

PENGIMBAS DIGITAL LASER TERESTRIAL DALAM MENDAPATKAN KELUASAN DAN ISIPADU GUA BAGI MAKSUD PELUPUSAN TANAH DI BAWAH KANUN TANAH NEGARA

*Terrestrial Laser Scanning Technology in Determining Cave Area and Volume for
Land Disposal Purposes Under the National Land Code*

Fazili Anuar Md Yusuf

Bahagian Ukur dan Pemetaan, Institut Tanah dan Ukur Negara (INSTUN)
Behrang Ulu, 35950 Tanjong Malim, Perak Darul Ridzuan

e-mel: fazili@instun.gov.my

Abstrak

Malaysia merupakan negara yang kaya dengan khazanah semulajadi yang dipinjam dari generasi masa hadapan. Tapak-tapak gua merupakan salah satu daripada khazanah negara yang sangat bernilai. Bagi menjamin kelestarian ini pelbagai usaha kerajaan dalam memulihara warisan ini antaranya dengan mewartakan ianya sebagai tapak warisan negara. Bagi maksud penwartaan tapak-tapak gua, pengukuran bagi menentukan keluasan isipadu perlu dilakukan terlebih dahulu, namun begitu bagaimanakah cara penentuan isipadu dan luas gua diukur dan ini merupakan satu cabaran bagi menjadikan ianya satu kenyataan. Oleh itu, dalam kajian ini penggunaan alat pengimbasan digital '*Terrestrial Laser Scanning*' (TLS) menjadi pendekatan bagi permasalahan tersebut. Ini secara tidak langsung dapat menjadi salah satu penyelesaian masalah bagi mengenal pasti isipadu gua bagi maksud pelupusan tanah di bawah Kanun Tanah Negara. Bagi menjelaskan maksud tersebut, kertas kajian dijalankan dengan metodologi yang tersusun termasuklah perancangan sebelum, semasa dan pemprosesan bagi mendapatkan hasil pengukuran yang tepat dan jitu untuk luas dan isipadu gua. Hasil keputusan dan analisa yang telah dibuat mendapati ketepatan dan kejituan yang tinggi menjadikan TLS satu kaedah yang bakal merubah cara pengukuran konvensional kepada industri revolusi 4.0 (IR), ini dapat dijelaskan dengan kepentingan pelupusan gua di Malaysia dengan cara lesen pendudukan sementara (LPS) dibawah KTN.

Kata kunci: Isipadu, Kanun Tanah Negara, Pelupusan, Tapak Gua, *Terrestrial Laser Scanning*

Abstract

Malaysia is endowed with a wealth of natural resources entrusted to it by succeeding generations. Cave sites are among the nation's highly valuable treasures. To ensure their sustainability, the government undertakes various efforts to preserve this heritage, including declaring them as national heritage sites. For the purpose of declaring cave sites, measurements to determine the volume need to be conducted first. However, determining how to measure the volume and area of caves poses a challenge in making this a reality. Therefore, in this study, the use of the digital scanning tool 'Terrestrial Laser Scanning' (TLS) serves as an approach to address this issue. This indirectly becomes a solution to identify cave volumes for the purpose of land disposal under the National Land Code. To clarify this meaning, the research paper is conducted with a structured methodology, including pre-planning, in-process activities, and processing to obtain accurate and precise measurements for the area and volume of caves. The results and analysis show high accuracy and precision, making TLS a method that is poised to transform conventional measurement practices into the industry of the fourth industrial revolution (IR). This can be explained by the importance of cave disposal in Malaysia through the temporary occupation license (LPS) under the National Land Code.

Keywords: Volume, national land code, disposal, cave site, terrestrial laser scanning

PENGENALAN

Di Malaysia terdapat banyak gua yang dijumpai dan perlunya dibuat pengukuran sama ada bagi mendapatkan keluasan parameter mahupun keluasan isipadu gua-gua tersebut. Namun demikian konsep pengukuran gua tersebut masih belum dipraktikkan secara menyeluruh dan kaedah yang sesuai masih lagi dalam proses pengembangan seiring dengan teknologi yang terdapat di pasaran. Di sini wujudnya penyataan masalah dan antaranya adalah:

- (i) Bagaimana pengukuran bagi mendapatkan isipadu
- (ii). Apakah tujuan pengukuran tersebut dibuat
- (iii). Siapakah pihak yang bertanggungjawab (*Stakeholder*)

Bagi menjelaskan lagi persoalan yang berkemungkinan ini maka kertas kajian ini telah dibuat bagi menerangkan maksud yang berkenaan.

Latar belakang

Konsep pengukuran secara TLS adalah tidak asing lagi penggunaannya. Hal ini dapat dilihat dimana peralatan ini kebanyakan datang dari negara pengeluar peralatan ukur yang canggih seperti negara-negara eropah. Ini secara tidak langsung telah bermulanya evolusi dalam pengukuran di Malaysia, ianya bersesuaian dengan Industri Revolusi (IR) 4.0. Penggunaan TLS secara dasarnya adalah bertujuan mendapatkan point cloud pada objek yang telah dibuat imbasan (Gambar 1). Hasil *point cloud* tersebut maka pemodelan 3D sesuatu objek dapat dibuat seterusnya analisa lanjutan mengenai model dapat dijalankan. Penggunaan TLS telah diperluaskan kedalam pelbagai bidang ini termasuklah bidang perhutanan, bidang industri berat serta bidang forensik.

Pendekatan penggunaan TLS dalam kajian pada kali ini dilihat akan berikan hasil yang dapat membantu kepada pihak berkuasa tempatan (*stakeholder*) dalam membuat sebarang keputusan, ini adalah termasuk dalam bidang penguatkuasaan serta pemilikan.



Gambar 1: Kerja imbasan TLS

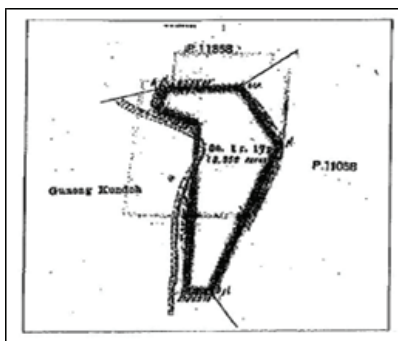
Objektif

Objektif kajian ini dijalankan adalah seperti yang berikut:

- i. Mendapatkan keluasan Gua menggunakan kaedah imbasan digital TLS
- ii. Memodelkan Gua secara 3D

Kawasan kajian

Bagi kajian ini, kawasan yang telah dipilih adalah di Gua Kundoh, Gopeng Perak (Gambar 2). Gua ini dipilih berdasarkan permintaan bantuan teknikal daripada Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) Negeri Perak.



Gambar 2: Pelan pandangan atas Gua Kundoh

Peralatan

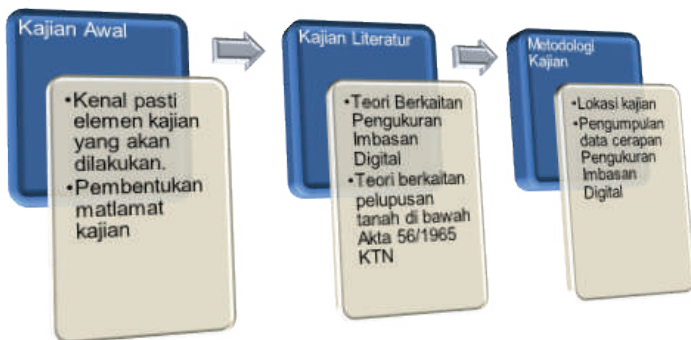
Peralatan dan perisian yang digunakan bagi kajian ini adalah seperti yang berikut:

Jadual 1: Peralatan

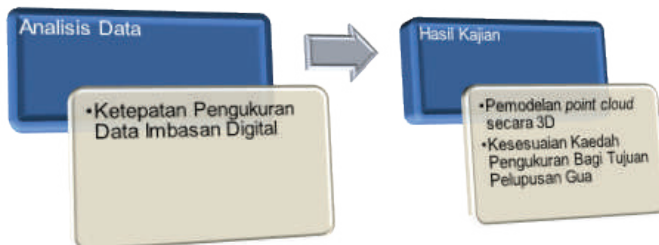
Bil.	Peralatan	Kegunaan	Gambar alat
1.	Faro Focus M70	Membuat imbasan bagi mewujudkan <i>point cloud</i>	
2.	Faro Tripod	Untuk diri siap peralatan Faro Focus M70	
3.	Sphere Ball	Sebagai objek rujukan bagi kerja-kerja imbasan	
4.	Topi keselamatan	Tujuan keselamatan semasa memasuki gua	
5.	Lampu picit	Tujuan keselamatan di dalam gua yang gelap	
6.	Faro Scene	Perisian bagi tujuan prosesan data	
7.	Volume calculation	Perisian tambahan di dalam Faro Scene bagi tujuan pengiraan isipadu	 Volume Measurement

METODOLOGI KAJIAN

Dalam menjalankan kajian ini, penulis telah merangka satu carta alir pelaksanaan gerak kerja kajian yang dilakukan. Rajah 1 memaparkan carta alir kajian dijalankan.



Fasa 1



Fasa 2

Rajah 1: Metodologi Kajian

Kajian Awal

Untuk menjalankan kajian ini, penulis telah membuat kajian awalan dalam mengenalpasti elemen kajian. Tapak lokasi kajian yang dijalankan telah diperolehi apabila INSTUN telah mendapat permohonan bantuan teknikal daripada Jabatan Ukur Dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) Negeri Perak dalam membuat pengukuran mendapatkan isipadu gua untuk tujuan penyediaan data isipadu bagi di bincangkan di dalam Bengkel Dasar Pelupusan Tapak Gua Batu Kapur Di Bawah Kanun Tanah Negara (KTN) Negeri Perak. Seterusnya, penulis telah menetapkan matlamat kajian iaitu:

- i) Menenalpasti potensi kesesuaian penggunaan alat pengimbas digital terrestrial bagi mendapatkan isipadu gua dan
- ii) Menenalpasti kaedah pelupusan gua yang sesuai.

Kajian Literatur

Dalam kajian literatur, penulis telah melakukan pembacaan melalui artikel, kertas-kertas seminar dan pembacaan melalui internet iaitu untuk mendapatkan informasi potensi penggunaan alat pengimbasan digital terrestrial. Fakta yang terkandung di dalam KTN mengenai maksud pelupusan tanah dan juga kaedah-kaedah pelupusan. Isu-isu semasa juga menjadi bahan rujukan oleh penulis dalam menjadikan kajian ini berimpak tinggi kepada agensi yang terlibat secara langsung serta menjadi bahan informasi rujukan umum.

i. Potensi Penggunaan Alat Pengimbasan *Digital Terrestrial*

Pengimbas *Digital Terrestrial* atau *Terrestrial Laser Scanning (TLS)* merupakan satu alat yang digunakan secara meluas di dalam era revolusi IR 4.0 pada masa kini. Ianya berkemampuan mengimbas sesuatu objek yang pegun (*Static*) bagi membentuk model tiga dimensi (3D). Untuk mewujudkan model 3D ini, titik-titik awan (*point cloud*) telah diwujudkan dengan mempunyai nilai koordinat X, Y & Z tersendiri. Jumlah *point cloud* yang diwujudkan pula boleh mencecah hingga ratusan juta dan bergantung juga pada objek yang di imbas dan keadaan persekitaran. Menurut Lichti, dkk (2005) menerangkan bahawa *Terrestrial Laser Scanner (TLS)* merupakan suatu peralatan merakam gambar (*image*) aktif yang secara cepat dapat memperoleh kumpulan dari titik-titik tiga dimensi dari suatu objek mahupun sesuatu permukaan. Oleh itu kaedah ataupun teknik imbasan bagi merakamkan titik 3D tersebut perlulah diketahui agar ianya lebih efisien dalam kerja-kerja yang dijalankan, hal demikian seperti mana telah diterangkan oleh Boehler, dkk (2002) menjelaskan bahawa terdapat dua jenis scanner berdasarkan prinsip pengoperasiannya, iaitu:

1. *Triangulation Scanner* adalah terdiri dari *single camera solution* dan *double camera solution*

2. *Ranging Scanner*: -

a. *Time of flight of a laser pulse*

Laser dipancarkan ke objek selanjutnya jarak dihitung dari waktu perjalanan antara isyarat transmisi dan penerimaannya. Prinsip ini mempunyai ketepatan rendah kerana ia merupakan jenis pengimbas jarak jauh dengan jarak 1.5 – 6.000 meter. Pengimbas jenis ini pantas dalam melakukan kutipan data dan titik yang didapat hingga mencapai 11.000 – 122.000 titik setiap detik.

b. *Phase comparison method*

Laser yang dipancarkan dimodulasikan dengan gelombang harmonik dengan jarak yang dihitung dengan menggunakan perbedaan beda fase antara gelombang pancar dan gelombang yang diterima. Ketepatan yang dihasilkan rendah karena merupakan jenis pengimbas jarak sederhana. Namun, pengimbas jenis ini dapat mengukur hingga 1,000,000 titik setiap detik.

Terdapat tiga jenis platform TLS yang perlu diketahui dan masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangannya. Pertama jenis yang seringkali dan kebiasaanya digunakan adalah *Static TLS* (lihat gambar 3), jenis ini adalah alat pengimbas didirikan di atas kaki tiga (*tripod*). Kedua *Mobile TLS* (lihat gambar 4), jenis ini adalah sangat sesuai bagi kerja-kerja di dalam terowong ataupun bagi imbasan jalan raya dan yang terakhir adalah jenis *Handheld TLS* (lihat gambar 5), jenis ini sangat mudah dikendalikan dan sangat ringan, ianya amat sesuai bagi imbasan di dalam gua ataupun di tempat-tempat yang sukar untuk dicapai.



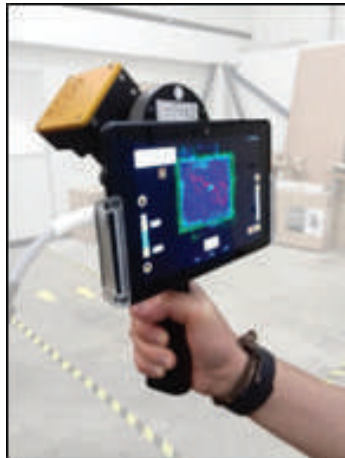
Gambar 3: *Static TLS*

Sumber: https://forschungsinfrastruktur.bmbwf.gv.at/en/3d-terrestrial-laser-scanner-riegl-vz-4000_3715



Gambar 4: *Mobile TLS*

Sumber: https://www.tunnel-online.info/en/artikel/tunnel_Gotthard_Base_Tunnel_Surveying_the_Drive_Laser_Scanning_and_Track_2023549.html



Gambar 5: *Handheld TLS*

Sumber: <https://www.geospatialworld.net/news/geoslam-introduces-time-cost-saving-3d-mobile-laser-scanners-dallas-fall-bim-forum-2017/>

Dalam kajian ini, fokus utama penulis diberikan kepada penggunaan *Static TLS* berikutan peralatan ini terdapat di INSTUN dan satu-satunya peralatan imbasan digital yang ada di negeri Perak, oleh itu beberapa klasifikasi pengukuran jenis ini dan ianya merangkumi seperti mana yang telah di terangkan oleh Staiger (2003), menyatakan *Static TLS* dapat diklasifikasikan kepada tiga iaitu:

a) ***Panaromic Scanner*** (lihat gambar 6)

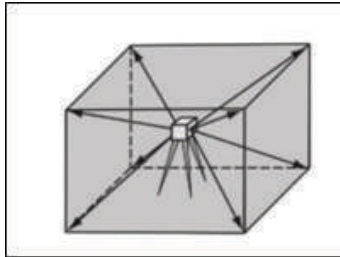
Merangkumi 360° pada sudut horizontal dan 180° pada sudut vertikal. Hampir keseluruhan kawasan di imbas kecuali di bahagian tapak yang dipanggil *Footprint*.

b) **Hybrid Scanner** (lihat gambar 7)

Merangkumi 360° pada sudut horizontal dan untuk sudut vertikal hanya 50° sampai 60° .

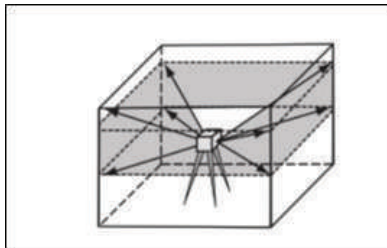
c) **Camera Scanner** (lihat gambar 8)

Jarak dan sudut meliputi horizontal dan vertikal yang terendah iaitu 40° sudut horizontal dan 40° sudut vertikal, sama seperti kamera fotografi.



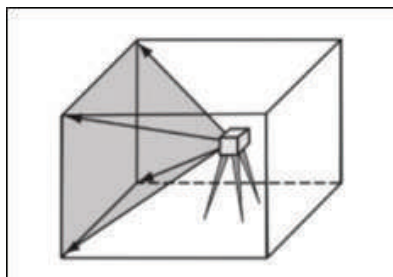
Gambar 6: Panoramic Scanner

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>



Gambar 7: Hybrid Scanner

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>



Gambar 8: Camera Scanner

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>

TLS ini mempunyai tiga jenis yang merangkumi keupayaan imbasan jarak dekat, sederhana dan jarak jauh seperti model keluaran Opech, Riegl dan I-SiTE bagi jarak jauh (lihat gambar 9 hingga 11) dengan keupayaan jarak menjangkau hingga 1000 meter.



Gambar 9: Opech

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>



Gambar 10: Riegl

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>



Gambar 11: I-Site

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>

Bagi alat *TLS* yang berkeupayaan jarak sederhana adalah seperti Leica Geosystems, Trimble dan Topcon (lihat gambar 12 hingga 14) dengan jangkauan sederhana 150 – 350 meter.



Gambar 12: Leica Geosystems

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review>



Gambar 13: Trimble

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>



Gambar 14: Topcon

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>

Yang terakhir, bagi alat *TLS* yang berkeupayaan pada jarak pendek pula adalah seperti Zoller + Frohlich, Faro dan Basis Software Inc (lihat gambar 15 hingga 17), jarak keupayaan adalah 50 – 100 meter.



Gambar 15: Zoller + Frohlich

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>



Gambar 16: Faro

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>



Gambar 17: Basis Software Inc

Sumber: <https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>

ii. Maksud Pelupusan Tanah dan Juga Kaedah-Kaedah Pelupusan Di Bawah KTN 1965

Dalam pengertian biasa, kita menganggap tanah sebagai mukabumi. Tetapi di dalam undang-undang, perkataan tanah ditakrifkan berbagai cara mengikut kesesuaian, maksud dan kehendak undang-undang itu. Bagi maksud KTN Seksyen 5, tanah ditakrifkan sebagai termasuk:-

- a. Mukabumi dan semua benda yang menjadi mukabumi itu;
- b. Tanah yang di bawah mukabumi dan semua benda yang terkandung di dalamnya;
- c. Semua tumbuh-tumbuhan, sama ada semulajadi atau ditanam, sama ada di atas atau di bawah mukabumi;
- d. Semua benda yang terlekat pada mukabumi, atau yang dilekatkan secara kekal pada apa-apa yang terlekat pada mukabumi, samada di atas atau di bawah mukabumi itu; dan
- e. Tanah yang dilitupi oleh air.

Bagi menerangkan maksud di atas dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18: Maksud yang menerangkan mengenai takrif tanah.

Sepertimana yang telah diterangkan di dalam Seksyen 5 KTN, dapat diklasifikasikan bahawa gua-gua yang terdapat di Malaysia merupakan tanah yang boleh diberikan pemilikan mengikut kaedah-kaedah menurut undang-undang.

Semua tanah yang terletak di dalam sempadan sesuatu negeri sebelum ianya dilupuskan termasuk bahan-bahan mineral dan bahan batuan yang terdapat di dalamnya adalah terletak hak hanya kepada Pihak Berkuasa Negeri (PBN) berkenaan. Kemudian PBN bertindak melupuskan sesuatu tanah itu untuk digunakan atau diduduki sama ada di bawah suatu hakmilik, lesen pendudukan sementara atau dengan cara merizabkannya, atau membenarkan pengambilan bahan batuan melalui permit. Menurut seksyen 5 KTN pelupusan ditakrifkan sebagai apa-apa pelupusan tanah yang dibuat oleh Pihak Berkuasa Negeri (PBN) dalam menjalankan kuasa-kuasa yang diberikan di bawah seksyen 42 KTN atau mana-mana dari kuasa-kuasa bersamaan yang diberi oleh mana-mana undang-undang tanah terdahulu.

Pihak Berkuasa Negeri (PBN) diberi kuasa untuk:

- a. Memberimilik tanah Kerajaan (seksyen 76 KTN);
- b. Merizabkan tanah Kerajaan dan memberi pajakan tanah rizab;
- c. Mengeluarkan lesen pendudukan sementara atas tanah Kerajaan, tanah rizab dan tanah lombong;
- d. Mengeluarkan permit mengambil dan mengalih bahan batuan dari mana-mana tanah selain dari tanah rizab hutan;
- e. Mengeluarkan permit penggunaan ruang udara atas tanah Kerajaan atau tanah rizab.

Tanah Kerajaan merangkumi semua tanah dalam negeri berkenaan termasuk sebanyak mana dasar mana-mana sungai, tepi pantai dan dasar laut yang termasuk dalam wilayah negeri itu atau batas perairan wilayah [1] selain daripada tanah milik, tanah lombong, tanah rizab dan tanah hutan.

Tanah Lombong ialah mana-mana tanah yang telah diberi atau dikeluarkan pajakan melombong atau sijil melombong di bawah mana-mana undang-undang bertulis mengenainya yang sedang berkuatkuasa.

1 Batas perairan wilayah (*Limit of Territorial Waters*) adalah 3 batu nautika mengikut *Emergency (Essential Power) Ordinance 1969*. Batas perairan antarabangsa (*Limit of International Water*) adalah 12 batu nautika. 1 batu nautika (1 knot) = 6,080 kaki 1 batu di daratan = 5,280 kaki.

Tanah Rizab ialah tanah yang dirizabkan untuk maksud awam menurut peruntukan seksyen 62 KTN atau mana-mana undang-undang tanah terdahulu (cth: rizab padang permainan, padang ragut, kubur dll).

Rizab Hutan ialah mana-mana tanah yang dirizabkan sebagai hutan di bawah Akta Perhutanan Negara 1984. Di dalam kajian ini terdapat beberapa bentuk pelupusan yang wujud antaranya adalah:

iii. Pelupusan Secara Pemberimilikan

Seksyen 5 KTN menjelaskan bahawa “berimilik” ertinya melupuskan tanah Kerajaan untuk selama-lamanya atau untuk satu tempoh beberapa tahun, sebagai balasan kepada pembayaran cukai sewa, dan selainnya selaras dengan peruntukan- peruntukan seksyen 76 atau, apabila digunakan berhubung dengan tempoh sebelum berkuatkuasanya Akta ini, melupuskan tanah Kerajaan untuk selama-lamanya atau untuk satu tempoh beberapa tahun di bawah undang-undang tanah terdahulu (yang bukan merupakan undang-undang yang berkaitan perlombongan).

Seksyen 76 KTN menyatakan bahawa pemberimilikan di bawah KTN hendaklah merupakan pelupusan tanah Kerajaan oleh PBN:

- a) Untuk tempoh tidak melebihi 99 tahun; atau
- b) Untuk tempoh selama-lamanya; di mana –
 - i. Kerajaan Persekutuan menghendaki PBN memberi untuk selama- lamanya kepada Kerajaan Persekutuan atau kepada sesuatu Pihak Berkuasa Awam;
 - ii. PBN berpuashati bahawa tanah itu akan digunakan bagi maksud awam; dan
 - iii. PBN berpuashati bahawa terdapat keadaan-keadaan istimewa yang membuatnya sesuai dilupuskan untuk selama- lamanya.
- c) Sebagai balasan pembayaran cukai tahunan;
- d) Sebagai balasan bayaran premium (melainkan sesuai dikecualikan);
- e) Tertakluk kepada suatu kategori kegunaan tanah (jika dikenakan); dan
- f) Tertakluk kepada apa-apa syarat dan sekatan kepentingan yang dikenakan oleh PBN.

iv. Pelupusan Selain Daripada Pemberimilikan

Selain pemberimilikan, KTN dalam Bahagian 4 menyenaraikan bentuk-bentuk pelupusan lain yang boleh dibuat oleh PBN. Pelupusan selain daripada pemberimilikan ini adalah:

- a. Perizaban
- b. Lesen pendudukan sementara
- c. Pengalihan bahan batuan
- d. Permit ruang udara.

METODOLGI KAJIAN

Lokasi Kajian

Pada mulanya INSTUN telah mendapat permohonan bantuan teknikal daripada Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) Negeri Perak berkenaan pengukuran keluasan isipadu gua untuk tujuan dibengkelkan dalam satu bengkel pelupusan gua batu kapur di negeri Perak. Oleh itu beberapa pegawai dari INSTUN telah turun ke lapangan untuk berikan bantuan kepakaran teknikal. Lokasi kerja kajian ini adalah di Gua Kundoh yang terletak di Mukim Teja, Kampar Perak (rujuk muka surat 88).

Objektif Pengukuran

Objektif pengukuran ini adalah bagi mendapatkan keluasan isipadu gua batu kapur menggunakan teknik terrestrial *laser scanning* secara *static* (pegun).

Pasukan Kerja

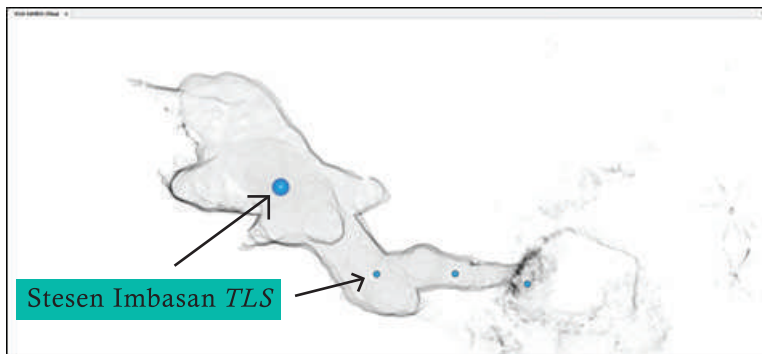
Pasukan kerja adalah terdiri daripada beberapa orang pegawai daripada Bahagian Ukur Pemetaan INSTUN dan juga seorang wakil daripada Bahagian Pentadbiran dan Perundangan Tanah INSTUN.

Peralatan (Lihat Jadual 1)

Teknik Pengukuran

Bagi menjalankan kajian ini, pendekatan pada kaedah imbasan secara pegun telah digunakan. Teknik ini memerlukan beberapa stesen imbasan dan untuk itu kawasan kajian perlu dibuat semakan awal secara ringkas.

Secara keseluruhannya, empat (4) stesen imbasan telah dibuat bagi melengkapkan kerja-kerja pengukuran (Gambar 20).



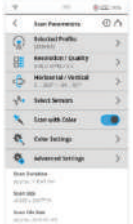
Gambar 19: Stesen imbasan digital *TLS*.



Gambar 20: Alat Faro Focus M70 dirisiap.

Tetapan pengukuran pada alat *TLS* ditetapkan secara dari Mode Outdoor HD bagi di luar gua manakala pada stesen di dalam gua ditetapkan dengan Mode Indoor HD. Masa imbasan bagi setiap stesen adalah selama empat belas (14) minit bagi melengkapkan imbasan secara 3600. (Lihat jadual 2)

Jadual 2: Tetapan alat imbasan

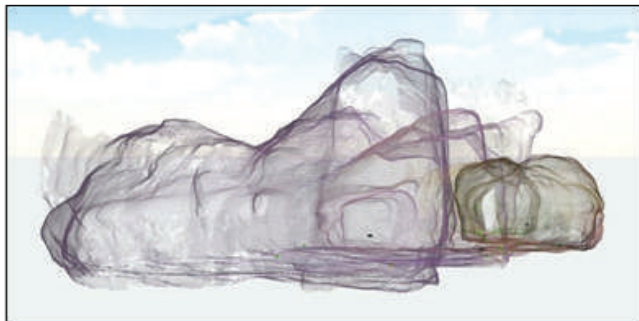
Bil	Gambar tetapan	Butiran
1.		Tetapan unit: • Jarak - meter • Suhu – Celsius ($^{\circ}\text{C}$) • Decimal Degree – Degree⁰ Minute ‘Second “
2.		Tetapan parameter: • Profile – Outdoor HD & Indoor HD • Resolution/ Quality – 4x • Horizontal/ Vertical - 360⁰ • Scan with color - HDR
3.		Tetapan Resolution/ Quality: • Resolution – 1/4 • Quality – 4x
4.		Start Scan: Tekan kekunci <i>Start</i>
5.		Masa imbasan berjalan
6.		Preview: Hasil imbasan boleh dilihat setelah kerja imbasan digital selesai.

HASIL KAJIAN/ KEPUTUSAN

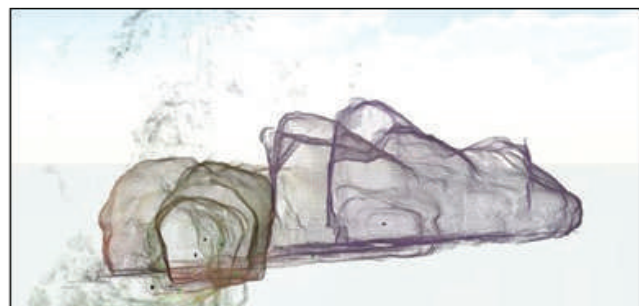
Berikut merupakan hasil dapatan imbasan digital secara *TLS* yang telah dibuat pada empat (4) stesen. (Lihat gambar 21 hingga 24)



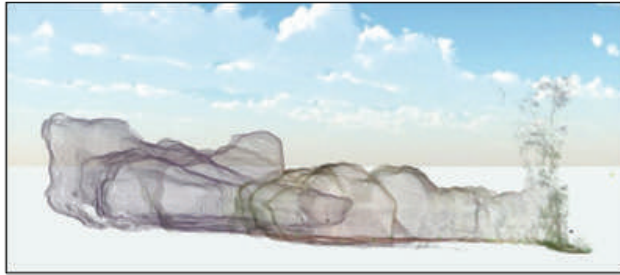
Gambar 21: Pandangan atas.



Gambar 22: Pandangan belakang.



Gambar 23: Pandangan sisi kanan.



Gambar 24: Pandangan sisi kiri.

Kesemua hasil imbasan digital ini telah diproses menggunakan perisian tersendiri iaitu Faro Scene (gambar 25).



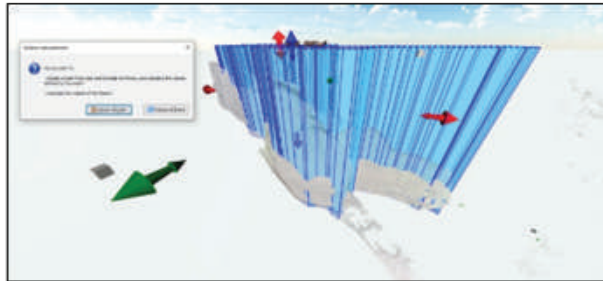
Gambar 25: Perisian Faro Scene.

Bagi mendapatkan keluasan isipadu gua, satu perisian tambahan kepada Faro Scene turut digunakan iaitu *Volume Measurement*. (Gambar 26)

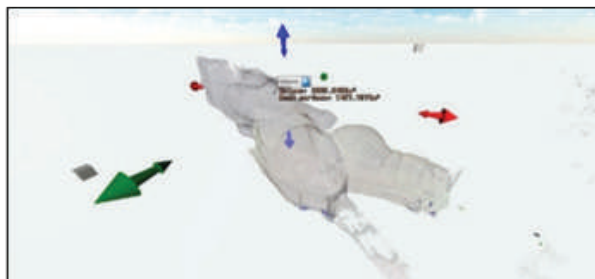


Gambar 26: Perisian Faro Scene.

Keluasan isipadu bagi gua Kandu diperolehi apabila menggunakan perisian *plug-in* yang ditambah didalam modul perisian Faro Scene. Berikut menunjukkan pengiraan yang dibuat oleh perisian secara *intelligence* (gambar 27 dan gambar 28).



Gambar 27: Pengiraan isipadu gua menggunakan perisian.



Gambar 28: Isipadu gua diperolehi iaitu 3065.8466m³.

Secara keseluruhan bagi mendapatkan isipadu gua, berikut adalah proses yang telah dilalui:

- i. *Daftar Project*
- ii. *Import Data*
- iii. *Processing*
- iv. *Registration*
- v. *Explore*
- vi. *Export data point cloud*
- vii. *Create mesh from scan point –*
- viii. *Volume of mesh*

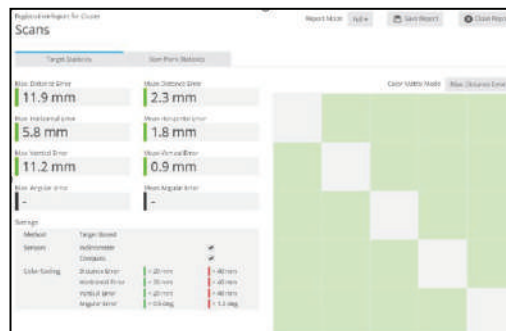
ANALISA DATA

Dalam penentuan isipadu yang diperolehi, nilai selisih bagi imbasan digital juga diberikan penekanan yang penting. Ini adalah bagi memastikan isipadu yang dijana boleh dipercayai. Oleh itu terdapat dua jenis selisih yang boleh diberikan perhatian iaitu:

Selisih Imbasan pada rujukan (*Sphere Ball*)

Selisih ini wujud di antara bacaan pada *Sphere Ball* yang sama oleh dua atau lebih stesen imbasan digital. Bacaan selisih imbasan digital *Sphere Ball* adalah seperti gambar 29 dan 30.

Nilai selisih maksimum bagi jarak = 11.9mm
 Nilai selisih maksimum bagi horizontal = 5.8mm
 Nilai selisih maksimum vertikal = 11.2mm



Gambar 29: Nilai selisih yang diperolehi bagi imbasan digital gua.

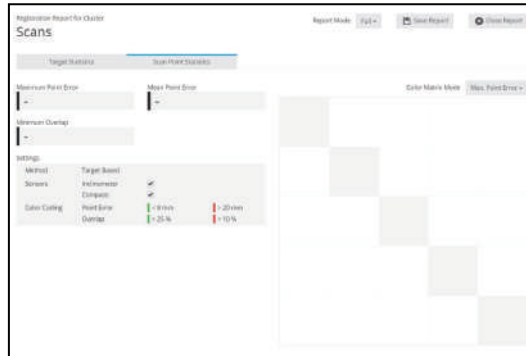
Detailed Errors									
Cluster/Scan	Connections	Max. Dist. (mm)	Mean Dist. (mm)	Max. Hor. (mm)	Mean Hor. (mm)	Max. Vert. (mm)	Mean Vert. (mm)	Max. Angle (deg)	Mean Angle (deg)
Scan_009	4	11.9	2.2	4.9	1.6	11.2	1.1	-	-
Scan_008	4	11.9	2.3	5.8	1.7	11.2	1.1	-	-
Scan_006	4	6.1	2.0	5.8	1.6	9.9	0.9	-	-
Scan_007	4	6.0	2.8	4.9	2.4	9.9	0.9	-	-
Scan_005	4	4.7	1.7	4.7	1.5	3.5	0.8	-	-

Inconsistency Measurements		
Cluster/Scan	Scan	Mismatch (deg)
Scan_008	Scan_008	0.0000
Scan_009	Scan_009	0.0000
Scan_007	Scan_007	0.0000
Scan_006	Scan_006	0.0000
Scan_005	Scan_005	0

Gambar 30: Nilai selisih yang diperolehi bagi imbasan digital gua.

Selisih *point Cloud* objek

Selisih ini wujud di antara bacaan pada *point cloud* objek yang sama oleh dua atau lebih stesen imbasan digital. Bacaan selisih imbasan digital point cloud adalah seperti gambar 31 dan 32.



Gambar 31: Nilai selisih *point cloud*.

Detailed Errors					
Cluster/Scan	Connections	Max. Point Error [mm]	Mean Point Error [mm]	Min. Overlap %	
▶ Scan_009	0	-	-	-	-
▶ Scan_008	0	-	-	-	-
▶ Scan_007	0	-	-	-	-
▶ Scan_006	0	-	-	-	-
▶ Scan_005	0	-	-	-	-

Inclinometer Mismatches		
Cluster/Scan	Scan	Mismatch [deg]
Scan_008	Scan_008	0.0000
Scan_009	Scan_009	0.0000
Scan_007	Scan_007	0.0000
Scan_006	Scan_006	0.0000
Scan_005	Scan_005	0

Gambar 32: Nilai selisih *point cloud*.

PERBINCANGAN

Setelah dapatan hasil daripada kajian ini diperolehi, satu sesi perbincangan secara bengkel telah diadakan bagi membincangkan kesesuaian penentuan kaedah pelupusan gua batu kapur di Negeri Perak. Pelbagai usul dan cadangan telah dibincangkan ini termasuklah aspek penwartaan warisan dan *limestone caves and hill uniqueness and safety*. Turut diutarakan juga hasil pengukuran menggunakan *TLS* bagi mendapatkan isipadu sesebuah gua.

Hasil perbincangan daripada bengkel tersebut, kaedah pengukuran menggunakan *TLS* merupakan satu cara yang amat berkesan bagi menentukan isipadu namun kekangan terhadap perolehan kepada peralatan yang agak mahal menyukarkan pelbagai pihak.

Kaedah pelupusan gua batu kapur menggunakan cara lesen pendudukan sementara dibawah seksyen 76 KTN Bahagian 4 adalah satu kaedah yang baik ini memudahkan pemantuan oleh pihak berkuasa tempatan.

KESIMPULAN DAN CADANGAN

Secara keseluruhan kajian potensi penggunaan alat pengimbas *digital laser terrestrial (TLS)* dalam mendapatkan keluasan dan isipadu gua bagi maksud pelupusan tanah di bawah KTN:

- i) Ketepatan dalam pengukuran sangat tinggi dengan nilai ketetapan menghampiri 10 mm.
- ii) Implimentasi penggunaan *TLS* bagi kerja pengukuran isipadu gua.
- iii) Penjimatan kos masa kerja
- iv) Risiko kemalangan di kawasan kerja merbahaya dapat dikurangkan.
- v) Pemodelan 3D gua dapat dijana dan dijadikan sebagai rujukan semasa.

Hasil daripada kajian serta kesimpulan yang telah dibuat, cadangan penambahbaikan bagi kajian ini adalah seperti:

- i) Kajian pelupusan tanah dibawah maksud Pelupusan Berimilik secara Lesen Pendudukan Sementara (LPS) untuk isipadu gua.
- ii) Mengadakan bengkel-bengkel pelupusan gua bagi mendapatkan solusi yang tepat.
- iii) Kemahiran operator teknologi seperti TLS di agensi yang terlibat perlu kompeten.

Hasil dan keputusan dari kajian ini mampu membantu pelbagai agensi ini terbukti apabila ianya dapat menyumbang kepada bantuan teknikal kepada Pejabat Tanah melalui JUPEM Negeri Perak. Selain itu juga Jabatan Warisan Negara turut berminat dengan hasil yang telah dipersembahkan oleh INSTUN. Oleh yang demikian satu jalinan kerja sama telah dibuat melalui bantuan teknikal bagi imbasan digital TLS terhadap monumen vetebrata di Gua Naga Emas.

INSTUN mengucapkan jutaan terima kasih kepada Pejabat Tanah Negeri Perak melalui JUPEM Perak atas ruang dan peluang bagi pegawai INSTUN untuk terus maju dalam bidang ukur dan pemetaan. Peluang yang diberikan ini telah dapat digunakan dengan sebaiknya apabila terhasilnya penulisan kajian ini. Harapan dimasa hadapan untuk terus diberikan peluang seperti ini.

RUJUKAN

Aris Stiawan, Pemetaan Topografi Menggunakan Teknologi *Terrestrial Laser Scanner*, Institut Teknologi Bandung.

Yuwono, Analisis Pemodelan 3d Candi Jawi Menggunakan Wahana Quadcopter Dan Terrestrial Laser Scanner (TLS), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Gusti Ayu Jessy Kartini, Hasil Pengukuran Terrestrial Laser Scanner Untuk Deteksi Rekahan Dalam Kaitannya Dengan Analisis Struktur Geologi (Studi Kasus Tebing Citatah 125, Jawa Barat), Institut Teknologi Nasional.

Adam Irwansyah Fauzi, Terrestrial Laser Scanner (TLS), Institut Teknologi Bandung.

Lichti, dkk (2005), Boehler, dkk (2002) & Staiger (2003)

Static TLS: https://forschungsinfrastruktur.bmbwf.gv.at/en/3d-terrestrial-laser-scanner-riegl-vz-4000_3715

Mobile TLS: https://www.tunnel-online.info/en/artikel/tunnel_Gotthard_Base_Tunnel_Surveying_the_Drive_Laser_Scanning_and_Track_2023549.html

Handheld TLS: <https://www.geospatialworld.net/news/geoslam-introduces-time-cost-saving-3d-mob>

<https://www.jasaukurtanah.com/mengenal-terrestrial-laser-scanner-inovasi-teknologi-untuk-bidang-survei-dan-pemetaan.html>

<https://geodesi.ugm.ac.id/en/praktikum-terrestrial-laser-scanner-tls-bersama-pt-getindo/>

<https://frastatraining.com/jurnal-surveying-tls-review/>

<https://zonaspasial.com/artikel-geospasial/teknologi-laser-scan-untuk-survey-engineering/>

<https://medium.com/@rizkimultimedia/fungsi-3d-laser-scanner-8d3febb59243>

<https://knowledge.faro.com/>