

## Pencirian Geohazard Tanah Runtuh Pendam Lama di Kawasan Bukit Fraser, Pahang (Geohazard Characterization of Long Latent Landslides in the Fraser's Hill Area, Pahang)

NUR SYARIENNA RAZMI, MOHD ROZI UMOR\*, MOHD HARIRI ARIFIN, NORBERT SIMON, NORASIAH SULAIMAN &  
NOR SHAHIDAH MOHD NAZER

*Program Geologi, Jabatan Sains Bumi dan Alam Sekitar, Fakulti Sains dan Teknologi,  
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia*

*Diserahkan: 22 September 2023/Diterima: 8 April 2024*

### ABSTRAK

Bukit Fraser terletak di kawasan berbukit di Malaysia, kewujudan tanah runtuh pendam lama menimbulkan kebimbangan. Objektif kajian ini adalah untuk memperoleh pemahaman menyeluruh tentang keadaan tanah runtuh pendam lama melalui integrasi empat pendekatan utama iaitu analisis topografi, pemetaan lapangan, analisis petrografi dan kaedah keberintangan geoelektrik. Gabungan kesemua kaedah ini bertujuan untuk mengumpulkan data yang diperlukan bagi menggambarkan dengan tepat morfologi, sifat geologi dan keadaan subpermukaan. Lima garis tinjauan keberintangan geoelektrik telah dijalankan di pelbagai lokasi di sekitar kawasan Bukit Fraser. Bukit Fraser dicirikan oleh batuan granit sebagai unit geologi utama. Jenis batu, jenis tanah, tanah baki, zon tanah runtuh, zon sesar dan kehadiran jasad air yang ditentukan berdasarkan nilai keberintangan iaitu batu dasar granit ( $> 2000 \Omega\text{m}$ ), jenis tanah termasuk lempung dan lodak ( $50 - 200 \Omega\text{m}$ ), zon tanah runtuh ( $<100 \Omega\text{m}$ ), tanah baki ( $200 - 2000 \Omega\text{m}$ ), zon sesar ( $200 - 500 \Omega\text{m}$ ) dan jasad air ( $<100 \Omega\text{m}$ ). Zon tanah runtuh pendam lama ditafsirkan berdasarkan peta topografi dan data Interferometric Synthetic Aperture Radar (ifSAR). Sebanyak 81 lokasi tanah runtuh terletak di zon tanah runtuh pendam lama direkodkan dari Januari 2021 hingga Mac 2022. Analisis petrografi dilakukan ke atas lima sampel batuan menunjukkan bahawa canggaan berlaku pada batuan, mineral yang terluluhawa, feldspar dihancurkan dan kuarza dihancurkan menjadi butiran kecil. Kesimpulannya, analisis topografi menunjukkan zon tanah runtuh pendam lama di kawasan kajian mengikut ciri seperti kerawang di bahagian kepala, cerun cekung di bahagian tengah serta topografi cembung dan morfologi seperti bentuk sudu. Maklumat ini membantu dalam kerja lapangan, analisis petrografi dan kaedah keberintangan geoelektrik. Analisis petrografi membantu memahami canggaan dan mineral. Kajian keberintangan geoelektrik telah dijalankan menggunakan zon yang ditafsirkan, tetapi hasil profil subpermukaan menunjukkan hanya garis tinjauan FH2 dan FH4 terletak di dalam zon tanah runtuh pendam lama.

Kata kunci: Keberintangan geoelektrik; petrografi; tanah runtuh pendam lama

### ABSTRACT

Fraser's Hill is in a hilly area, the existence of old dormant landslide raises concerns. The objective of this study was to obtain a comprehensive understanding of the conditions of the old dormant landslides through the integration of four main approaches, namely topographic analysis, field mapping, petrographic analysis and geoelectrical resistivity methods. The combination of these methods is intended to collect the necessary data to describe the morphology, geological properties, and subsurface conditions accurately. Five lines of geoelectrical resistivity surveys were conducted at various locations around Fraser's Hill. Granitic rocks characterise Fraser's Hill as a major geological unit. Rock type, soil type, residual soil, landslide zone, fault zone and the presence of water bodies are determined based on the resistivity values, namely granite bedrock ( $> 2000 \Omega\text{m}$ ), soil types including loam and loam ( $50-200 \Omega\text{m}$ ), landslide zone ( $<100 \Omega\text{m}$ ), residual soil ( $200-2000 \Omega\text{m}$ ), fault zone ( $200-500 \Omega\text{m}$ ) and water body ( $<100 \Omega\text{m}$ ). The old latent landslide zone was interpreted based on topographic maps and Interferometric Synthetic Aperture Radar (ifSAR) data. A total of 81 landslide locations located in the old dormant landslide zone were recorded from January 2021 to March 2022. Petrographic analysis carried out on five rock samples showed that collisions occurred in rocks, weathered minerals, feldspar, and quartz, which were crushed into small grains. In conclusion, topographic analysis showed a zone of old dormant landslides in the study area according to characteristics such as arcuate crown, concave upper slope and convex lower slope and morphology such as spoon shape. This information helps in fieldwork, petrographic analysis and geoelectrical resistivity methods. Petrographic analysis helps to understand the structure and geology. Geoelectrical resistivity studies were conducted using interpreted zones, but subsurface profiling results showed that only the FH2 and FH4 survey lines were located within the old dormant landslide zone.

Keywords: Geoelectrical resistivity; old dormant landslide; petrographic

## PENGENALAN

Tanah runtuh pendam lama merupakan geobencana yang mungkin telah kekal tidak bergerak untuk tempoh yang lama dan mempunyai potensi untuk pengaktifan semula disebabkan faktor pencetus yang sama atau berbeza seperti geografi, iklim, hidrologi dan aktiviti antropogenik (Alemayo & Eritro 2021; Esposito et al. 2021; Mengistu et al. 2019). Tanah runtuh dianggap sebagai salah satu peristiwa semula jadi yang paling berbahaya, yang mendorong penggunaan pelbagai pendekatan untuk menggambarkan ciri geografi tanah runtuh dan mengkaji keadaan kestabilan serta luas aktiviti geobencana (Hussain et al. 2019). Mengenal pasti zon tidak aktif dalam tanah runtuh pendam lama merupakan satu cabaran, terutamanya disebabkan oleh tumbuhan yang tebal meliputi kawasan ini, menjadikan ia tersembunyi daripada pemerhatian manusia (Tajul Anuar, Norasiah & Nor Shahidah 2020). Menurut *The International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory* (1990), tanah runtuh yang dikelaskan sebagai tidak aktif ditandai dengan ketiadaan pergerakan dalam tempoh 12 bulan sebelumnya.

Mengikut Khazaradze et al. (2020) walaupun pergerakan dan pembentukan tanah runtuh yang perlahan, jasad tanah runtuh yang pendam lama ini tetap dalam keadaan aktif. Kewujudan tanah runtuh pendam lama hampir hilang, tersembunyi oleh luluhawa dan pertumbuhan tumbuhan yang menebal. Kemudian, tanah runtuh yang lama atau tua juga diletupi dengan siri runtuh tanah yang baru menyebabkan ciri asal tanah runtuh terdahulu tidak kelihatan dan semakin mencabar untuk dikesan. Tanah runtuh pendam lama yang tidak aktif boleh dikenal pasti melalui pengumpulan koluvium di bahagian lantai lembah, percabangan Y di bahagian atas lereng, teres berlapis dan perbezaan dalam kepadatan tumbuhan berbanding dengan lereng sekitar (Aleotti & Chowdhury 1999; Carrara 1993; Guzzetti et al. 1999; Hutchinson 1995; Tajul Anuar, Norasiah & Nor Shahidah 2020). Zon tanah runtuh tidak aktif juga memberikan manfaat sosioekonomi kepada komuniti dalam hal kesuburan pertanian (Tajul Anuar, Norasiah & Nor Shahidah 2020). Batu-batuan besar sering mengalami luluhawa menjadi batu-batu kecil, bahan serpihan dan tanah di kawasan berbukit (Wang et al. 2021).

Permukaan batuan granit mengalami proses luluhawa yang tinggi, menghasilkan tanah baki. Keadaan ini sesuai untuk berlakunya tanah runtuh (Hirata & Chigira 2019; Saffari et al. 2019; Wu et al. 2022). Lapisan tanah baki tebal meliputi lebih daripada 80% kawasan tanah di Malaysia (Saffari et al. 2019), lebih daripada 75% permukaan di Malaysia diliputi oleh tanah baki terurai daripada granit, sedimen dan metasedimen serta lebih kurang 50% permukaan tanah di Semenanjung Malaysia terdiri daripada batuan granit (Abdul Samad et al. 2018). Menurut Tajul Anuar, Norasiah dan Nor Shahidah (2020),

tanah runtuh pendam lama berskala besar yang tidak aktif boleh dipetakan sebagai morfologi kerawang yang berlekuk yang tiba-tiba menjadi lebih curam daripada lereng bukit. Pandangan dari udara menunjukkan morfologi yang hampir seperti sudu dan bahagian bawah kawasan tanah runtuh adalah landai.

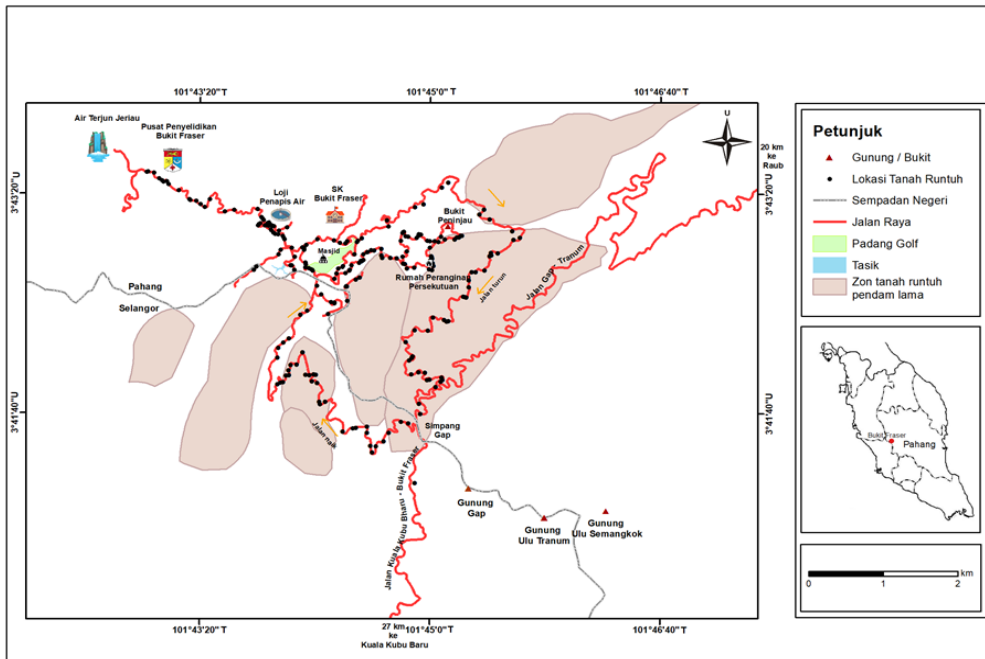
## KAWASAN KAJIAN

Bukit Fraser juga dikenali sebagai 'Little England' adalah sebuah bandar tempatan atau pusat penempatan utama di Mukim Tras, Daerah Raub, Pahang. Ia adalah kawasan ekopelancongan dan tanah tinggi yang menekankan konsep Kampung Inggeris (Imau, Rosniza Aznie & Norela 2018). Ia terletak di Banjaran Utama Titiwangsa dan dikelilingi oleh hutan hujan tropika yang meliputi kawasan seluas 28,049 kilometer persegi serta mengekalkan suhu sekitar 18 hingga 20 darjah celsius sepanjang tahun (Er et al. 2013; Imau, Rosniza Aznie & Norela 2018; Rosniza Aznie et al. 2016). Batuan granit di sekitar Bukit Fraser merupakan sebahagian daripada Granit Banjaran Utama dan telah terbentuk pada Zaman Trias akhir hingga Jura awal semasa kemuncak perlanggaran antara terrane Sibumasu dan terrane Indochina (Hutchison 2014). Bukit Fraser terletak pada ketinggian 1500 meter dari paras laut (Mohamed et al. 2016).

Banyak laporan dan kejadian tanah runtuh telah menyebabkan penutupan jalan tertentu di kawasan Bukit Fraser. Sebanyak 139 kejadian tanah runtuh dikesan sepanjang pendakian dan penurunan Bukit Fraser, dengan 60 daripadanya dilaporkan menjejaskan jalan raya pada 3 Januari 2021 (Bernama 2021a). Dua kejadian tanah runtuh dan pokok tumbang yang dipercayai disebabkan hujan lebat berlaku di jalan menuju Bukit Fraser pada 6 September 2021 (Bernama 2021b). Tinjauan menunjukkan bahawa kebanyakan kawasan tanah runtuh ditutup dengan kanvas plastik, beberapa di antaranya rosak dan ada juga batang pokok dan batu tergantung dengan tidak menentu, menunggu jatuh ke jalan raya (Abdul Rashid 2021). Terdapat tujuh lokasi runtuh sepanjang jalan Bukit Gap – Bukit Fraser, penutupan jalan telah dijalankan oleh Jabatan Kerja Raya Hulu Selangor bagi kerja - kerja pembersihan tanah runtuh dan pokok tumbang selama 6 hari daripada 21 Disember sehingga 26 Disember 2021 (Anon 2021). Sebanyak 231 tanah runtuh dikenal pasti semasa kerja lapangan dijalankan dari Januari 2021 sehingga Mac 2022 di sepanjang laluan ke Bukit Fraser (Rajah 1).

## GEOLOGI AM KAWASAN KAJIAN

Bukit Fraser terletak di batolit granit Banjaran Utama yang didominasi oleh granit biotit (Mohamad Anuri et al. 2013). Dua sesar utama, iaitu Sesar Kuala Lumpur dan Sesar Bukit



RAJAH 1. Peta zon tanah runtuh pendam lama dan taburan tanah runtuh di kawasan Bukit Fraser dari Januari 2021 sehingga Mac 2022

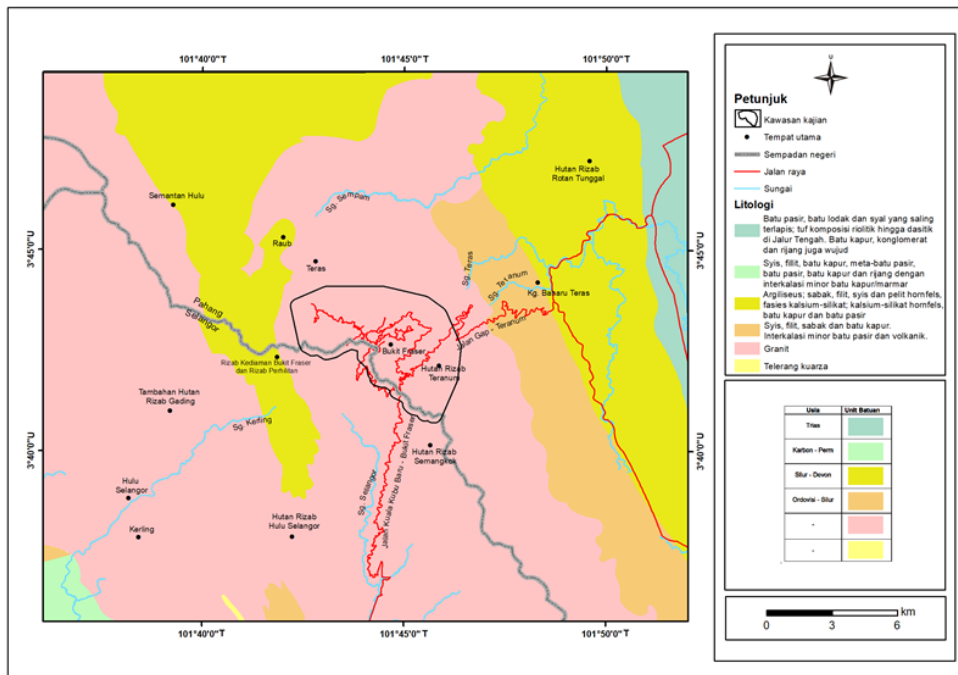
Tinggi, berpotongan dengan rangkaian bukit ini dan terdapat sesar-sesar kecil di dalamnya (Gobbet & Hutchinson 1973). Granit Bukit Fraser mengandungi kedua-dua varian berbutir halus dan berbutir kasar. Granit berbutiran halus biasanya lebih cenderung mengalami retakan daripada granit berbutiran kasar. Dipercayai bahawa granit yang ditemui terbentuk semasa zaman Mesozoik awal atau zaman Trias awal (Roe 1951).

Menurut penemuan kajian oleh Abdul Qayyum Jalal (2018), litologi di kawasan Bukit Fraser adalah granit. Kajian tersebut turut menyatakan bahawa corak aliran di kawasan ini adalah dendritik yang dipengaruhi oleh lineamen. Selain itu, analisis tanah makmal menunjukkan bahawa majoriti cerun yang dianalisis mempunyai kandungan pasir yang tinggi. Batuan dominan di kawasan Bukit Fraser adalah granit yang mempunyai radioaktiviti semula jadi yang tinggi. Batuan granit ini mengalami luluhawa dan terurai menjadi tanah. Tanah yang berasal daripada batuan ini berasid tinggi dikaitkan dengan kepekatan uranium, torium dan kalium yang tinggi (Ahmad Sanadi & Zaini Hamzah 2017). Peta geologi menunjukkan kawasan Bukit Fraser dan sekitarnya berada di sempadan Pahang dan Selangor dan terdiri daripada Granit Banjaran Utama (Rajah 2).

#### KAEDAH KAJIAN

Kaedah yang digunakan merangkumi tiga peringkat utama. Pada mulanya, zon tanah runtuh pendam ditandakan menggunakan gabungan peta topografi tahun 2014 Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM), data *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (ifsAR) tahun 2017 dan diproses menggunakan aplikasi ArcGIS10.5 bagi menentukan zon tanah runtuh pendam lama di kawasan kajian. Antara petunjuk utama dalam mengenal pasti zon ini adalah dengan melihat ciri topografi seperti topografi yang berbentuk sudu, bentuk kontur dan ciri tanah runtuh yang berkaitan, kerawang di bahagian kepala, topografi cembung dan beralun di bahagian kaki serta saliran berbentuk Y bercabang (Tajul Anuar 2019). Selepas itu, cerapan dan pengambilan data geologi am di lapangan dilakukan melalui cerapan singkapan dan tanah runtuh. Pengambilan data seperti gambar, kordinat lokasi, ciri tanah runtuh melibatkan sudut cerun, tinggi dan lebar runtuhan bagi menghasilkan inventori tanah runtuh.

Sebanyak 5 stesen cerapan singkapan batuan, 231 lokasi cerun dan 5 garis survei geofizik yang telah ditanda menggunakan alat Sistem Kedudukan Global (GPS) di kawasan Bukit Fraser (Rajah 2). Lima sampel batuan diambil hasil kerja lapangan dan telah dipilih untuk pencirian batuan seperti warna, tekstur dan mineral melalui

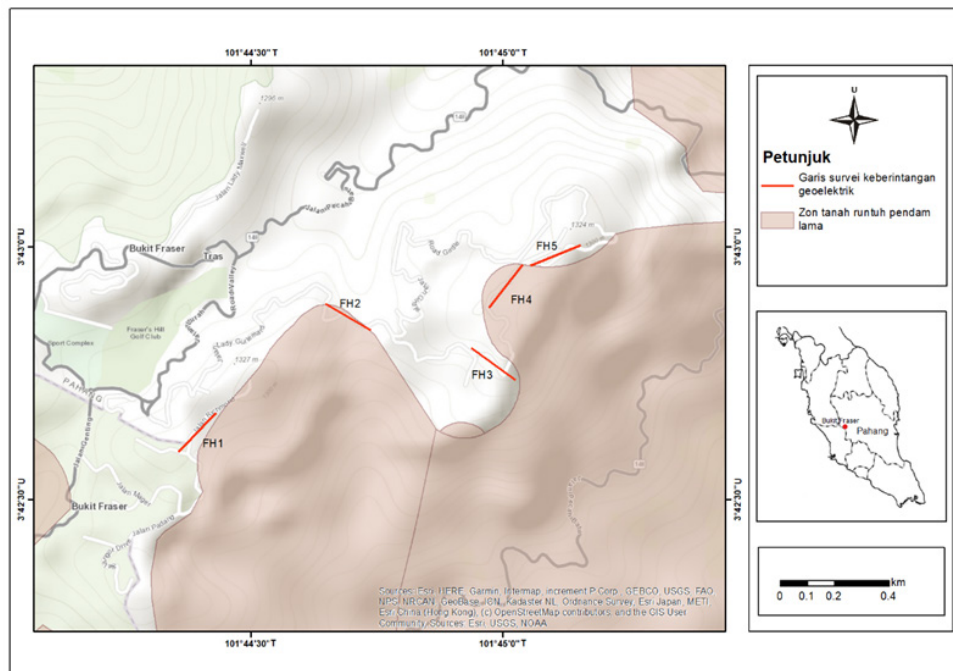


RAJAH 2. Peta geologi menunjukkan kawasan Bukit Fraser dan sekitarnya berada di sempadan Pahang dan Selangor dan terdiri Granit Banjaran Utama (Sumber: Jabatan Mineral dan Geosains 2014).

kajian petrografi dan penamaan batuan secara mod pembilangan titik batuan melalui keratan nipis batuan. Kaedah geofizik iaitu keberintangan geoelektrik dilakukan untuk mengetahui keadaan subpermukaan zon tanah runtuh pendam lama di kawasan kajian. Kemudian, lima garis survei yang ditandakan sebagai FH1 hingga FH5 telah dilaksana dengan panjang 200 meter (Rajah 3). Garis survei FH2, FH4 terletak di dalam zon tanah runtuh pendam lama, manakala garis survei FH1, FH3 dan FH5 diletakkan di luar zon tanah runtuh pendam lama seperti Rajah 3. Kriteria yang dipilih untuk memilih garis survei ini mestilah berada dalam dan luar zon tanah runtuh pendam lama, kawasan berpotensi untuk gagal serta kebolehcapaian topografi dalam mengambil data yang tepat. Konfigurasi Schlumberger digunakan untuk garis survei FH1, FH2 dan FH3 manakala konfigurasi dwikutub digunakan untuk garis survei FH4 dan FH5. Dua protokol elektrod yang berbeza digunakan untuk mengambil data bagi membandingkan data yang diperoleh dari segi kedalaman dan resolusi profil subpermukaan. Melalui susunan ini, setiap garis survei menggunakan 41 batang elektrod dan 42 klip yang disambungkan ke pemilih elektrod ABEM SAS1000 dan ES464 melalui dua kabel utama.

Konfigurasi elektrod yang digunakan semasa kajian perlu ditetapkan pada ABEM SAS1000 apabila memulakan pengambilan data. Konfigurasi elektrod ini merujuk kepada susunan elektrod tertentu yang digunakan dalam teknik keberintangan teraruh untuk mengalirkan arus elektrik ke dalam tanah dan mengukur beza keupayaan di bawah permukaan (Binley & Slater 2020). Susunan elektrod memainkan peranan penting dalam menentukan pengedaran arus elektrik dan kepekaan survei terhadap ciri bawah permukaan. Setelah data diperoleh, pemrosesan dan analisis data dijalankan dengan menggunakan perisian RED2DINV dengan data keberintangan lapangan diubah menjadi data keberintangan ketara untuk menghasilkan tafsiran imej bawah permukaan (Imani et al. 2021; Loke, Acworth & Dahlin 2003). Tafsiran data dilakukan apabila profil subpermukaan telah diproses dalam RES2DINV. Setelah profil keberintangan geoelektrik telah diproses, bahan bumi ditafsirkan berdasarkan kepada nilai keberintangan yang diperoleh. Setiap bahan bumi di bawah permukaan seperti jasad air, tanah, batuan, zon tanah runtuh, luluhawa dan sesar ditafsir berpandukan kepada nilai keberintangan daripada Keller dan Frischknecht (1966) dan kajian terdahulu.





RAJAH 3. Peta garis survei keberintangan geoelektrik di sekitarnya kawasan Bukit Fraser

## HASIL DAN PERBINCANGAN

### HASIL KAJIAN AWAL

Zon tanah runtuh pendam lama telah dipetakan dengan data daripada peta topografi tahun 2014 dengan sela 30 meter daripada Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM), data *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (ifSAR) tahun 2017. Zon yang ditanda berskala besar dan luas merangkumi Bukit Fraser dan kawasan sekitarnya. Zon tanah runtuh pendam lama di kawasan kajian dan ditindan dengan taburan tanah runtuh yang direkodkan telah ditunjukkan pada Rajah 1.

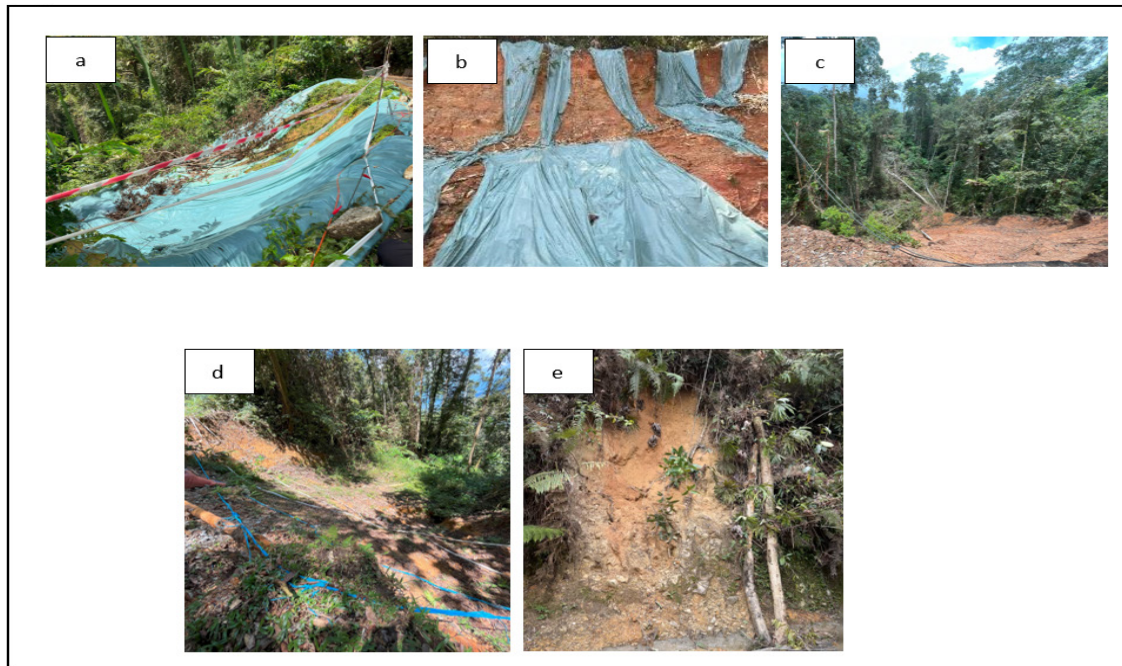
### HASIL KAJIAN LAPANGAN

Cerapan lapangan sekitar kawasan Bukit Fraser menunjukkan terdapat dua jenis batuan iaitu igneus dan metasedimen. Singkapan batuan granit dan metasedimen telah dijumpai di kawasan Air Terjun Jeriau. Selain itu, satu singkapan batuan granit juga telah dijumpai di lokasi survei geofizik FH4 dan satu singkapan granit di Sungai Chilling. Seterusnya, taburan tanah runtuh yang direkodkan semasa kerja lapangan adalah sebanyak 231 lokasi dan hanya 81 lokasi tanah runtuh daripada 231 lokasi tanah runtuh yang ditandakan berada di dalam zon tanah runtuh

pendam lama. Kesemuaan tanah runtuh yang direkodkan dari skala kecil, sederhana dan besar serta kebanyakannya di sepanjang jalan raya bahkan ada yang berlaku pada cerun yang sedang dibaik pulih. Rajah 4 menunjukkan 5 tanah runtuh yang terletak di dalam kawasan tanah runtuh pendam lama. Berdasarkan pemerhatian, terdapat tanah runtuh yang tertutup dengan kanvas dan pokok yang tumbang di sebahagian kawasan cerun yang berpotensi mengalami pergerakan baru, seperti dalam Rajah 4(a). Terdapat juga tanah runtuh berskala besar yang sedang dalam proses pemulihan cerun, namun pergerakan tanah yang masih berlaku telah menyebabkan pengalihan kanvas di jalan naik Bukit Fraser (Rajah 4(b)). Di samping itu, terdapat tanah runtuh jenis aliran debris yang membawa tumbuhan jauh ke bawah cerun di jalan turut Bukit Fraser dalam Rajah 4(c). Tanah runtuh yang baharu ditumbuhi rumput berdekatan dengan garis survei FH3 ditunjukkan dalam Rajah 4(d). Rajah 4(e) pula menunjukkan tanah runtuh dalam skala kecil dan cetek di dalam zon tanah runtuh pendam lama.

### HASIL KAJIAN PETROGRAFI

Lima sampel keratan nipis batuan telah dicerap di bawah mikroskop bagi melihat komposisi mineral serta ciri canggaan pada batuan. Hasil cerapan mikroskop



RAJAH 4. (a) Tanah runtuh bertutup dengan kanvas dan pokok tumbang di bahagian kerawang terletak di garis survei FH1, (b) tanah runtuh berskala besar dalam proses baik pulih cerun dan masih berlaku pergerakan tanah yang menyebabkan kanvas teralih di jalan naik Bukit Fraser, (c) tanah runtuh jenis aliran debris dengan membawa tumbuhan terangkut jauh ke bawah cerun di jalan turun Bukit Fraser, (d) tanah runtuh yang mula ditumbuhi rumput terletak berdekatan dengan garis survei FH3 dan (e) tanah runtuh skala kecil dan cetek di dalam zon tanah runtuh pendam lama

menunjukkan sampel batuan granit di kawasan Bukit Fraser mengandungi mineral seperti kuarza, feldspar alkali, plagioklas, mika, serisit, klorit dan oksida besi yang berbeza peratusan. Manakala, batuan metasedimen pula mengandungi kuarza dan muskovit. Menurut Durgin (1977), mineral dalam batuan granit yang terluluhawa kimia mengikut urutan adalah plagioklas, biotit, feldspar alkali, muskovit dan kuarza. Feldspar mengalami hidrolisis dan hidrasi untuk menjadi lempung. Mika dan kuarza terluluhawa secara perlahan dan biasanya menyumbang kepada pembentukan saprolit. Mineral lempung seperti kaolinit, ilit dan klorit memainkan peranan yang penting dalam ikatan dan kekuatan batuan dan tanah melalui penyerapan air dan penyahidratan meningkatkan risiko terjadinya tanah runtuh.

Sistem penamaan batuan igneus telah dicadangkan oleh Streckeisen (1976). Pengiraan peratusan mineral ini dilakukan dengan kaedah pembilangan titik keratan nipis batuan dan pengiraan mod mineral pada keratan nipis dihitung menggunakan aplikasi Rock.AR. Hasil penamaan menggunakan segitiga QAP menunjukkan dua sampel yang

dicerap adalah monzogranit dan selain itu adalah granit biotit, syenogranit dan granit kaya kuarza. Terdapat juga batuan lain iaitu batuan metasedimen. Jadual 1 menunjukkan komposisi mineral kuarza, alkali feldspar dan plagioklas yang telah dilakukan pengiraan mod mineral dan kemudian dilakukan penamaan berdasarkan segitiga QAP.

Cerapan mikroskop menunjukkan bahawa setiap sampel keratan nipis yang dicerap mengalami canggaan pada batuan. Rajah 5(a) menunjukkan keratan nipis monzogranit mengalami seretan, kesan daripada canggaan yang kuat kerana kuarza bersaiz besar telah terpecah menjadi saiz yang lebih kecil dan bersifat anhedron. Retakan pada mineral feldspar alkali mendedahkan bahawa berlakunya canggaan pada monzogranit dan retakan ini diisi oleh mineral kuarza (Rajah 5(b)). Keratan nipis batuan metasedimen di Air Terjun Jeriau menunjukkan batuan ini telah mengalami proses metamorfik kerana mineral yang bersaiz halus telah membentuk tekstur foliasi yang hanya dapat dikenal pasti dengan menggunakan mikroskop. Kuarza yang sangat halus, muskovit serta bahan berkarbon di dalam keratan nipis batuan metasedimen ditunjukkan

dalam Rajah 5(c). Rajah 5(d) menunjukkan keratan nipis granit biotit, adanya telerang halus dan inklusi kuarza pada mineral feldspar alkali akibat daripada canggaan yang kuat. Kehadiran kuarza dalam mineral feldspar alkali ini menunjukkan bahawa kuarza terbentuk lebih lewat berbanding feldspar alkali.

Keratan nipis granit kaya kuarza menunjukkan kebanyakan plagioklas terluluhawa membentuk serisit serta adanya kuarza bersifat anhedron dengan padaman bergelombang (Rajah 5(e)). Keratan nipis syenogranit pula menunjukkan feldspar alkali jenis ortoklas jenis kembaran carlsbard. Kembaran feldspar alkali ini telah teranjak membuktikan berlakunya canggaan yang kuat pada batuan tersebut (Rajah 5(f)).

#### HASIL KAJIAN GEOFIZIK

Kaedah keberintangan geoelektrik digunakan untuk menentukan zon tanah runtuh pendam lama. Lima garis survei iaitu FH1 hingga FH5 telah dilaksanakan dengan panjang 200 meter dengan jarak setiap elektrod 5 meter. Berdasarkan profil yang telah diproses dan dianalisis, nilai keberintangan yang tinggi dalam julat 2000  $\Omega\text{m}$  hingga 5000  $\Omega\text{m}$  dikelaskan sebagai batu dasar granit. Nilai keberintangan bagi zon tanah runtuh adalah pada julat 0  $\Omega\text{m}$  hingga 100  $\Omega\text{m}$ . Pada setiap permukaan profil FH1 sehingga FH4, wujudnya bahan tanah seperti lempung dan lodak dengan nilai keberintangan 50  $\Omega\text{m}$  hingga 200  $\Omega\text{m}$ . Bacaan keberintangan bagi tanah baki pula adalah 200  $\Omega\text{m}$  hingga 2000  $\Omega\text{m}$ . Nilai keberintangan rendah dalam julat 0  $\Omega\text{m}$  hingga 100  $\Omega\text{m}$  menunjukkan kandungan air.

#### PROFIL FH1

Di sepanjang garis survei ini didapati satu tanah runtuh dikenal pasti pada jarak antara 90 meter hingga 110 meter pada bahagian tengah garis survei (Rajah 6(a)). Anggaran geometri tanah runtuh ini adalah sepanjang 30 meter

dengan kedalaman antara 5 hingga 10 meter dan zon tanah runtuh ditandakan pada profil. Hasil survei keberintangan geoelektrik menunjukkan lapisan atas profil subpermukaan terdiri daripada tanah berlempung dan berlodak yang tinggi kandungan air. Ia ditafsirkan berketebalan 15 meter. Lapisan kedua ditafsirkan sebagai batuan terluluhawa tinggi dengan ketebalan 5 meter dan zon batuan dasar dijumpai pada kedalaman sekitar 20 m.

#### PROFIL FH2

Rajah 6(b) menunjukkan profil garis survei FH2. Kawasan nilai keberintangan terendah ditafsirkan sebagai jasad air terletak pada kedalaman 10 meter di sebelah kiri garis survei. Di permukaan garis survei, ditafsirkan sebagai kawasan lempung dan lodak. Wujudnya zon sesar di antara jasad air dan jasad batuan, ini dibuktikan dengan kehadiran bahan yang mempunyai nilai keberintangan lebih rendah di antara dua jasad ini. Berkemungkinan profil ini berada dalam zon tanah runtuh pendam lama. Bahan bumi seperti lempung dan lodak terhasil daripada proses luluhawa batuan, proses ini juga menyebabkan pembentukan ikatan butiran tanah yang lebih longgar dan mudah terdedah kepada pergerakan tanah. Apabila resapan air yang tinggi, tanah yang longgar ini boleh bergerak secara tiba-tiba dan menyebabkan tanah runtuh.

#### PROFIL FH3

Rajah 6(c) menunjukkan profil FH3 dengan keberintangan yang rendah seperti air, lempung dan lodak. Nilai keberintangan kurang daripada 100  $\Omega\text{m}$  menunjukkan kandungan air yang tinggi pada bahagian kiri profil. Batuan dasar dengan ketebalan 30 meter pada lapisan bawah profil menunjukkan ketumpatan yang padat di bahagian bawah lapisan tanah. Ini biasanya menandakan bahawa tanah di atas batuan dasar adalah kurang cenderung kepada resapan air yang tinggi atau pembentukan rekahan yang besar.

JADUAL 1. Peratusan mineral kuarza, feldspar alkali dan plagioklas bagi batuan granit bagi sampel di Bukit Fraser

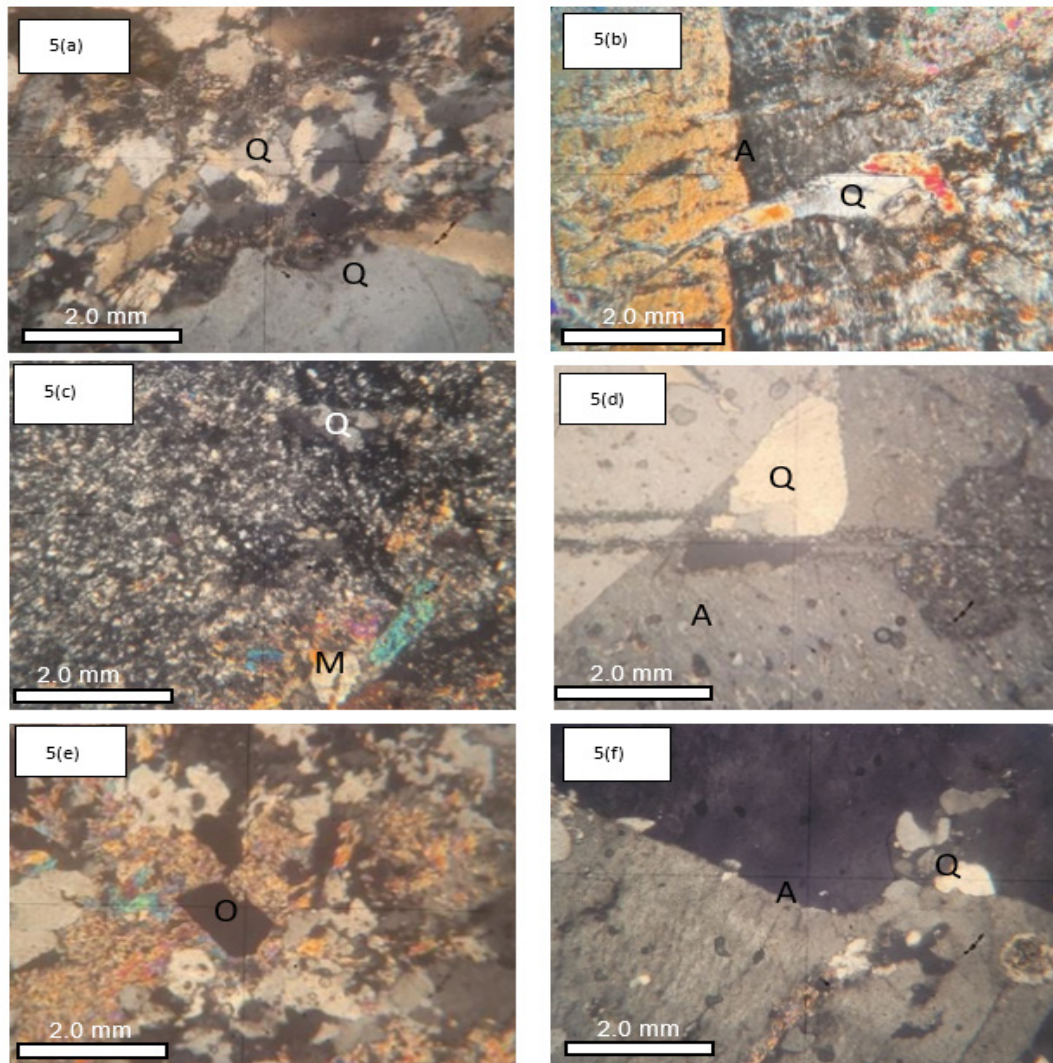
Sampel batuan	Peratusan Kuarza (%)	Peratusan Feldspar alkali (%)	Peratusan Plagioklas (%)
Monzogranit	51.15	20.27	28.57
Granit biotit	60.18	34.08	5.74
Granit kaya kuarza	60.18	65.49	9.47
Syenogranit	75.08	17.26	6.94



## PROFIL FH4

Profil keberintangan geoelektrik menunjukkan garis survei yang kompleks (Rajah 6(d)). Kawasan garis survei ini mungkin berada di dalam zon tanah runtuh pendam lama. Ini dapat dilihat melalui lapisan bahan pada profil, bacaan keberintangan tinggi dan rendah telah bercampur dan

terganggu. Dalam profil subpermukaan, lapisan profil yang normal adalah dengan semakin bertambah kedalaman, semakin bertambah bacaan keberintangan. Oleh itu, ditafsirkan garis survei ini berada dalam zon runtuh pendam lama.



RAJAH 5. (a) Seretan pada mineral kuarza (Q) menjadikan ia pecah menjadi saiz yang lebih kecil dan berbentuk anhedron, (b) Inklusi kuarza pada mineral feldspar alkali bertekstur carlsbar, (c) Mineral kuarza (Q), muskovit (M) serta bahan berkarbon di dalam keratan nipis batuan metasedimen, (d) Feldspar alkali (A) jenis ortoklas mengalami canggaan dan retakan diisi oleh kuarza (Q) dan adanya telerang seni, (e) Serisit (S) mengalami perubahan daripada luluhawa plagioklas, kuarza yang bersifat anhedron dengan padaman bergelombang serta oksida besi dan (f) Feldspar alkali (A) jenis ortoklas teranjak dan ruang diisi oleh kuarza (Q)



## PROFIL FH5

Profil FH5 menunjukkan kewujudan lapisan tanah baki dengan nilai keberintangan antara 200  $\Omega$ m hingga 2000  $\Omega$ m dan kedalaman hanya 5 meter (Rajah 6(e)). Sementara itu, lapisan bawah dengan ketebalan lebih daripada 20 meter dengan bacaan keberintangan tinggi iaitu lebih 2000  $\Omega$ m ditafsirkan sebagai batuan dasar. Ini menunjukkan kawasan ini kemungkinan tidak berada di dalam zon tanah runtuh pendam lama atau satah kegagalan berada lama pada kedalaman profil subpermukaan ini.

## PERBINCANGAN

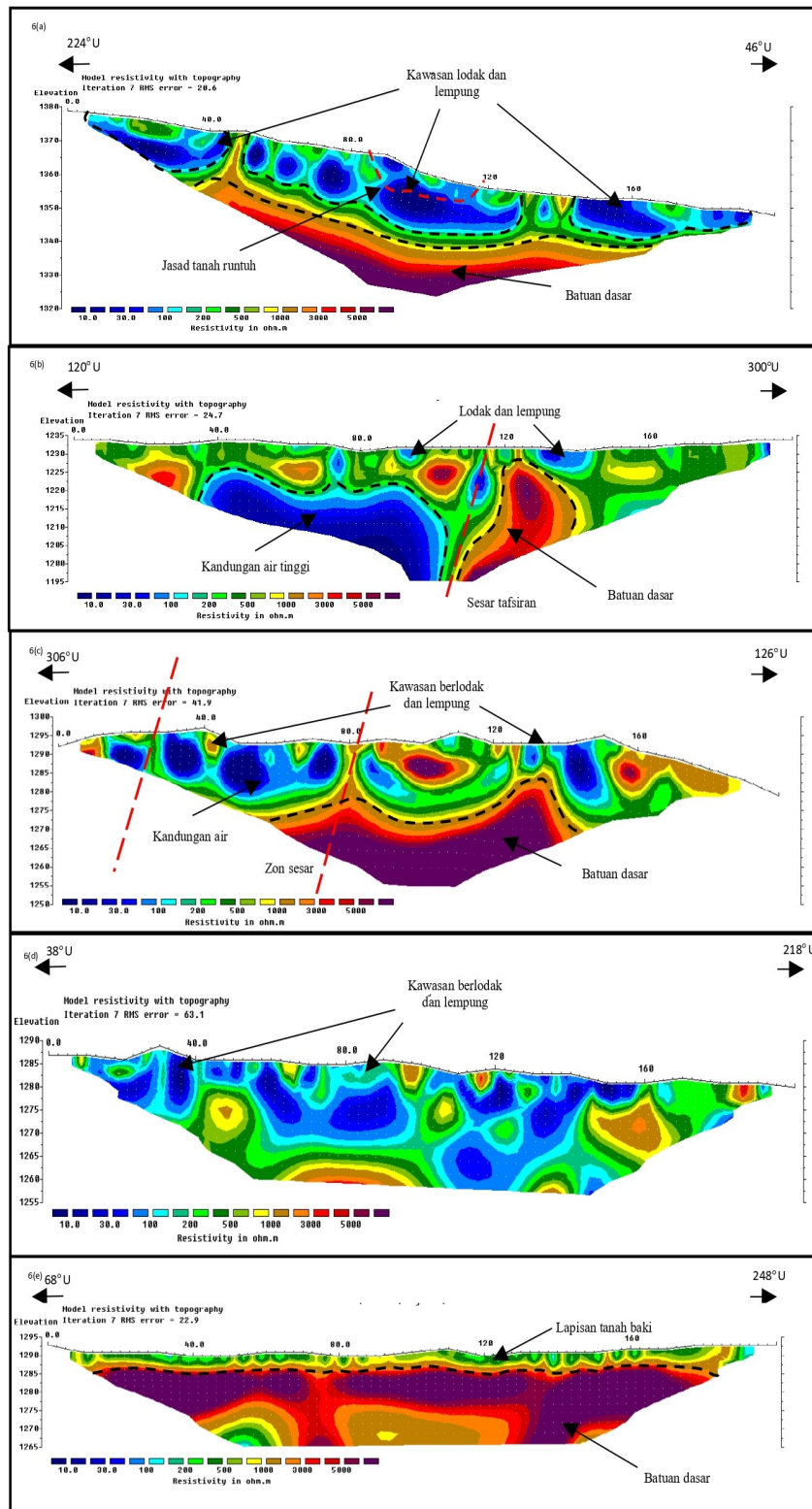
Berdasarkan peta topografi dan data ifSAR yang digunakan dalam kajian ini, zon tanah runtuh pendam lama telah dikenal pasti dan zon ini menjadi rujukan bagi lokasi garis survei keberintangan geoelektrik untuk menentukan zon tanah runtuh pendam lama yang tepat. Kajian daripada Jovančević et al. (2016) dan Ojeda, Sanz dan Galindo (2021) turut menggunakan peta topografi dan imej satelit yang berbeza tahun dalam menentukan zon tanah runtuh pendam lama serta melihat pergerakan tanah runtuh pendam lama di kawasan kajian.

Berdasarkan survei tanah runtuh yang dilakukan, hanya 81 lokasi tanah runtuh yang direkodkan di zon tanah runtuh pendam lama. Oleh kerana tiada kajian terperinci dan sejarah yang tepat berkaitan tanah runtuh pendam lama di kawasan kajian, ia menyukarkan pentafsiran berkenaan tanah runtuh pendam lama ini. Walau bagaimanapun, hal ini boleh dikatakan kestabilan seiring dengan masa dengan zon tanah runtuh pendam lama mungkin telah mengalami tempoh kestabilan yang lebih lama berbanding kawasan di luar zon. Seiring masa, proses semula jadi seperti pertumbuhan tumbuhan dan kemampatan tanah menyumbang kepada peningkatan kestabilan cerun dalam zon tersebut, mengurangkan kemungkinan tanah runtuh. Setelah lebih 200 tahun tanah runtuh berlaku iaitu tahun 1714, pergerakan tanah baru berlaku pada 1966 menurut kajian Ojeda, Sanz dan Galindo (2021) menunjukkan kestabilan tanah runtuh yang begitu lama di kawasan tersebut. Kajian Bai dan Lu (2021) pula menyatakan terdapat sembilan kali fasa pengaktifan tanah runtuh di kawasan kajian dalam jangka 30 tahun dan faktor masih tidak jelas dan berkemungkinan dicituskan oleh gempa bumi kerana kawasan kajian berada dalam zon aktif tektonik. Selain itu, data inventori tanah runtuh yang tidak mencukupi oleh kerana pokok-pokok tempatan di deposit tanah runtuh ditanam dengan cepat di kawasan subtropika, ia adalah mencabar untuk merekodkan tanah runtuh. Ketidakebolehcapaian dan kanopi hutan adalah halangan untuk mendapatkan maklumat tentang tanah runtuh, kedua-duanya melalui tinjauan lapangan dan imej satelit di kawasan hutan (Bera et al. 2021).

Analisis petrografi bagi ciri canggaan yang diperhatikan di bawah keratan nipis granit boleh memberikan pandangan berkenaan proses tektonik masa lalu yang boleh mempengaruhi aktiviti tanah runtuh. Seretan, retakan, mineral terpecah kepada saiz lebih kecil dan foliasi yang ada pada batuan adalah antara ciri canggaan (Ntieche et al. 2020). Kemudian, komposisi mineral batuan mengandungi mineral feldspar dan mika iaitu mineral yang mudah terluluhawa melalui proses hidrolisis dan berubah menjadi lempung and sapolit mendedahkan sesuatu kawasan kepada berlakunya tanah runtuh. Ciri tekstur dan komposisi mineralogi sampel batuan adalah penting dalam membantu menentukan kestabilan dan kerentanan terhadap luluhawa dan hakisan (Lahai et al. 2021). Menurut kajian oleh Abdul Qayyum (2018) pula, analisis tanah yang dijalankan daripada sampel tanah runtuh, Bukit Fraser terdiri daripada pasir yang berlodak dan berlumpur. Air juga merupakan punca dalam kegagalan cerun yang dikaji kerana air mampu melemahkan ikatan butiran tanah. Oleh itu, analisis tanah perlu dilakukan bagi memahami keadaan tanah runtuh dengan lebih mendalam.

Apabila mineral seperti feldspar dan mika dalam batuan terluluhawa menjadi lempung ini memberikan bukti bagi kajian keberintangan geoelektrik. Terutamanya boleh dikaitkan dengan nilai keberintangan rendah iaitu 100  $\Omega$ m dengan menunjukkan kawasan tanah berlempung dan lodak. Lapisan yang dikenal pasti sebagai kawasan lempung dan lodak ini juga mengandungi air yang tinggi dan berlakunya peningkatan tekanan air liang melemahkan ikatan tanah. Hal ini menyebabkan pergeseran dan pergerakan tanah yang boleh mengakibatkan tanah runtuh. Seperti kajian oleh Amir, Junun dan Benito (2020), mereka menyatakan cerun yang tidak stabil disebabkan oleh ciri tanah yang sangat tebal dan mempunyai kandungan lempung yang tinggi dan ia mempengaruhi berat isi padu tanah dan kohesi, keupayaan tanah untuk mengekalkan air. Semakin rendah tahap kohesi tanah, semakin tinggi sudut geseran dan semakin mudah tanah runtuh berlaku.

Seterusnya, profil garis survei keberintangan geoelektrik menunjukkan garis survei FH2 dan FH4 berada di zon tanah runtuh pendam lama. Hal ini kerana lapisan tanah pada profil yang kompleks menunjukkan corak nilai keberintangan yang lebih kacau atau terganggu. Pencampuran bahan tanah dengan berbeza nilai keberintangan pada profil ini kerana garis survei FH2 dan FH4 ini berada dalam zon tanah runtuh pendam lama. Manakala, garis survei FH1, FH3 dan FH5 menunjukkan lapisan batuan dasar dan lapisan bahan yang selari berkemungkinan tidak berada dalam zon tanah runtuh pendam lama. Kajian daripada Mita et al. (2018) dilakukan pada badan tanah runtuh dan menghasilkan profil keberintangan geoelektrik yang kompleks, menunjukkan campuran bahan bumi dengan pelbagai nilai keberintangan.



RAJAH 6. Hasil survei keberintangan geoelektrik di Bukit Fraser. (a) garis survei FH1, (b) garis survei FH2, (c) garis survei FH3 (d) garis survei FH4 dan (e) garis survei FH5

Kajiannya turut menyatakan terdapat potensi tanah runtuh baru berlaku di jasad tanah runtuh tersebut disebabkan oleh ketebalan puing dan zon retakan dalam profil subpermukaan yang juga dipengaruhi oleh hujan.

Selain itu, satah kegagalan bagi tanah pendam lama tidak dapat dikesan melalui kesemua lima garis survei keberintangan geoelektrik yang dijalankan. Hal ini berkemungkinan satah kegagalan tersebut berada pada kedalaman yang melebihi daripada kedalaman profil garis survei yang dijalankan. Hal ini dilihat dengan zon tanah runtuh yang besar dan luas berdasarkan peta topografi yang telah dianalisis. Oleh itu, had kedalaman menjadi satu batasan dalam kajian ini. Had kedalaman bagi kaedah keberintangan geoelektrik bergantung kepada konfigurasi elektrod, orientasi dan jarak garis survei serta kontras keberintangan antara bahan yang berbeza (Pazzi, Morelli & Fanti 2019).

#### KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan sebahagian kawasan Bukit Fraser berada dalam zon tanah runtuh pendam lama berdasarkan Rajah 1, tetapi keadaan tanah runtuh pendam lama sama ada ia aktif atau tidak aktif masih belum dikenal pasti. Kajian petrografi yang telah dijalankan membuktikan bahawa wujudnya ciri canggaan dan komposisi mineral yang akan terluhawa menjadi bahan tanah yang boleh menyebabkan tanah runtuh. Kaedah geofizik pula menunjukkan keadaan subpermukaan dan ditafsirkan terdapat dua garis survei iaitu FH2 dan FH3 terletak pada zon tanah runtuh pendam lama manakala FH1, FH3 dan FH5 tidak berada dalam zon tersebut. Tambahan kaedah geoteknik, kaedah seismik biasa, kaedah hidrogeologi dan analisis tanah diperlukan bagi mengetahui keadaan zon tanah runtuh pendam lama dengan lebih terperinci.

#### PENGHARGAAN

Kajian ini adalah sebahagian daripada kajian peringkat sarjana. Ucapan terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia di atas tajaan dana penyelidikan melalui Geran Galakan Penyelidik Muda melalui kod geran, GUP-2021-054 dan tidak dilupakan kepada Pusat Penyelidikan Bukit Fraser UKM kerana bantuan yang diberikan sepanjang kajian ini dijalankan.

#### RUJUKAN

Abdul Qayyum Jalal. 2018. Survei keberintangan geoelektrik dan pengkutuban teraruh serta pemetaan taburan kegagalan cerun di sekitar Bukit Fraser, Pahang. Universiti Kebangsaan Malaysia.  
Abdul Rashid Abdul Rahman. 2021. 60 kesan runtuhan sepanjang 30km. *Kosmo*. Raub.

Abdul Samad Abdul Rahman, Mohd Jamaludin Md Noor, Norbaya Sidek & Ismacahyadi Bagus Mohd Jais, J.A. 2018. Shear strength of granitic residual soil in saturated and unsaturated conditions. *AIP Conference Proceedings*. hlm. 1-9.  
Ahmad Sanadi Abu Bakar & Zaini Hamzah, A.S. 2017. Measurements of natural radioactivity in soil of Fraser's Hill, Pahang, Malaysia. *AIP Conference Proceedings*. hlm. 1-10.  
Alemayo, G.G. & Eritro, T.H. 2021. Landslide vulnerability of the Debre Sina-Armania road section, Central Ethiopia: Insights from geophysical investigations. *Journal of African Earth Sciences* 184: 104383.  
Aleotti, P. & Chowdhury, R. 1999. Landslide hazard assessment: Summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 58(1): 21-44.  
Amir Noviyanto, Junun Sartohadi & Benito Heru Purwanto. 2020. The distribution of soil morphological characteristics for landslide-impacted Sumbing Volcano, Central Java - Indonesia. *Geoenvironmental Disasters* 7: 25.  
Anon. 2021. Notis penutupan jalan di FT056 Jalan GAP - Bukit Fraser. <https://www.facebook.com/JkrDaerahHuluSelangor/posts/notis-penutupan-jalan-di-ft056-jalan-gap-bukit-fraser/280099597476969/> (akses pada 24 Disember 2021).  
Bai, S. & Lu, P. 2021. Modern reactivations of a thick colluvial landslide reconstructed from dendrochronology: The example of the Xiakou landslide, China. *Land Degradation and Development* 32(7): 2271-2286.  
Bera, S., Upadhyay, V.K., Guru, B. & Oommen, T. 2021. Landslide inventory and susceptibility models considering the landslide typology using deep learning: Himalayas, India. *Natural Hazards* 108(1): 1257-1289.  
Bernama. 2021a. 60 runtuhan dikesan halang laluan di Bukit Fraser. Bukit Fraser, Pahang. <https://www.astroawani.com/berita-malaysia/60-runtuhan-dikesan-halang-laluan-di-bukit-fraser-276079> (akses pada 20 Jun 2022).  
Bernama. 2021b. Tanah runtuh di Bukit Fraser, 13 kenderaan terkandas. <https://www.sinarharian.com.my/article/117437/EDISI/Tanah-runtu-h-di-Bukit-Fraser-13-kenderaan-terkandas> (akses pada 20 September 2021).  
Binley, A. & Slater, L. 2020. Field scale data acquisition. *Resistivity and Induced Polarization: Theory and Applications to the Near-Surface Earth.*, Edisi ke-1. United Kingdom: Cambridge University Press. hlm. 154-168.

- Carrara, A. 1993. Uncertainty in evaluating landslide hazard and risk. In *Prediction and Perception of Natural Hazards. Advances in Natural and Technological Hazards Research*, vol 2, edited by Nemeč, J., Nigg, J.M. & Siccardi, F. Dordrecht: Springer. hlm. 101-109.
- Durgin, P.B. 1977. Landslides and the weathering of granitic rocks. *GSA Reviews in Engineering Geology* 3: 125-131.
- Er, A.C., Chong, S.T., Ahmad, H., Sum, S.M. & Ramli, Z. 2013. The sustainability of Fraser's Hill as an eco-destination. *International Journal of Business Tourism and Applied Sciences* 1(2): 109-115.
- Esposito, G., Carabella, C., Paglia, G. & Miccadei, E. 2021. Relationships between morphostructural/geological framework and landslide types: Historical landslides in the hilly piedmont area of abruzzo region (central Italy). *Land* 10: 1-28.
- Gobbet, D.J. & Hutchinson, C. 1973. *Geology of the Malay Peninsula (West Malaysia and Singapore)*. New York: Wiley-Interscience.
- Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M. & Reichenbach, P. 1999. Landslide hazard evaluation: A review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology* 31: 181-216.
- Hirata, Y. & Chigira, M. 2019. Landslides associated with spheroidally weathered mantle of granite porphyry induced by 2011 Typhoon Talas in the Kii Peninsula, Japan. *Engineering Geology* 260: 1-8.
- Hussain, Y., Cardenas-Soto, M., Martino, S., Moreira, C., Borges, W., Hamza, O., Prado, R., Uagoda, R., Rodríguez-Rebolledo, J., Silva, R.C. & Martínez-Carvajal, H. 2019. Multiple geophysical techniques for investigation and monitoring of Sobradinho Landslide, Brazil. *Sustainability (Switzerland)* 11(23): 1-18.
- Hutchinson, J. 1995. Keynote paper: Landslide hazard assessment. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Landslides, Christchurch, New Zealand*, disunting oleh Balkema, A.A. Christchurch: Rotterdam. hlm. 1805-1841.
- Hutchison, C.S. 2014. Tectonic evolution of Southeast Asia. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 60: 1-18.
- Imani, P., Tian, G., Hadiloo, S. & El-Raouf, A.A. 2021. Application of combined electrical resistivity tomography (ERT) and seismic refraction tomography (SRT) methods to investigate Xiaoshan District landslide site: Hangzhou, China. *Journal of Applied Geophysics* 184: 1-13.
- Imau, V.K., Rosniza Aznie Che Rose & Norela Sulaiman. 2018. Penilaian kepuasan pelancong terhadap ekopelancongan di Bukit Fraser menggunakan model importance-performance analysis (IPA). *Geografi* 6(2): 29-41.
- Jovančević, S.D., Peranić, J., Ružić, I. & Arbanas, Ž. 2016. Analysis of a historical landslide in the Rječina River Valley, Croatia. *Geoenvironmental Disasters* 3(1): 1-9.
- Keller, G.V. & Frischknecht, F.C. 1966. *Electrical Methods in Geophysical Prospecting*. Oxford: Pergamon Press.
- Khazaradze, G., Guinau, M., Blanch, X., Abellán, A., Tapia, M., Furdada, G. & Suriñach, E. 2020. Multidisciplinary studies of the Puigcerçós historical landslide in the Catalan Pyrenees. *EGU General Assembly* hlm. 1-56.
- Lahai, Y.A., Anderson, K.F.E., Jalloh, Y., Rogers, I. & Kamara, M. 2021. A comparative geological, tectonic and geomorphological assessment of the Charlotte, Regent and Madina landslides, Western area, Sierra Leone. *Geoenvironmental Disasters* 8(16): 1-17.
- Loke, M.H., Acworth, I. & Dahlin, T. 2003. A comparison of smooth and blocky inversion methods in 2D electrical imaging surveys. *Exploration Geophysics* 34(3): 182-187.
- Mengistu, F., Suryabhagavan, K.V., Raghuvanshi, T.K. & Lewi, E. 2019. Landslide hazard zonation and slope instability assessment using optical and InSAR data: A case study from Gidole Town and its surrounding areas, Southern Ethiopia. *Remote Sensing of Land* 3(1): 1-14.
- Mita, M., Glazer, M., Kaczmarzyk, R., Dąbrowski, M. & Mita, K. 2018. Case study of electrical resistivity tomography measurements used in landslides investigation, Southern Poland. *Contemporary Trends in Geoscience* 7(1): 110-126.
- Mohamad Anuri Ghazali, Abd Ghani Rafek, Kadderi Md Desa & Suhaimi Jamaluddin. 2013. Effectiveness of geoelectrical resistivity surveys for the detection of a debris flow causative water conducting zone at KM 9, Gap-Fraser's Hill Road (FT 148), Fraser's Hill, Pahang, Malaysia. *Journal of Geological Research* 2013: 1-11.
- Mohamed, A.A., Rahim, S.A., Aitman, D.A., Khairul, M. & Kamarudin, A. 2016. Analisis kandungan karbon organik tanah secara bermusim di Hutan Bukit Jeriau, Fraser Hill, Pahang. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 20(2): 452-460.
- Ntieche, B., Nguet, P.W., Nchouwet, Z., Mounjouhou, M.A. & Mfepat, D. 2020. Deformation features and structures in some igneous and metamorphic rocks: A case study of Central African Fold Belt in Cameroon. In *Geochemistry*, edited by René, M., Aiello, G. & El Bahariya, G. IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.93201
- Ojeda, d.P.S., Sanz, E. & Galindo, R. 2021. Historical reconstruction and evolution of the large landslide of Inza (Navarra, Spain). *Natural Hazards* 109(3): 2095-2126.



- Pazzi, V., Morelli, S. & Fanti, R. 2019. A review of the advantages and limitations of geophysical investigations in landslide studies. *International Journal of Geophysics* 2019: 1-27.
- Roe, F.W. 1951. *The Geology and Mineral Resources of the Fraser's Hill Area Selangor, Perak and Pahang, Federation of Malaya, with an Account of the Mineral Resources*. Kuala Lumpur: Caxton Press Ltd.
- Rosniza Aznie, C.R., Nor Hasyifa, A., Rosmiza, M.Z. & Zaini, S. 2016. Pengurusan rekreasi di pusat tumpuan Bandar Bukit Fraser. *Journal of Social Sciences and Humanities* Special Issue 1: 88-96.
- Saffari, P., Nie, W., Noor, M.J.M., Zhang, X. & Liang, Q. 2019. Characterization the geotechnical properties of a Malaysian granitic residual soil grade v. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 289(1): 1-12.
- Streckeisen, A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews* 12(1): 1-33.
- Tajul Anuar Jamaluddin. 2019. Pencegahan geobahaya tanah runtuh pendam di tanah tinggi tropika - Beberapa contoh dari Cameron Highland dan Kundasang, Malaysia. *National Geoscience Conference 2019*. hlm. 1-2.
- Tajul Anuar Jamaluddin, Norasiah Sulaiman & Nor Shahidah Mohd Nazer. 2020. Penilaian geomorfologi tanah runtuh lama di tanah tinggi tropika – Kajian kes Cameron Highlands dan Kundasang, Malaysia. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 69: 111-124.
- The International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory. 1990. A suggested method for reporting a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology - Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur* 41(1): 5-12.
- Wang, R., Zhang, K., Ning, Y., Xu, W., Wang, W. & Qin, J. 2021. Reactivation of ancient landslide deposits: Geological characteristics and deformation mechanism. *Advances in Civil Engineering* 2021: 6614180.
- Wu, S., Zhao, R., Liao, L., Yang, Y., Wei, Y. & Wei, W. 2022. Failure mode of rainfall-induced landslide of granite residual soil, southeastern Guangxi Province, China. *Earth Surface Dynamics* 10(6): 1079-1096.

\*Pengarang untuk surat-menyurat; email: mohdroziumor@gmail.com