

PENILAIAN KETEPATAN PENGAMBILAN BUTIRAN MENGGUNAKAN GPS/IMU JENIS STEC UNTUK APLIKASI KADASTER

Che Khairil Yusri Yusof^{1*}, Nor Azme Nordin² and Sulzakimin Mohamed³

^{1,2}Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah, Kuantan, Pahang, Malaysia

³Universiti Tuh Hussein Onn, Batu Pahat, Johor

* khairil@polisas.edu.my

ARTICLE INFO

Article history:

Received

14 July 2025

Received in revised form

18 Sept 2025

Accepted

3 Oct 2025

Published online

15 Oct 2025

Keywords:

GPS; IMU; STEC

ABSTRACT

Kajian menilai ketepatan pengambilan butiran menggunakan sistem Penentuan Kedudukan Global “GPS”/Inertial Measurement Unit “IMU” jenis STEC dalam aplikasi kadaster. Teknologi GPS/IMU telah menjadi alat penting dalam pemetaan dan kadaster, kerana kemampuannya untuk menyediakan data kedudukan yang tepat dan boleh dipercayai. Kajian ini melibatkan pengumpulan dan analisis data menggunakan GPS/IMU jenis STEC di beberapa titik. Hasil kajian menunjukkan bahawa sistem GPS/IMU jenis STEC mampu memberikan ketepatan yang tinggi dalam pengambilan butiran, dengan ralat kedudukan yang minimum. Alat model GPS STEC yang dilengkapi teknologi IMU digunakan dalam kaedah kajian ini untuk menghasilkan data koordinat (X, Y) dan ketinggian (H) secara lengkap. Alat total station dan digital level juga digunakan untuk memperoleh ketinggian secara manual bagi mengukur ketepatan antara teknologi IMU dan alat konvensional. Kajian ini mendapati sudut pegangan pole dan faktor masa cerapan mempengaruhi nilai bacaan. Masa cerapan juga memainkan peranan penting dalam mendapatkan bacaan yang lebih tepat. Cerapan selama 15 saat memberikan nilai RMSE yang lebih kecil berbanding cerapan selama 1 saat. Bacaan terbaik dicapai apabila sudut pole 60° dan cerapan dilakukan selama 15 saat, dengan nilai 0.049 untuk utara, 0.024 untuk timuran, dan 0.024 untuk ketinggian. Penggunaan GPS/IMU jenis STEC dalam aplikasi kadaster meningkatkan ketepatan pengambilan butiran dan mempercepatkan proses pemetaan.

1. Pengenalan

Inertial Measurement Unit (IMU), ialah peranti elektronik yang direka untuk mengukur dan melaporkan kelajuan, orientasi dan daya graviti objek. IMU mengumpul data daripada pelbagai penderia yang disepadukan dalam satu unit, termasuk pecutan,

giroskop, dan magnetometer (Potter, Ojeda, Perkins, & Cain, 2019). Data yang dikumpul oleh IMU digunakan untuk mengira kedudukan dan pergerakan objek dengan lebih tepat, terutamanya apabila digabungkan dengan sistem penentuan kedudukan global (GPS). Dalam konteks aplikasi kadaster, penggunaan IMU bersama GPS dapat meningkatkan ketepatan pengambilan butiran tanah, terutamanya di kawasan yang sukar diakses atau terhalang oleh isyarat satelit. Teknologi ini membolehkan pengukuran yang lebih konsisten dan boleh dipercayai, yang penting untuk pemetaan dan pengurusan tanah yang efisien.

Teknologi IMU dalam GPS model STEC digunakan dalam sebarang kerja pengukuran di lapangan. Cara IMU berfungsi dengan mengesan pergerakan penerima GPS, kedudukan masa nyata antena GPS boleh ditentukan (Park, Kim, and Seo, 2020). Pengoperasian IMU adalah dengan mengesan pergerakan penerima GPS, yang membolehkan penentuan kedudukan masa nyata antena GPS dengan ketepatan tinggi. Dengan pengiraan sudut yang sederhana, kita boleh mendapatkan koordinat hujung pole walaupun penerima GPS tidak berada tegak di atas titik yang diukur. Pengiraan sudut yang mudah ini membolehkan kita memperoleh koordinat hujung pole walaupun antena GPS tidak tepat di atas titik. Ini sangat meningkatkan kemampuan penerima GPS, terutama dalam pengukuran di mana isyarat satelit GPS boleh terputus akibat halangan seperti bumbung atau lokasi yang s

2. Penyataan Masalah

Juruukur sering menghadapi masalah dengan beberapa titik atau butiran yang sukar dicerap oleh penerima GPS, terutama di kawasan yang sukar diakses. Situasi ini kerap berlaku di lokasi yang terhalang atau tersembunyi, seperti di dalam longkang atau parit besar (Chen et al, 2023 dan Dawson et al. 2022). Keadaan ini menyebabkan juruukur menghadapi cabaran besar dalam mendapatkan data yang tepat dan boleh dipercayai, kerana alat penerima GPS tidak dapat berfungsi dengan baik di kawasan yang terhad atau dipenuhi dengan halangan fizikal.

Selain itu, dalam kerja ukur menggunakan GPS, pengguna perlu memastikan pole dipegang tegak pada sudut 90° untuk mencapai ketepatan data yang tinggi. Namun, keperluan ini sering menyulitkan proses pengukuran, kerana pengguna perlu lebih lama memastikan pole berada dalam kedudukan yang betul. Akibatnya, kerja ukur yang sepatutnya cepat selesai mungkin memakan masa lebih lama, mengurangkan keberkesanan dan produktiviti.

3. Objektif Kajian

1. Menganalisis keberkesanan penggunaan Inertial Measurement Unit (IMU) model STEC dalam cerapan data koordinat dan ketinggian.
2. Menilai kesan sudut pegangan alat penerima GPS STEC terhadap ketepatan data yang dicerap.

4. Skop Kajian

Skop kajian ini merangkumi pengambilan data butiran di kawasan POLISAS, dengan menggunakan teknologi Inertial Measurement Unit (IMU) dan alat penerima GPS model

STEC. Ianya akan menumpukan kepada beberapa perkara, iaitu masa cerapan, ketinggian dan juga koordiant. Selain itu, perisian yang digunakan bagi tujuan penghasilan diagram dan adalah CDS dan AutoCAD 2024.

5. Kajian Literatur

Dengan mengesan pergerakan penerima GPS, kedudukan masa nyata antenna GPS boleh ditentukan. Dengan pengiraan kecondongan yang mudah, kita boleh mendapatkan koordinat hujung tiang walaupun antenna GPS tidak diletakkan tepat di atas titik (Kaplan and Hegarty, 2017). Ia sangat meningkatkan keupayaan penerima GPS, terutamanya apabila ia melibatkan pengukuran titik di mana sambungan satelit GPS boleh terputus disebabkan oleh, contohnya, blok bumbung atau titik yang sukar dicapai oleh juruukur sendiri.(Caron et al, 2006 dan Chen, 2021)

Sensor unit ukuran inersia atau unit ukuran inersia (IMU) ialah transduser atau unit sensor (gabungan daripada pelbagai sensor) yang menggunakan sistem pengukuran seperti pecutan, giroskop, dan magnetometer digunakan untuk mengukur perubahan kedudukan objek pada titik rujukan tertentu (Hazry, et al. 2009, Hosseinyalamdary, 2018 dan Or 2022). IMU (Inertial Measurement Unit) dan GPS (Global Positioning System) adalah dua teknologi penting yang sering digunakan bersama dalam navigasi dan pemetaan. GPS membetulkan drift dalam IMU, kerana IMU boleh mengalami kesilapan kecil (drift) jika digunakan dalam tempoh yang lama tanpa pembedulan dari sumber lain (Simen and Terje, 2023). Tambahan pula untuk merealisasikan sistem sensor dengan saiz yang sangat besar kecil, maka teknologi MEMS digunakan iaitu sistem elektronik dan mekanikal miniatur dengan saiz mikro.

6. Metodologi

Kajian ini dilaksanakan secara berperingkat untuk memastikan ia teratur dan berjaya mencapai objektif yang telah ditetapkan.

- **Merancang kawasan kajian**

Sebelum melakukan kerja pengukuran atau kerja apa sekalipun, kita haruslah membuat perancangan awal. Perancangan awal ialah kita mengetahui apa permasalahan kajian hendak dibuat, bagaimana cara untuk melakukan kajian seperti bahan atau peralatan yang perlu digunakan serta kos yang perlu diambil kira (Guyard, Montavon, Bertolaccini, and Deriaz, 2023).

- **Mengenal pasti stesen kawalan yang ingin dilakukan**

Stesen kawalan ini akan menjadi titik rujukan dalam pengukuran yang mana pemilihan lokasi yang strategik akan memberikan hasil yang lebih tepat dan boleh dipercayai. Proses ini juga memastikan bahawa data yang dikumpulkan memenuhi keperluan yang dihasilkan.

- **Meletakkan stesen kawalan di kawasan pillar kalibrasi CRM GPS dan membuat trabas kelas pertama sehingga dihadapan kuarters untuk membawa nilai koordinat tersebut.**

Stesen kawalan diletakkan dikawasan pilar kalibarsi **CRM GPS** untuk memastikan ketepatan dalam pengukuran koordinat. Trabas kelas pertama dilakukan sebagai persediaan untuk mendapatkan nilai sehingga di makmal ukur

- **Menanam piket dikawasan yang terlindung seperti bumbung, pokok dan lain-lain.**

Langkah ini melibatkan penanaman piket di kawasan-kawasan yang terlindung, seperti di bawah bumbung atau seperti di bawah pokok dan struktur lain yang berhampiran pokok dan struktur lain yang terselindung. Hal ini disebabkan, untuk mendapat nilai di kawasan tersebut menggunakan alat GPS STEC.

- **Membuat ukur aras laras di stesen kawalan yang telah ditanam, dan menggunakan nilai "Standard Benchmark" SBM.**

Pengukuran aras laras perlu dilakukan di stesen kawalan yang telah dipasang bagi memastikan data aras yang diperoleh adalah selaras dan tepat. Dalam langkah ini, nilai SBM digunakan sebagai rujukan tambahan untuk membandingkan dan menyesuaikan aras laras bagi memperoleh hasil yang lebih konsisten dalam keseluruhan kajian.

- **Mencerap nilai koordinat di setiap stesen trabas menggunakan alat GPS STEC yang mempunyai teknologi IMU**

Proses seterusnya adalah mencerap atau merekodkan nilai koordinat di setiap stesen trabas yang telah ditetapkan. Alat GPS STEC yang dilengkapi dengan teknologi IMU digunakan bagi tujuan ini, yang mana teknologi IMU membantu meningkatkan ketepatan bacaan dan koordinat. Langkah ini adalah penting untuk memastikan data lokasi yang dikumpulkan adalah tepat.

- **Mengambil butiran di kawasan trabas menggunakan GPS STEC**

Setelah semua piket ditanam, data dan butiran lanjut di kawasan trabas akan diambil menggunakan GPS STEC. Alat ini membolehkan pengumpulan data yang lebih tepat dan terperinci mengenai ciri-ciri fizikal kawasan tersebut, yang akan digunakan dalam proses analisis seterusnya.

- **Memproses data dan membuat pengiraan**

Data yang telah dikumpulkan dari semua stesen dan kawasan trabas kini diproses dan dikira. Langkah ini melibatkan analisis mendalam terhadap maklumat yang diperoleh bagi memastikan ia sesuai dengan tujuan kajian. Sebarang data yang tidak tepat atau tidak lengkap akan diteliti semula untuk mengelakkan kesilapan dalam laporan akhir.

- Menganalisis data dan mengeluarkan hasil menggunakan perisian CDS

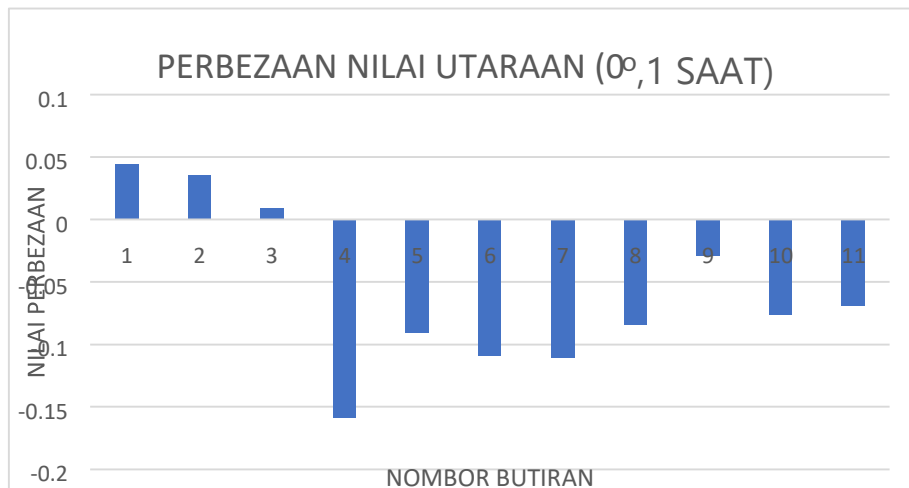
Langkah akhir melibatkan penggunaan perisian CDS dan untuk menganalisis data yang telah diproses. Perisian ini membantu dalam menghasilkan output visual yang tepat, seperti peta dan pelan kawasan, yang dapat digunakan untuk rujukan masa depan atau sebagai laporan kepada pihak berkepentingan. Ini adalah langkah penting bagi memastikan hasil kajian adalah mudah difahami dan boleh digunakan untuk membuat keputusan yang berinformasi.

7. Hasil Kajian

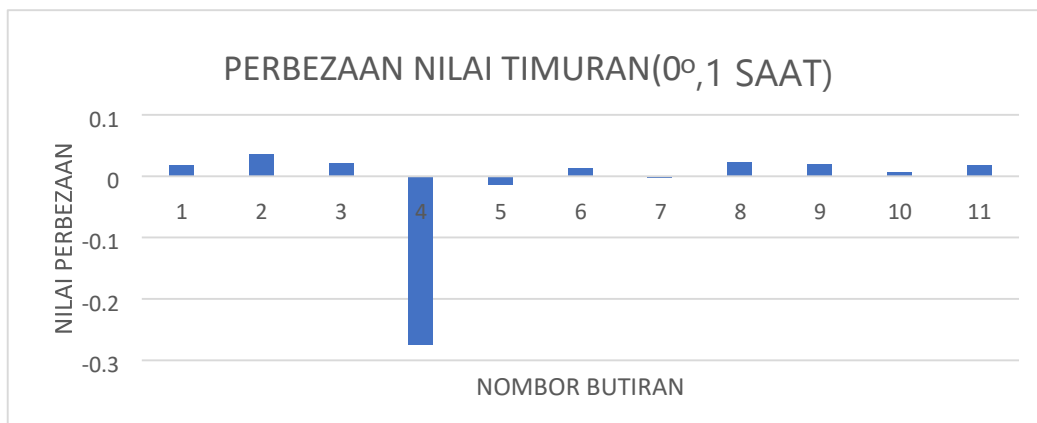
Jadual 1 dan Rajah 1,2,3 menunjukkan perbezaan cerapan 1saat Utaraan, Timuran dan Tinggi dengan nilai sebenar.

Jadual 1. Cerapan 1saat Utaraan, Timuran dan Tinggi

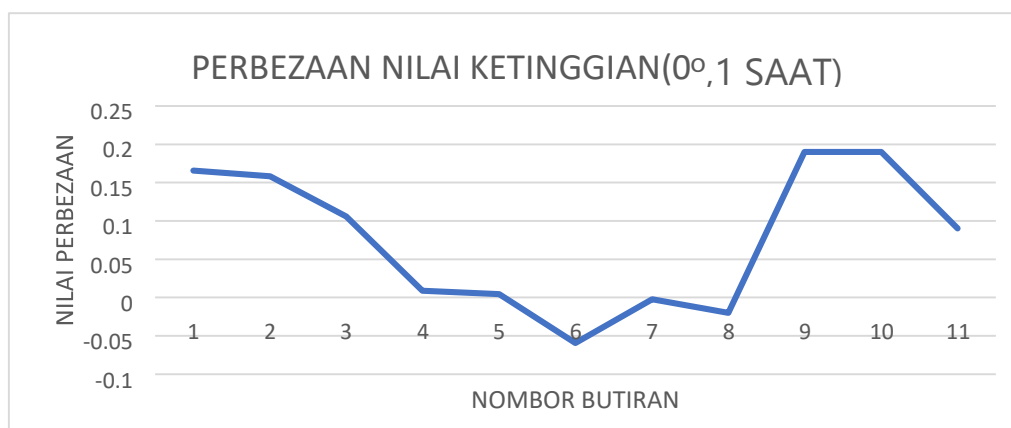
Code	(beza northing)	(beza easting)	(beza tinggi menggunakan digital level dan gps)
1_1s	0.044	0.017	0.166
2_1s	0.035	0.036	0.158
3_1s	0.009	0.021	0.106
4_1s	-0.159	-0.274	0.009
5_1s	-0.091	-0.013	0.005
6_1s	-0.109	0.013	-0.059
7_1s	-0.111	-0.001	-0.002
8_1s	-0.084	0.022	-0.02
9_1s	-0.029	0.019	0.19
10_1s	-0.076	0.007	0.19
11_1s	-0.069	0.017	0.09



Rajah 1. Graf beza bacaan cerapan 1saat Utaraan



Rajah 2. Graf beza bacaan cerapan 1saat Timuran



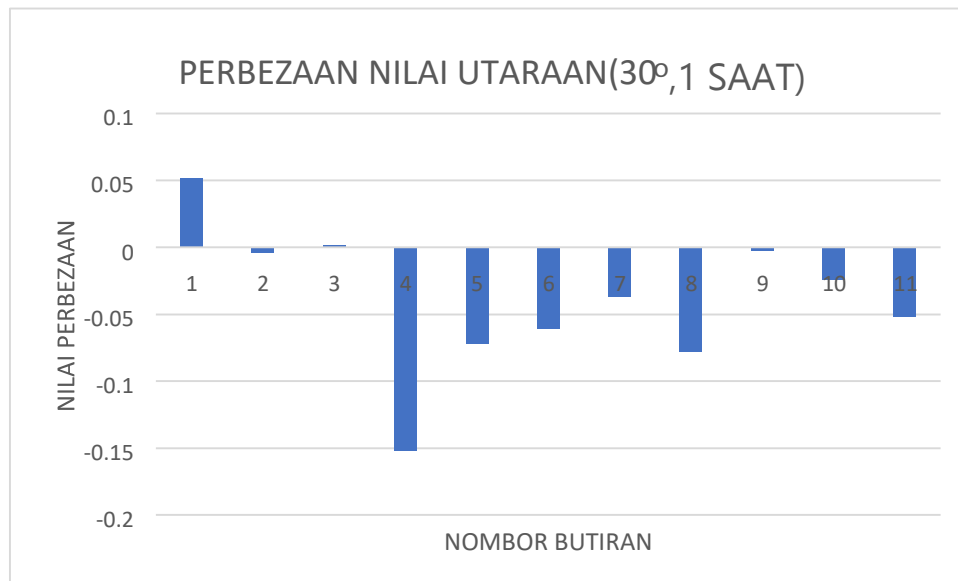
Rajah 3. Graf beza bacaan cerapan 1saat Ketinggian

Data dalam Jadual 1 menunjukkan perbezaan bacaan GPS pada selang 1 saat berbanding nilai sebenar. Ralat utaraan berada antara -0.159 m hingga 0.044 m, manakala timuran antara -0.274 m hingga 0.036 m dengan satu data terpencil pada -0.274 m. Ralat tinggi pula lebih besar, iaitu antara -0.059 m hingga 0.190 m. Secara keseluruhan, bacaan GPS 1 saat agak stabil untuk arah mendatar tetapi kurang tepat pada komponen menegak. Perbezaan yang besar kemungkinan berpunca daripada gangguan isyarat satelit atau pantulan isyarat daripada objek sekeliling. Bacaan data di dalam Jadual 1 di permudahkan untuk di lihat perbandingan melalui graf di dalam Rajah 1, 2 dan 3.

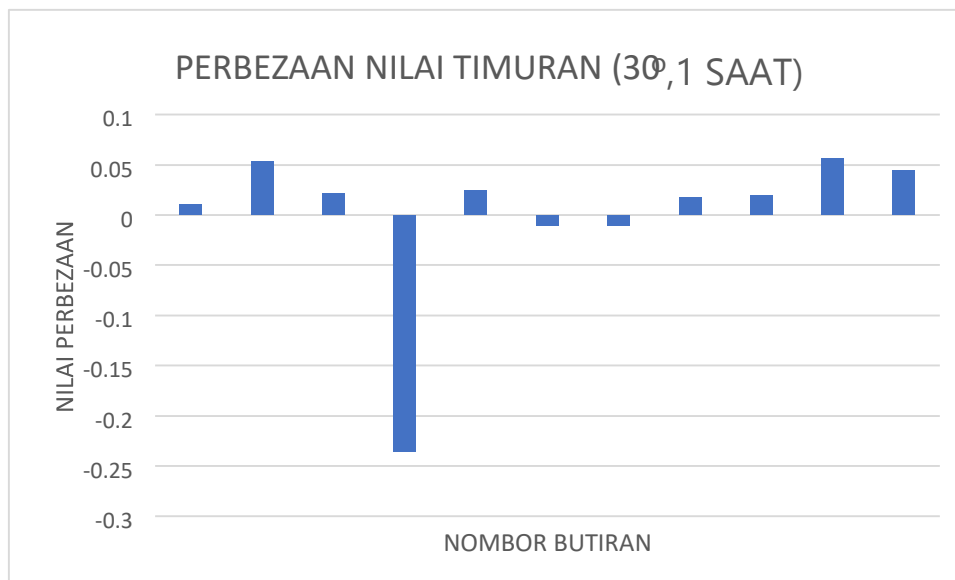
Jadual 2 dan Rajah 4,5,6 menunjukkan perbezaan cerapan 1 saat condong 30° Utaraan, Timuran dan tinggi dengan nilai sebenar.

Jadual 2. Cerapan 1saat condong 30° Utaraan, Timuran dan Tinggi

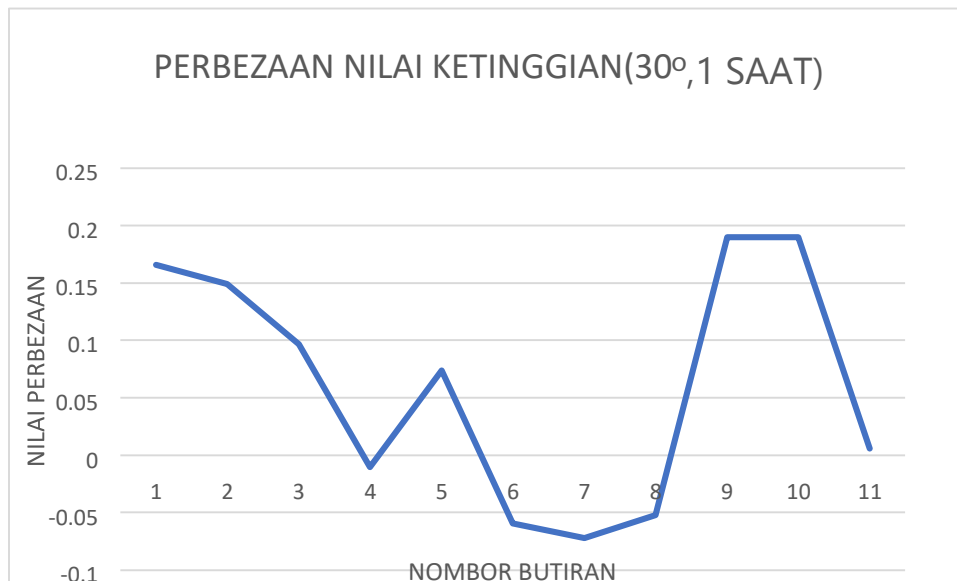
Code	(beza northing)	(beza easting)	(beza tinggi menggunakan digital level dan gps)
1C1_1s	0.051	0.011	0.166
2C1_1s	-0.004	0.053	0.149
3C1_1s	0.002	0.021	0.097
4C1_1s	-0.152	-0.236	-0.01
5C1_1s	-0.072	0.025	0.074
6C1_1s	-0.061	-0.011	-0.059
7C1_1s	-0.037	-0.01	-0.072
8C1_1s	-0.078	0.018	-0.052
9C1_1s	-0.003	0.02	0.19
10C1_1s	-0.024	0.057	0.19
11C1_1s	-0.052	0.044	0.006



Rajah 4. Graf beza bacaan cerapan 1 saat condong 30° utaraan



Rajah 5. Graf beza bacaan cerapan 1saat condong 30° timuran

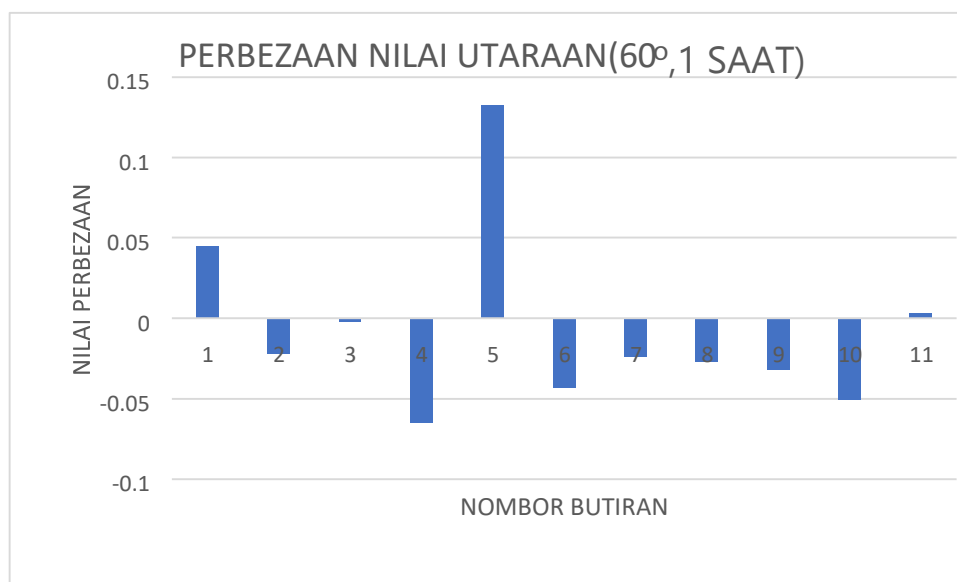


Rajah 6. Graf beza bacaan cerapan 1saat condong 30° ketinggian

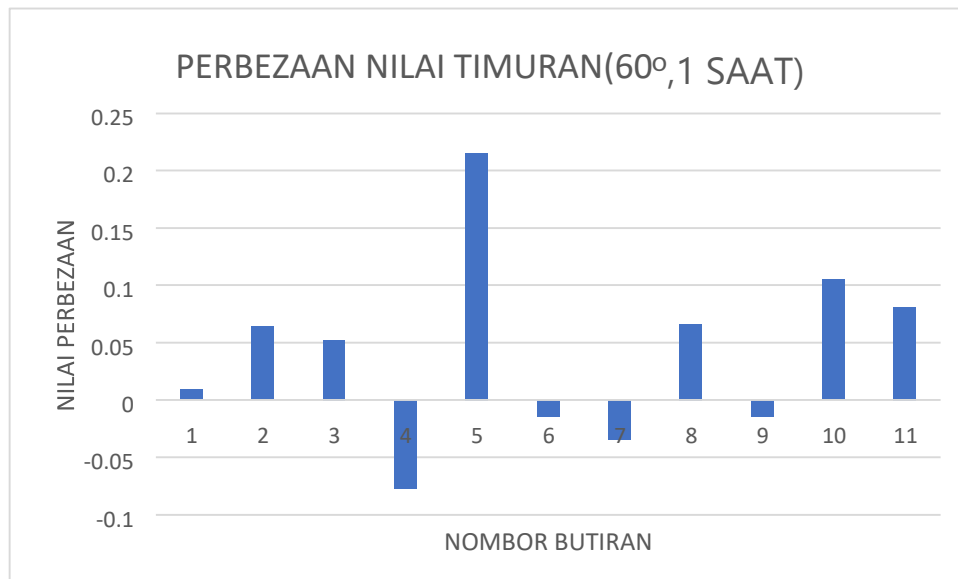
Berdasarkan Jadual 2, data menunjukkan perbezaan cerapan GPS pada sudut condong 30° bagi utara, timuran dan tinggi berbanding nilai sebenar. Secara keseluruhan, nilai perbezaan yang direkodkan adalah kecil dan berada dalam julat beberapa sentimeter sahaja. Bagi utara, terdapat bacaan yang hampir sifar seperti pada kod 2C1_1s (-0.004 m) dan 3C1_1s (0.002 m), manakala perbezaan terbesar ialah -0.152 m pada kod 4C1_1s. Untuk timuran pula, kebanyakan bacaan menunjukkan nilai positif dengan julat sekitar -0.236 m hingga 0.057 m. Sementara itu, bacaan tinggi berbanding aras sebenar menunjukkan variasi antara -0.072 m hingga 0.19 m. Keadaan ini menunjukkan bahawa bacaan GPS dalam keadaan condong 30° masih memberikan hasil yang agak hampir dengan nilai sebenar, namun terdapat sedikit perbezaan yang mungkin berpunca daripada faktor persekitaran, sudut cerapan serta keupayaan instrumen. Ianya dapat dilihat secara rumusan bergrafik melalui graf di rajah 4, 5 dan 6, yang memudahkan perbandingan bagi setiap kod cerapan. Jadual 3 dan rajah 7, 8 dan 9 menunjukkan perbezaan cerapan 1 saat condong 60° Utara, Timuran dan Tinggi dengan nilai sebenar.

Jadual 3. Cerapan 1saat condong 60° Utaraan, Timuran dan Tinggi

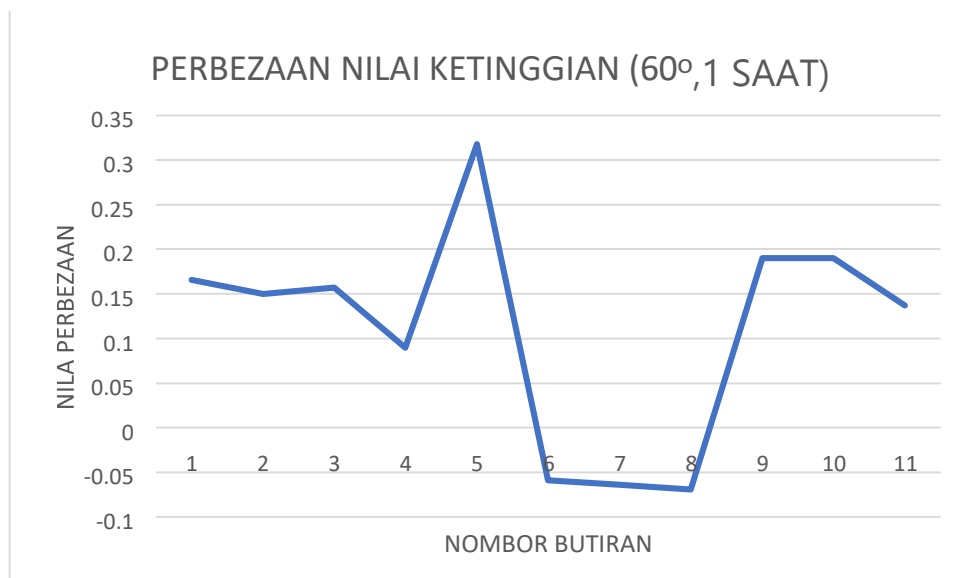
Code	(beza northing)	(beza easting)	(beza tinggi menggunakan digital level dan gps)
1C2_1s	0.045	0.009	0.166
2C2_1s	-0.022	0.064	0.15
3C2_1s	-0.002	0.052	0.157
4C2_1s	-0.065	-0.077	0.09
5C2_1s	0.132	0.215	0.318
6C2_1s	-0.043	-0.014	-0.059
7C2_1s	-0.024	-0.034	-0.064
8C2_1s	-0.027	0.066	-0.069
9C2_1s	-0.032	-0.015	0.19
10C2_1s	-0.051	0.105	0.19
11C2_1s	0.003	0.081	0.137



Rajah 7. Graf beza bacaan cerapan 1saat condong 60° utaraan



Rajah 8. Graf beza bacaan cerapan 1saat condong 60° timuran

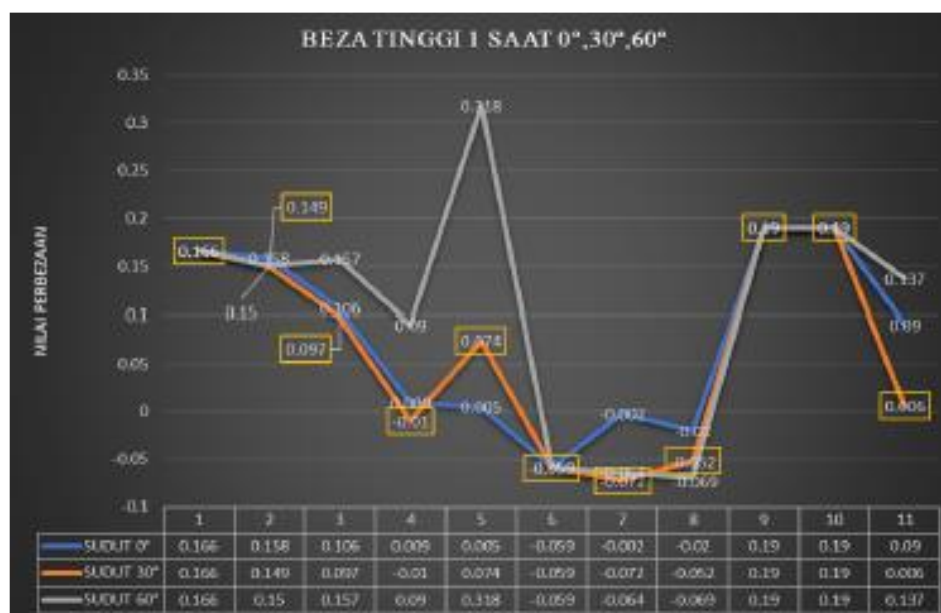


Rajah 9. Graf beza bacaan cerapan 1saat condong 60° ketinggian

Berdasarkan Jadual 3 serta Rajah 7, 8 dan 9, ditunjukkan perbezaan bacaan cerapan GPS setiap 1 saat pada sudut condong 60° bagi komponen Utaraan, Timuran dan Tinggi. Secara keseluruhan, nilai perbezaan bagi Utaraan kebanyakannya kecil, dengan julat antara -0.065 hingga 0.132 meter. Bagi komponen Timuran pula, perbezaannya berada dalam lingkungan -0.077 hingga 0.215 meter, manakala perbezaan bagi komponen Tinggi agak lebih ketara iaitu antara -0.069 hingga 0.318 meter.

Daripada data ini, dapat dilihat bahawa walaupun ada sedikit ralat pada bacaan GPS, kebanyakannya masih berada pada tahap yang kecil dan terkawal. Nilai perbezaan terbesar berlaku pada bacaan 5C2_1s iaitu pada komponen Tinggi dengan beza 0.318 meter, manakala nilai perbezaan paling kecil dapat dilihat pada beberapa bacaan Utaraan dan Timuran yang hampir sifar. Hal ini menunjukkan bahawa pada sudut condong 60°, bacaan GPS masih boleh memberikan hasil yang agak sekata, tetapi terdapat beberapa keadaan di mana ketepatan boleh dipengaruhi oleh faktor tertentu seperti gangguan isyarat atau keadaan sekitar.

8. Analisis Graf



Rajah 10. Beza Tinggi 1 saat 0°, 30°, 60°

Berdasarkan graf perbezaan tinggi 1 saat pada sudut 0°, 30° dan 60°, dapat dilihat bahawa ketiga-tiga sudut menunjukkan pola turun naik yang berbeza sepanjang 11 stesen cerapan. Pada sudut 0°, nilai perbezaan agak stabil dengan bacaan awal 0.166 dan hanya menurun sedikit ke arah nilai negatif di pertengahan stesen cerapan, sebelum kembali meningkat semula sehingga mencapai 0.19 pada stesen cerapan ke-9 dan ke-10. Sudut 30° pula menunjukkan pola yang hampir sama, namun lebih sensitif dengan nilai perbezaan yang jatuh lebih rendah sehingga -0.072 pada stesen cerapan ke-6 sebelum turut naik semula ke 0.19 pada stesen cerapan ke-9 dan ke-10. Bagi sudut 60°, pergerakan nilai lebih tidak menentu, di mana berlaku lonjakan tertinggi pada stesen cerapan ke-5 dengan nilai 0.318, namun kemudiannya jatuh mendadak ke -0.069 pada stesen cerapan ke-6. Walau bagaimanapun, pada bahagian akhir stesen cerapan, ketiga-tiga sudut kembali menunjukkan bacaan yang hampir sama iaitu sekitar 0.19 hingga 0.137. Secara keseluruhan, sudut condong yang lebih kecil (0° dan 30°) menghasilkan bacaan yang lebih mudah dijangka berbanding sudut besar (60°) yang lebih terdedah kepada perubahan mendadak serta ralat cerapan, khususnya disebabkan faktor pantulan isyarat GPS daripada bangunan atau objek sekeliling.



Rajah 11. Perbezaan Timuran 1 saat 0°, 30°, 60°

Graf ini menunjukkan perbezaan bacaan timuran bagi cerapan 1 saat pada sudut 0°, 30° dan 60°. Secara umum, ketiga-tiga sudut menunjukkan corak yang hampir sama, dengan nilai perbezaan kecil dan konsisten di kebanyakan stesen cerapan. Namun begitu, terdapat dua bacaan yang sangat ketara iaitu pada stesen cerapan ke-4 dan ke-5. Pada stesen cerapan ke-4, nilai perbezaan menjunam sehingga sekitar -0.27 hingga -0.24 bagi sudut 0° dan 30°, manakala sudut 60° turut menunjukkan bacaan negatif tetapi sedikit berbeza. Kemudian, pada stesen cerapan ke-5, bacaan sudut 60° melonjak tinggi hingga 0.215 berbanding dua sudut lain yang kekal rendah. Secara ringkas, graf ini menunjukkan bahawa bacaan timuran bagi ketiga-tiga sudut kebanyakannya stabil, tetapi ada gangguan yang ketara di stesen cerapan tertentu yang mungkin disebabkan oleh faktor luaran.



Rajah 12. Perbezaan Utaraan 1 saat 0°, 30°, 60°

Graf menunjukkan perbezaan bacaan utaraan bagi cerapan 1 saat pada sudut 0°, 30° dan 60°. Secara keseluruhan, ketiga-tiga sudut mencatatkan nilai perbezaan yang berubah-ubah, ada yang positif dan ada yang negatif. Sudut 0° menunjukkan turun naik yang lebih ketara, contohnya nilai tertinggi sekitar 0.132 dan nilai terendah sekitar -0.159. Sudut 30° dan 60° pula lebih stabil dengan julat perbezaan yang lebih kecil. Dapat dilihat bahawa bacaan pada sudut 0° lebih mudah terjejas, manakala sudut 30° dan 60° memberi keputusan yang lebih sekata. Secara ringkasnya, bacaan pada sudut condong memberikan hasil yang lebih hampir kepada nilai sebenar berbanding sudut tegak 0°.

9. Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan bahawa perbezaan bacaan koordinat dan ketinggian dipengaruhi oleh sudut pegangan alat penerima GPS STEC. Sudut condong kecil (0° dan 30°) menghasilkan bacaan yang lebih stabil dan hampir kepada nilai sebenar, manakala sudut besar (60°) memperlihatkan turun naik mendadak serta lebih mudah terjejas oleh faktor persekitaran. Hal ini membuktikan bahawa penggunaan Inertial Measurement Unit (IMU) model STEC memberi sokongan terhadap proses cerapan dengan membantu mengekalkan kestabilan kedudukan alat. IMU membantu menstabilkan cerapan dan mengurangkan kesan kehilangan isyarat secara mendadak. Tetapi, ia tidak sepenuhnya menghapuskan ralat, kerana faktor luaran (contohnya pantulan isyarat atau halangan persekitaran) dan sudut pegangan alat masih memberi kesan kepada ketepatan.

Sehubungan itu, objektif kajian pertama iaitu menganalisis keberkesanan penggunaan IMU dalam cerapan berjaya dicapai, kerana jelas menunjukkan IMU meningkatkan keberkesanan walaupun ada had tertentu. Manakala objektif kedua, menilai kesan sudut pegangan alat, turut

tercapai kerana variasi bacaan membuktikan sudut condong sederhana (30°) memberi prestasi lebih baik berbanding sudut lain.

Hasil kajian ini membuktikan bahawa teknologi IMU pada GPS STEC sangat bermanfaat dalam industri ukur tanah, terutama bagi juruukur yang sering menghadapi cabaran persekitaran yang sukar. Semoga, kajian ini dapat menjadi panduan bagi pihak berkepentingan dan pelajar dalam memilih alat GPS yang sesuai serta menjadi asas untuk kajian lanjut dalam memaksimumkan penggunaan teknologi IMU dalam bidang pengukuran.

Pengakuan

Syukur ke hadrat Allah SWT kerana dengan izin-Nya, kajian bertajuk “Penilaian Ketepatan Pengambilan Butiran Menggunakan GPS/IMU Jenis STEC untuk Aplikasi Kadaster” ini dapat disempurnakan dengan jayanya. Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelidik bersama iaitu Sr. Nor Azme Bin Nordin dan Prof. Madya. Ts. Gs. Dr. Sulzakimin Bin Mohamed atas kerjasama erat, sumbangan idea, dan bantuan dalam setiap peringkat kajian ini, terutamanya dalam proses pengumpulan data dan analisis. Tanpa sokongan dan komitmen mereka, kajian ini tidak mungkin dapat dilaksanakan dengan lancar. Tidak dilupakan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan penyelidikan ini. Akhir sekali, setinggi penghargaan kepada keluarga dan rakan-rakan atas sokongan moral dan dorongan berterusan sepanjang kajian ini dijalankan.

Rujukan

- Caron, F.; Duflos, E.; Pomorski, D.; Vanheeghe, P. (2006) GPS/IMU data fusion using multisensor Kalman filtering: Introduction of contextual aspects. *Inf. Fusion* 2006, 7, 221–230
- Chen, Feihu. (2021) “What Is IMU? IMU Is Short for Inertial Measurement Unit, It Is a Collection of Measurement Tools, Which Can Capture Data about Movements. The IMU Module inside a GNSS Receiver Contains Sensors of Accelerometers and Gyroscopes and Magnetometers.” *Linkedin.com*, 11 Oct. 2021,
- Chen W, Li Z, Chen Z, et al. (2023) Multiple similarity measure-based maximum correntropy criterion Kalman filter with adaptive kernel width for GPS/INS integration navigation
- Dawson E, Rashed MA, Abdelfatah W, et al. (2022) Radar-based multisensor fusion for uninterrupted reliable positioning in GNSS-denied environments.
- Guyard, K.C.; Montavon, S.; Bertolaccini, J.; Deriaz, M. (2023) Validation of alogo move pro: A gps- based inertial measurement unit for the objective examination of gait and jumping in horses. *Sensors* 2023, 23, 4196

- Hazry, D, et al. (2009) Study of Inertial Measurement Unit Sensor. 2009.
- Hosseinyalamdary, S. Deep K (2018): Simultaneous multi-sensor integration and modelling; A GNSS/IMU case study. *Sensors* 2018, 18, 1316
- Kaplan E D and Hegarty, C J (2017) "Understanding GPS: Principles and Applications," 3rd ed. Boston: Artech House, 2017.
- Or, B. (2022) "Inertial Measurement Unit (IMU) Explained | Built In." *BuiltIn.com*, 19 Aug. 2022, builtin.com/articles/inertial-measurement-unit.
- Park, K, Kim, W and Seo, J (2020) "Effects of Initial Attitude Estimation Errors on Loosely Coupled Smartphone GPS/IMU Integration System," 2020 20th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), pp. 800–803, 2020
- Potter, M. V., Ojeda, L. V., Perkins, N. C., & Cain, S. M. (2019). Effect of IMU Design on IMU- Derived Stride Metrics for Running. *Sensors (Basel)*, 19(11),
- Simen R S, and Terje D. (2023) "Comparison of GPS and IMU Systems for Total Distance, Velocity, Acceleration and Deceleration Measurements during Small-Sided Games in Soccer." *Cogent Social Sciences*, vol. 9, no. 1, 4 May 2023, - <https://doi.org/10.1080/23311886.2023.2209365>.
<http://eprints.uthm.edu.my/708/1/24p%20ROHAIDA%20MAT%20AKIR.pdf>