

## **Penubuhan Titik Tanda Sementara dengan Kaedah *Real Time Kinetic-Global Positioning System (RTK GPS)* untuk Kelestarian Kerja**

**Nor Azme Nordin<sup>1</sup>, Sulzakimin Mohamed<sup>2,3\*</sup>, Asiah Abd. Satar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah, Kuantan, Pahang, MALAYSIA

<sup>2</sup>Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor 86400, MALAYSIA

<sup>3</sup>Center of Sustainable Infrastructure & Environmental Management (CSIEM), FFTP, UTHM, Parit Raja Batu Pahat, 86400, MALAYSIA

\*Corresponding Author

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2022.03.02.031>

Received 30 September 2022; Accepted 01 November 2022; Available online 01 December 2022

**Abstract:** Land surveying technology plays an important role to ensure that all infrastructure development can be carried out quickly, save costs and energy and ensure the sustainability of work. The fast method known as RTK GPS is increasingly favored by surveyors because it adheres to the principle but in terms of accuracy and timing of measurements are still in doubt. In this study, the application of this rapid method was carried out with the establishment of temporary marking points for the purpose of survey work. Observations were made at 6 different locations/points of the environment to see the consistency and influence of location on the observation value. Observations were also done for 3 days and made at 4 different times, namely at night, morning, noon and evening. Observations of 5s, 20s and 30s were also made at each point involved. The results of the analysis have found that the establishment of temporary marking points is very suitable to be carried out in the afternoon and evening for all selected locations. While at other times the accuracy of the data is still within the permitted limits except at noon for locations on the high edges of tall buildings and in the forest. In terms of consistency, all selected control point station locations were also very consistent except at noon at locations next to tall buildings, on hills and in forests. In terms of observation time, the difference of 3s, 20s and 30s is not an issue because the difference is not very significant between the resulting observation values and still within the allowable limits. Hopefully, this study can provide a better understanding to surveyors and stakeholders in the field of land surveying in order to ensure the sustainability of work is obtained.

**Keywords:** Temporary Benchmark, Global Positioning System, Sustainability

**Abstrak:** Teknologi pengukuran tanah juga memainkan peranan penting untuk memastikan segala pembangunan infrastruktur dapat dijalankan dengan cepat, menjimatkan kos dan tenaga serta menjamin kelestarian kerja. Kaedah yang pantas dikenali sebagai RTK GPS semakin digemari oleh jurukur kerana menepati prinsip tersebut namun keraguan dari segi ketepatan dan masa pengukuran menjadi isu. Dalam kajian ini, penggunaan kaedah pantas ini dijalankan dengan penubuhan titik tanda sementara bagi tujuan kerja ukur. Cerapan dibuat di 6 lokasi/titik yang berbeza persekitaran untuk melihat konsistensi dan pengaruh lokasi kepada nilai cerapan. Cerapan juga dilakukan selama 3 hari dan dibuat pada 4 waktu berbeza iaitu pada malam hari, pagi, tengah hari dan petang. Cerapan 5s, 20s dan 30s juga dibuat pada setiap titik terlibat. Hasil analisis yang telah mendapati, penubuhan titik tanda sementara amat sesuai dijalankan pada waktu sebelah petang dan malam untuk kesemua lokasi yang dipilih. Manakala pada waktu lain kejituan data masih dalam had dibenarkan kecuali pada waktu tengahari untuk lokasi di tepi tinggi bangunan tinggi dan di dalam hutan. Dari segi konsistensi, semua lokasi stesen titik kawalan yang dipilih juga adalah sangat konsisten kecuali pada waktu tengahari di lokasi sebelah bangunan tinggi, di atas bukit dan di dalam hutan. Dari segi masa cerapan pula perbezaan 3s, 20s dan 30s tidak menjadi isu kerana perbezaan yang tidak begitu ketara antara nilai cerapan yang terhasil dan masih dalam had dibenarkan. Diharapkan, kajian ini boleh memberi pemahaman yang lebih kepada ahli ukur serta pihak yang berkepentingan dalam bidang ukur tanah demi memastikan kelestarian kerja diperolehi.

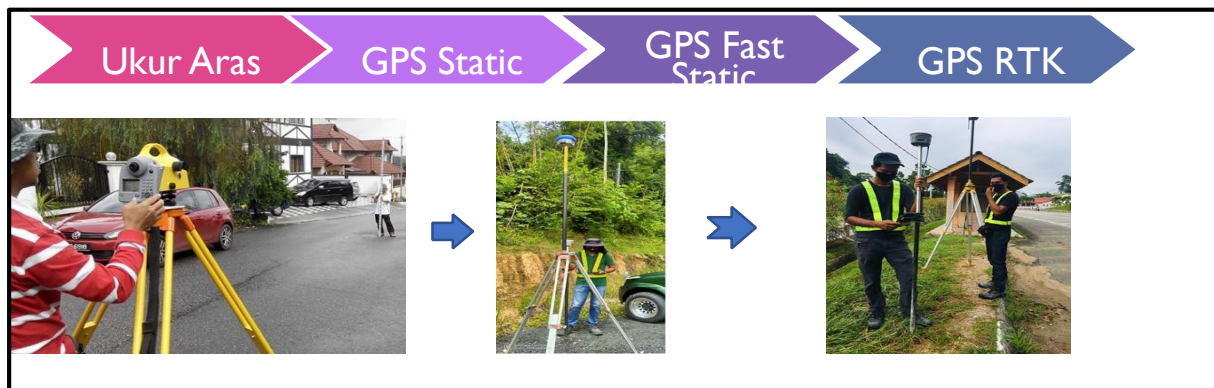
**Kata Kunci:** Tanda Sementara, GPS, Lestari

## 1. Pengenalan

Sistem satelit navigasi global (GNSS) mengalami perubahan drastik pada dekad awal 2020. Ianya disokong dengan pelancaran terakhir Sistem Satellite BeiDou oleh negara China pada 23 Jun 2020 (Antara (Wang & Qiu, 2020)). Lengkapnya sistem satellite di ruang angkasa, kaedah penggunaan GPS juga telah terkesan dan memberi kelebihan kepada pengguna GPS (Lu *et al.*, 2021; Zhao, Zeng, Liu, Gao, & Zhao, 2021). Kronologi penubuhan titik tanda sementara juga telah berubah dari semasa ke semasa (Liew *et al.*, 2020). Pelbagai teknik dan kaedah dalam penggunaan alatan GPS dalam membuat penubuhan titik tersebut di mana dari segi masa cerapan dan samada kaedah pasca-pemprosesan atau masa-hakiki adalah berbeza (Pahlevi, Prijatna, Meilano, & Sofian, 2017; Qin, Wang, & Song, 2018). Kaedah masa hakiki semakin diminati oleh jurukur di lapangan kerana dapat menjimatkan masa dan ini meningkatkan kelestarian kerja. Antara kaedah masa-hakiki yang digunakan ialah MyRTKnet dan RTK Base yang juga dikenali sebagai RTK GPS (Janssen, Grinter, & Roberts, 2011; Vollath, Buecherl, Landau, Pagels, & Wagner, 2000). Dalam kajian ini, kaedah RTK GPS digunakan untuk menilai keberkesanan kaedah ini dari segi konsistensi, pengaruh persekitaran, pengaruh waktu cerapan dan masa cerapan. Kajian ini menggunakan alat jenis CHC i50 dan CHC i70 dan perisian LandStar digunakan untuk merekod data cerapan. Justeru, kelestarian kerja di mana kos, masa dan tenaga adalah diutamakan demi menjaga alam sekitar dan ketepatan pengukuran tidak diabaikan.

Pembangunan infrastruktur yang kian pesat dalam negara memerlukan kerja-kerja pengukuran yang lebih cepat dan efisien. Masa pengukuran yang singkat dan nilai segera data ketinggian diperlukan untuk melancarkan proses pembinaan infrastruktur (van der Molen, 2015). Kaedah konvensional yang menggunakan alat aras untuk memindahkan nilai ketinggian memerlukan masa yang banyak dan bergantung kepada keadaan cuaca ketika cerapan. Kerja ukur aras juga tidak sesuai dijalankan pada masa tengahari kerana bahang dari jalan raya (Jerez & Alves, 2019; Tang, Yao, Kong, & Zhang, 2016). Kaedah alat aras juga tidak boleh dijalankan lagi apabila cuaca sudah menjadi gelap. Merujuk kepada Rajah 1 iaitu kronologi pengukuran untuk penubuhan TBM, bermula dari pengukuran aras hingga ke

kaedah RTK GPS, kaedah Statik GPS juga antara yang selalu digunakan untuk membuat penubuhan TBM (Gustin, Roziqin, & Fatulloh, 2018; 2011; Julianto, Safrel, & Taveriyanto, 2018). Namun kaedah statik ini juga memerlukan masa yang lama dan data cerapan tersebut mestilah diproses terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai ketinggian (pra-pemprosesan). Oleh itu beberapa objektif kajian ini adalah termasuk (1) Melihat konsistensi data cerapan berdasarkan 3 hari cerapan di stesen yang sama, (2) Melihat perbezaan dengan nilai cerapan berdasarkan nilai purata harian berbanding nilai sebenar stesen, (3) Melihat kesan tempoh masa cerapan 5s, 20s dan 30s pada data cerapan, (4) Melihat kesan pada waktu cerapan iaitu pada waktu pagi, tengah hari, petang dan malam, dan (5) Melihat faktor lokasi pada nilai cerapan.



**Rajah 1: Kaedah pengukuran**

Skop kajian ini melibatkan beberapa fasa atau langkah-langkah kerja dalam menghasilkan suatu data cerapan yang komprehensif dan boleh dinilai dengan baik terutama dalam penggunaan RTK GPS (Elaksher, Fernald, & Kapoko, 2016). Pemilihan lokasi cerapan seperti merujuk Rajah 2 di bawah dipilih berdasarkan suasana persekitaran yang berbeza supaya justifikasi terhadap kesan faktor persekitaran dapat dibuat. Lokasi yang dipilih dan dinamakan mengikut kod yang mudah supaya kerja-kerja pemprosesan dan analisis boleh dilakukan dengan tersusun.



**Rajah 2: Lokasi & Pengukuran yang Dilakukan**

## 2. Kajian Literatur

### 2.1 Real-Time Kinematic Global Positioning System (RTK GPS)

RTK GPS ialah teknik yang digunakan untuk meningkatkan ketepatan penerima *Global navigation satellite system* (GNSS) sendiri. Penerima GNSS tradisional, seperti yang terdapat dalam telefon pintar, hanya boleh menentukan kedudukan dengan ketepatan 2-4 meter (7-13 kaki). RTK GPS boleh memberi ketepatan sentimeter. infrastruktur yang kian pesat dalam negara memerlukan kerja-kerja pengukuran yang lebih cepat dan efisien. Masa pengukuran yang singkat dan nilai segera data ketinggian diperlukan untuk melancarkan proses pembinaan infrastruktur (Van Der Molen, 2015).

## 2.2 Temporary benchmark (TBM)

Titik tanda sementara atau *TBM (temporary bench mark)* adalah untuk kawalan pugak (mengaras/*levelling*) di mana titik ketinggian yang diketahui mungkin melebihi aras yang telah ditetapkan. Tahap ini tidak mutlak dan ditakrifkan secara tempatan oleh juruukur untuk tujuan tinjauan. Berdasarkan TBM tinjauan itu kemudiannya boleh dikurangkan ke tahap mutlak jika tahap TBM diketahui (Liu et al 2020).

## 2.3 Bangunan Hijau

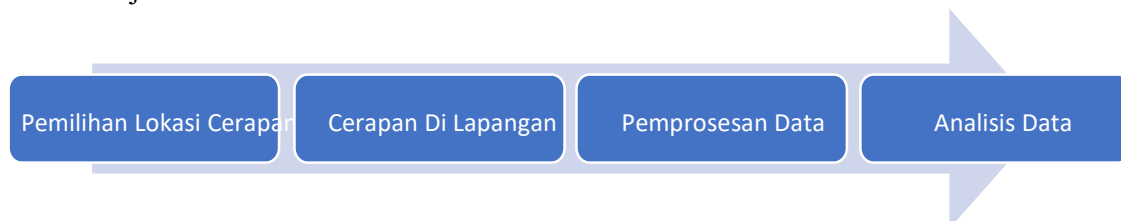
Terdapat enam kriteria yang diutamakan dalam pembangunan bangunan hijau iaitu yang menuju ke arah kelestarian kerja. Kriteria tersebut adalah kecekapan tenaga, kualiti persekitaran dalaman, perancangan dan pengurusan tapak lestari, bahan dan sumber, kecekapan air serta inovasi (Iliyas et al, 2019). Perancangan dan pengurusan dilakukan dalam mengurangkan beban tenaga pada sistem penyejukan dengan mengurangkan haba melalui pendedahan bumbung. Di kawasan rendah trafik, permukaan berturap dan berliang digunakan untuk membantu penyerapan air ribut di tapak dan mengurangkan hakisan. Bangunan hijau yang baik juga digalakkan untuk dibangunkan di lokasi yang mesra pejalan kaki bagi menggalakkan gaya hidup sihat dan mid alternatif pengangkutan bagi kawasan bandar.

## 2.4 Green Building Index Malaysia (GBI)

Dalam penilaian pihak *Green Building Index Malaysia* GBI, aspek yang dipandang penting ialah perancangan tapak yang melibatkan pemilihan tapak, kepadatan bangunan dan kesambungan komuniti, pengurusan alam sekitar serta pencemaran bunyi (Nikman Lee et al., 2020). Akses pengangkutan awam dan pelan pengangkutan turut diberi perhatian dalam penilaian selain reka bentuk yang memfokuskan kepada larian air ribut melalui kualiti dan kuantiti. Justeru, pemilihan RTK GPS adalah bersesuaian dalam kelestarian kerja untuk penubuhan titik tanda sementara.

## 3. Metodologi Kajian

Kaedah bermaksud cara bagaimana kajian tersebut dilaksanakan. Kaedah kajian kebiasaannya terbahagi kepada empat jenis iaitu kajian perpustakaan, kajian lapangan, kajian survei/ tinjauan dan temuduga. Kaedah-kaedah kajian ini berbeza mengikut bidang-bidang yang diusahakan (Raja et al., 2016). Kajian ini melibatkan beberapa fasa atau langkah-langkah kerja dalam menghasilkan suatu data cerapan yang komprehensif dan boleh dinilai dengan baik terutama dalam penggunaan RTK GPS (Elaksher, Fernald, & Kapoko, 2016) . Rajah 3 di bawah menunjukkan metodologi kajian yang dibuat untuk kajian ini.



Rajah 3: Metodologi Kajian

Pemilihan kawasan di dalam hutan dan di bawah pokok dipilih untuk melihat kesan kanopi pada data cerapan, manakala lokasi di bawah adalah seperti dalam objektif kajian. Berikut adalah kod cerapan yang digunakan bagi lokasi yang dipilih:

1. Tanah Lapang = TL
2. Bawah Talian Penghantaran Elektrk = TA
3. Bawah Pokok = BP
4. Dalam Hutan = DH
5. Tepi Bangunan Tinggi = BO
6. Atas Bukit = AB

Seterusnya, analisis data adalah suatu proses yang sistematik dalam menguruskan dan memaparkan hasil dapatan kajian dalam cara yang mudah difahami. Analisis data melibatkan proses menguruskan data dan mensintesis data, mengkaji hasil dapatan kajian serta menginterpretasikan dapatan kajian (Raja *et al.*, 2016). Justeru, analisis data bagi kajian ini dilakukan secara teratur dalam menterjemah maksud yang terkandung dalam data yang telah dicerap dilaporkan.

#### 4. Dapatan Kajian dan Perbincangan

Bahagian analisis dan perbincangan membentangkan hasil kajian mengikut topik dan subtopik kajian. Hasil kajian lazimnya dilaporkan dalam bentuk jadual, rajah dan teks yang merupakan maklumat terus untuk menjawab persoalan kajian (Chua, 2014). Data cerapan direkod di dalam perisian LandStar yang terdapat pada Controller GPS dan dimuat turun sebaik sahaja kerja pengukuran selesai di lapangan menggunakan format .CSV file. Seterusnya ianya diproses menggunakan perisian ecell sahaja kerana data tersebut berada dalam format Ascii file. Analisa terhadap data dibuat dengan membandingkan data cerapan pada setiap hari dan juga dengan nilai sebenar yang ada pada setiap stesen cerapan. Purata selisih ketinggian yang dibezakan melalui perbezaan cerapan sebenar di lapangan dibezakan dengan purata cerapan, warna hijau menunjukkan data cerapan yang berkejituan tinggi dan sangat konsisten, warna biru muda data yang masih boleh diterima pakai dan konsisten manakala wana merah menunjukkan data cerapan sangat tidak konsisten mengikut hari. Dari Jadual 1, dapat dilihat dengan jelas, data sangat tidak konsisten pada waktu cerapan tengahari dan sangat konsisten pada sebelah petang dan malam. Ini juga adalah kemungkinan gangguan inosphere pada data dari satellite (Erickson *et al.*, 2001; Norin, Grach, & Thidé, 2006; Tang *et al.*, 2016).

**Jadual 1: Data Cerapan di Lapangan**

Code	Duration	Day	Error Mean			
			Morning	Noon	Evening	Night
BO	5s	Wednesday	-0.019	-0.032	0.012	0.003
		Thursday	0.068	0.128	-0.012	-0.014
		Saturday	-0.049	-0.095	0.000	0.010
	20s	Wednesday	-0.020	-0.029	0.002	-0.004
		Thursday	0.053	0.146	-0.002	-0.006
		Saturday	-0.034	-0.117	-0.001	0.009
	Wednesday	-0.030	-0.036	0.004	-0.020	

	30s	Thursday	0.049	0.161	-0.002	0.007
		Saturday	-0.018	-0.124	-0.003	0.013
BP	5s	Wednesday	-0.019	-0.034	-0.004	-0.044
		Thursday	-0.021	0.020	0.003	0.028
		Saturday	0.040	0.013	0.000	0.015
	20s	Wednesday	-0.015	-0.042	-0.015	-0.041
		Thursday	-0.021	0.021	0.009	0.018
		Saturday	0.037	0.021	0.005	0.023
	30s	Wednesday	-0.014	-0.045	-0.011	-0.038
		Thursday	-0.024	0.023	0.003	0.017
		Saturday	0.039	0.022	0.007	0.021
AB	5s	Wednesday	-0.034	-0.055	-0.026	0.002
		Thursday	0.033	0.030	0.042	-0.019
		Saturday	0.002	0.024	-0.015	0.017
	20s	Wednesday	-0.036	-0.054	-0.024	0.002
		Thursday	0.033	0.031	0.044	-0.006
		Saturday	0.003	0.024	-0.019	0.004
	30s	Wednesday	-0.033	-0.053	-0.025	-0.010
		Thursday	0.025	0.024	0.037	0.011
		Saturday	0.007	0.028	-0.012	0.000
DH	5s	Wednesday	-0.019	0.116	-0.004	-0.048
		Thursday	-0.010	-0.022	0.003	0.020
		Saturday	0.028	-0.095	0.000	0.027
	20s	Wednesday	-0.030	0.155	-0.006	-0.041
		Thursday	-0.007	-0.033	0.019	0.015
		Saturday	0.036	-0.122	-0.013	0.026
			Wednesday	-0.027	-0.032	0.011

	30s	Thursday	0.002	0.066	0.014	0.030
		Saturday	0.024	-0.033	-0.024	0.008
TL	5s	Wednesday	-0.031	-0.048	-0.016	-0.010
		Thursday	0.021	0.021	0.024	-0.014
		Saturday	0.009	0.027	-0.009	0.024
	20s	Wednesday	-0.030	-0.057	-0.009	-0.002
		Thursday	0.014	0.017	0.025	-0.013
		Saturday	0.017	0.040	-0.016	0.015
	30s	Wednesday	-0.030	-0.060	-0.007	0.005
		Thursday	0.010	0.017	0.018	-0.011
		Saturday	0.021	0.043	-0.011	0.005
TA	5s	Wednesday	-0.014	-0.033	-0.015	-0.008
		Thursday	-0.001	0.019	0.023	0.001
		Saturday	0.014	0.014	-0.007	0.006
	20s	Wednesday	-0.012	-0.034	-0.003	-0.001
		Thursday	-0.002	0.018	0.018	-0.001
		Saturday	0.014	0.015	-0.015	0.001
	30s	Wednesday	-0.015	-0.060	-0.004	-0.004
		Thursday	0.000	0.017	0.014	0.004
		Saturday	0.014	0.043	-0.010	-0.001

Selain dari itu, pengukuran dapat dijalankan dengan jayanya di mana masa dapat dipendekkan, mengurangkan sumber di mana pekerja tidak perlu ramai dan kos juga dapat dikurangkan. Di samping itu, tapak pengukuran dapat dikurangkan tahap pencemarannya kerana masa pengukuran dapat dikurangkan iaitu manusia dan teknologi tidak mengambil masa yang lama berada di tapak pengukuran tersebut. Justeru, ini menepati prinsip kelestarian kerja dan dapat meningkatkan ketepatan kerja pengukuran.

## 5. Kesimpulan

Kesimpulannya, hal pertama iaitu data cerapan RTK GPS adalah konsisten kecuali pada sebelah tengah hari. Kedua berdasarkan perbezaan dengan nilai sebenar di lapangan kebanyakan data cerapan



menghampiri nilai sebenar kecuali di waktu tengah hari. Ketiga, tidak terdapat perbezaan yang ketara antara tempoh cerapan 5s, 20s dan 30s. Jadi jurukur boleh memilih dari mana-mana tempoh masa tersebut untuk membuat cerapan. Keempat, terdapat kesan yang besar pada nilai cerapan mengikut waktu cerapan dilakukan. Jurukur di lapangan tidak digalakkan sama sekali untuk membuat TBM di waktu tengah hari. Kelima, lokasi juga memainkan peranan penting dalam mendapatkan data cerapan yang baik. Penubuhan TBM di sebelah bangunan tinggi dan di dalam hutan tidak digalakkan berdasarkan hasil kajian. Justeru, kaedah RTK GPS adalah sesuai untuk kepentingan penjagaan alam sekitar di mana masa keberadaan di tapak pengukuran dapat dikurangkan, kos dapat dikurangkan di mana sumber tenaga dapat dikurangkan. Sehubungan dengan itu, jurukur mesti mengetahui masa untuk melakukan cerapan dan tempat yang sesuai untuk melakukan kerja pengukuran tersebut.

## Penghargaan

Pengkaji ingin mengucapkan penghargaan kepada Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Geran penyelidikan TIER 1 VOT Q021, Pusat Pengurusan Penyelidikan (RMC) UTHM dan Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan UTHM di atas sokongan ke atas penyelidikan ini.

## Rujukan

- Antara, 2020. Satelit Baru Sistem Satelit Navigasi BeiDou Cina Masuk Orbit, diambil dari <http://tekno.tempo.co>
- Chua, Y. P. (2014). *Kaedah Penyelidikan*. 3<sup>rd</sup> ed. Malaysia, McGraw Hill Sdn Bhd
- Elaksher, A. F., Fernald, A., & Kapoko, F. (2016). Evaluating the use of GPS heights in water conservation applications. *Survey Review*, 48, 195–201. doi:10.1179/1752270615Y.0000000021
- Erickson, W. C., Perley, R. A., Flatters, C., & Kassim, N. E. (2001). Ionospheric corrections for VLA observations using local GPS data. *Astronomy and Astrophysics*, 366, 1071–1080. doi:10.1051/0004-6361:20000359
- Gülmez, S., & Tuşat, E. (2017). The Analysis of GPS Data in Different Observation Periods Using Online GNSS Process Services. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 4, 43–53. doi:10.30897/ijegeo.306492
- Gustin, O., Roziqin, A., & Fatulloh, A. (2018). Determination and Measurement of Horizontal Control Points 2nd Order. In *Proceedings of the 2018 International Conference on Applied Engineering, ICAE 2018*. doi:10.1109/INCAE.2018.8579379
- Janssen, V., Grinter, T., & Roberts, C. (2011). Can RTK GPS be used to improve cadastral infrastructure? *Engineering Journal*, 15, 43–54. doi:10.4186/ej.2011.15.1.43
- Jerez, G. O., & Alves, D. B. M. (2019). Generation and performance analysis of gps and glonass virtual data for positioning under different ionospheric conditions. *Boletim de Ciencias Geodesicas*, 25. doi:10.1590/s1982-21702019000200007
- Iliyas, Adi & Abd Hamid, Nadiah & Sanusi, Soliha. (2019). Tax Incentives for Green Industries: Determinants of Performance between Green Building Index (GBI) and Non-Green Building Index Firms in Malaysia. *KnE Social Sciences*. 10.18502/kss.v3i22.5087.
- Julianto, E. N., Safrel, I., & Taveriyanto, A. (2018). High Accuracy Geodetic Control Point Measurement Using GPS Geodetic With Static Methods. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 20, 81–89. doi:10.15294/jtsp.v20i2.16300
- Liew, J. U., Md Din, A. H., M Idris, K., Hamden, M. H., Zulkifli, N. A., & Hairy Ansar, A. M. (2020). A New Redefinition of Geodetic and Plane Coordinates on UTM Geodetic Markers. *Built Environment Journal*, 17, 9. doi:10.24191/bej.v17isi.11741
- Liu, Yang & Zhang, Chuanyin & Ke, Baogui & Xu, Pengfei & Li, Wanqiu. (2020). The Influence of Sea-Level Changes on Geodetic Datums along the East Coast of China. *Marine Geodesy*. 44. 1-16. 10.1080/01490419.2020.1835757
- Lu, W., Ma, G., Wan, Q., Li, J., Wang, X., Fu, W., & Maruyama, T. (2021). Virtual reference station-based computerized ionospheric tomography. *GPS Solutions*, 25. doi:10.1007/s10291-020-01039-1
- Mubarak, O. M. (2020). The Effect of Carrier Phase on GPS Multipath Tracking Error. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 10, 6237–6241. doi:10.48084/etasr.3578



- Nikman Lee M S, Sulzakimin Mohamed, Md Asrul Nasid Masrom, Muhamad Azhar Abas, Seow Ta Wee (2020) Risk In Green Retrofits Projects: A Preliminary Study On Energy Efficiency, IOP PUBLISHING , 1, ISBN:1757899X
- Norin, L., Grach, S. M., & Thidé, B. (2006). On the linear stage of thermal parametric instabilities in the ionosphere excited by HF pumping near electron gyroharmonics. *Advances in Space Research*, 38, 2527–2532. doi:10.1016/j.asr.2004.12.014
- Pahlevi, A. M., Prijatna, K., Meilano, I., & Sofian, I. (2017). Investigation Of The Solid Earth Tide Based On Gps Observation And Superconducting Gravimeter Data. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 22, 29. doi:10.24895/jig.2016.22-1.488
- Qin, S., Wang, W., & Song, S. (2018). Comparative study on vertical deformation based on GPS and leveling data. *Geodesy and Geodynamics*, 9, 115–120. doi:10.1016/j.geog.2017.07.005
- Tang, J., Yao, Y., Kong, J., & Zhang, L. (2016). Large-scale traveling ionospheric disturbances using ionospheric imaging at storm time: A case study on 17 march 2013. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 145, 12–20. doi:10.1016/j.jastp.2016.04.006
- Van der Molen, P. (2015). Rapid urbanisation and slum upgrading: What can land surveyors do? *Survey Review*, 47, 231–240. doi:10.1179/1752270614Y.0000000125
- Vollath, U., Buecherl, A., Landau, H., Pagels, C., & Wagner, B. (2000). Multi-Base RTK Positioning Using Virtual Reference Stations. *Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS 1998)*, 123–131. Retrieved from [http://www.ion.org/search/view\\_abstract.cfm?jp=p&idno=1515](http://www.ion.org/search/view_abstract.cfm?jp=p&idno=1515)
- Wang, L., & Qiu, R. (2020). Beidou satellite positioning method based on IoT and edge computing. *Sensors (Switzerland)*, 20. doi:10.3390/s20030889
- Zhang, X., Chen, X., Feng, W., Zhang, J., & Bao, H. (2019). Technology for Virtual Reference Station Service with Gradient Information of Spatially Correlated Errors. *Xinan Jiaotong Daxue Xuebao/Journal of Southwest Jiaotong University*, 54, 1005–1011. doi:10.3969/j.issn.0258-2724.20180140
- Zhao, B., Zeng, Q., Liu, J., Gao, C., & Zhao, T. (2021). A new polar alignment algorithm based on the Huber estimation filter with the aid of BeiDou Navigation Satellite System. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 17. doi:10.1177/15501477211004115