan artikel ini.

## Rujukan

- Abbas, H. B., & Routray, J. K. (2014). Vulnerability to flood-induced public health risks in Sudan. *Disaster Prevention and Management*, 23(4), 395–419.
- Abbas, S. H., Srivastava, R. K., Tiwari, R. P., & Bala Ramudu, P. (2009). GIS-based disaster management. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 20(1), 33–51.
- Al-Abadi, A. M., Al-Temmeme, A. A., & Al-Ghanimy, M. A. (2016). A GIS-based combining of frequency ratio and index of entropy approaches for mapping groundwater availability zones at Badra–Al Al-Gharbi–Teeb areas, Iraq. *Sustainable Water Resources Management*, 2(3), 265–283.
- Bariweni, P. A., Tawari, C. C., & Abowei, J. F. N. (2012). Some environmental effects of flooding in the Niger Delta Region of Nigeria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1(1), 35–46.
- Benacer, D., Kwai, L. T., Ng, C. M., Khebir, V., Galloway, R. L., Hartskeerl, R. A. & Siti Nursheena, M. Z. (2016). Epidemiology of human leptospirosis in Malaysia, 2004–2012. *Acta Tropica*, 157, 162–168.
- Cunningham, W. L., & Daniel, C. C. (2001). *Investigation of ground-water availability and quality in Orange County, North Carolina*. US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Dahlgren, A., & Harrie, L. (2007). Development of a tool for proximity applications. In *10th AGILE International Conference on Geographic Information Science*. Aalborg University, Denmark.
- Elbeih, S. F. (2015). An overview of integrated remote sensing and GIS for groundwater mapping in Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, 6(1), 1–15.
- Few, R., Tran, P. G., & Hong, B. T. T. (2004). *Living with floods: Health risks and coping strategies of the urban poor in Vietnam*. Retrieved April 12, 2016, from [https://www.uea.ac.uk/polopoly\\_fs/1.19249!study\\_reportfinal.pdf](https://www.uea.ac.uk/polopoly_fs/1.19249!study_reportfinal.pdf)
- Hinton, J. C. (1996). GIS and remote sensing integration for environmental applications. *International Journal of Geographical Information Science*, 10(7), 877–890.

- Jabatan Perancangan Bandar dan Desa. (2011). *Draf rancangan tempatan Jajahan Kuala Krai 2020: Jilid I pernyataan bertulis*. Semenanjung Malaysia: Jabatan Perancangan Bandar dan Desa.
- Kang, T. C. (2008). *Introduction to Geographic Information Systems*. United States: McGraw-Hill.
- McCluskey, J. (2001). Water supply, health and vulnerability in floods. *Waterlines*, 19(3), 14–17.
- Nasir, N. (2010). *Manual ArcGIS: Amali ArcMap dan ArcCatalog*. Tanjong Malim: Penerbit Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Rahm, D., Swatuk, L., & Matheny, E. (2006). Water resource management in Botswana: Balancing sustainability and economic development. *Environment, Development and Sustainability*, 8(1), 157–183.
- Rikalovic, A., Cosic, I., & Lazarevic, D. (2014). GIS based multi-criteria analysis for industrial site selection. *Procedia Engineering*, 69, 1054–1063.
- Shimi, A. C., Parvin, G. ., Biswas, C., & Shaw, R. (2010). Impact and adaptation to flood: A focus on water supply, sanitation and health problems of rural community in Bangladesh. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 19(3), 298–313.
- VanderPost, C., & McFarlane, M. (2007). Groundwater investigation in developing countries, using simple GIS tools to facilitate interdisciplinary decision making under poorly mapped conditions: The Boteti area of the Kalahari region in Botswana. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9(4), 343–359.