



Rujukan Kami: JUPEM.BUG.211.2 (45)

Tarikh: 13 Oktober 2021

Semua Pengarah Ukur dan Pemetaan Negeri

Semua Pengarah Ukur Bahagian / Pengarah Bahagian

**PEKELILING KETUA PENGARAH UKUR DAN PEMETAAN
BILANGAN 6 TAHUN 2021**

**GARIS PANDUAN TEKNIKAL
UKUR ARAS *GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM* (GNSS)**

1. TUJUAN

Pekeliling ini bertujuan untuk memberikan garis panduan teknikal mengenai kaedah pelaksanaan Ukur Aras *Global Navigation Satellite System* (GNSS).

2. LATAR BELAKANG

- 2.1. Kedudukan sesuatu titik di atas permukaan bumi adalah tidak lengkap tanpa maklumat ketinggian. Justeru, pengukuran juga perlu dijalankan untuk menentukan ketinggian titik berkenaan.
- 2.2. Sebelum wujudnya teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS), penentuan ketinggian lazimnya dilakukan dengan menggunakan kaedah ukur aras konvensional dengan merujuk kepada jaringan ukur aras yang telah dibangunkan oleh JUPEM.
- 2.3. Teknologi GNSS telah membolehkan penentuan kedudukan dan ketinggian sesuatu titik dilakukan dengan lebih mudah. Namun begitu, ketinggian elipsoid yang diperolehi daripada pengukuran GNSS adalah berbeza dengan ketinggian ortometrik yang berasaskan purata ketinggian aras laut dan lazimnya digunakan dalam kerja-kerja ukur dan pemetaan.

- 2.4. Menyedari perkara ini, JUPEM telah membangunkan Model Geoid Malaysia (MyGEOID) pada tahun 2005 bagi membolehkan penukaran ketinggian elipsoid kepada ketinggian ortometrik.
- 2.5. Garis Panduan Ukur Aras GNSS ini disediakan sebagai panduan kepada pengguna untuk menentukan ketinggian sesuatu titik dari purata ketinggian aras laut secara Ukur Aras GNSS bersama MyGEOID.

3. GARIS PANDUAN UKUR ARAS GNSS

Penerangan lebih lanjut tentang tatacara pelaksanaan Ukur Aras GNSS terkandung di dalam dokumen *Panduan Teknikal Pelaksanaan Ukur Aras Global Navigation Satellite System (GNSS)* seperti di **Lampiran 'A'** yang disertakan. Intisari kandungan garis panduan tersebut adalah seperti berikut:

BAHAGIAN I

AM

1. TUJUAN
2. TAFSIRAN
3. PENGENALAN

BAHAGIAN II

PENETAPAN PARAMETER

4. UKUR ARAS GNSS

BAHAGIAN III

PENGUKURAN

5. PERALATAN DAN PERISIAN
6. KALIBRASI PERALATAN GNSS
7. PENENTUAN LOKASI DAN PEMBINAAN MONUMEN TANDA ARAS SEMENTARA (TBM)
8. CERAPAN *REAL-TIME KINEMATIC* (RTK)
9. CERAPAN STATIK PANTAS
10. CERAPAN STATIK

**BAHAGIAN IV
PRODUK**

11. PRODUK DARIPADA UKUR ARAS GNSS

**BAHAGIAN V
LAPORAN KAWALAN KUALITI**

12. KAWALAN KUALITI TERHADAP HASIL UKUR ARAS GNSS

13. RUJUKAN

4. PEMAKAIAN

Garis panduan ini terpakai kepada semua pihak berkepentingan di dalam agensi kerajaan dan Juruukur Tanah Berlesen.


5. TARIKH BERKUATKUASA

Pekeliling ini adalah berkuatkuasa mulai tarikh ianya dikeluarkan.

Sekian, terima kasih.

“WAWASAN KEMAKMURAN BERSAMA 2030”

“BERKHIDMAT UNTUK NEGARA”



(DATO' Sr DR. AZHARI BIN MOHAMED)

Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan

Malaysia

Salinan Edaran Dalaman:

Timbalan Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan I

Timbalan Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan II

Salinan Edaran Luaran:

Setiausaha Bahagian (Kanan)
Tanah, Ukur dan Geospacial
Kementerian Tenaga dan Sumber Asli
Wisma Sumber Asli
No. 25, Persiaran Perdana, Presint 4
62574 PUTRAJAYA

Ketua Pengarah
Jabatan Kerajaan Tempatan
Bahagian Penyelidikan dan Perundangan Teknikal
Kementerian Kesejahteraan Bandar, Perumahan dan Kerajaan Tempatan
Aras 25 - 29, No. 51 , Persiaran Perdana, Presint 4
62100 PUTRAJAYA

Ketua Pengarah
PLANMalaysia (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa)
Aras 13, Blok F5, Parcel F, Presint 1
Pusat Pentadbiran Kerajaan Persekutuan
62675 PUTRAJAYA

Pengarah
Institut Tanah dan Ukur Negara
Kementerian Tenaga dan Sumber Asli
Behrang
35950 TANJUNG MALIM

Pengarah
Cawangan Jalan
Tingkat 10, Blok F, Ibu Pejabat JKR
Jin Sultan Salahuddin
50582 KUALA LUMPUR

Ketua Penolong Pengarah Kanan
Bahagian Ukur Tanah
Cawangan Kejuruteraan Infrastruktur Pengangkutan
Ibu Pejabat JKR Malaysia
Aras 19, No. 50, Menara PJD
Jalan Tun Razak
50400 KUALA LUMPUR

Setiausaha
Lembaga Jurukur Tanah Malaysia (LJT)
Level 5-7, Wisma LJT
Lorong Perak, Pusat Bandar Melawati
53100 KUALA LUMPUR

Presiden
Persatuan Jurukur Tanah Bertauliah Malaysia
2735A, Jalan Permata 4
Taman Permata, Ulu Kelang
53300 WP KUALA LUMPUR

**Garis Panduan Teknikal
Pelaksanaan Ukur Aras
*Global Navigation Satellite
System (GNSS)***



JABATAN UKUR DAN PEMETAAN MALAYSIA

2021

KANDUNGAN

BAHAGIAN I AM

1. TUJUAN	3
2. TAFSIRAN	3
3. PENGENALAN	4

BAHAGIAN II PENETAPAN PARAMETER

4. UKUR ARAS GNSS	6
-------------------	---

BAHAGIAN III PENGUKURAN

5. PERALATAN DAN PERISIAN	12
6. KALIBRASI PERALATAN GNSS	14
7. PENENTUAN LOKASI DAN PEMBINAAN MONUMEN TANDA ARAS SEMENTARA (TBM)	14
8. CERAPAN <i>REAL-TIME KINEMATIC</i> (RTK)	14
9. CERAPAN STATIK PANTAS	16
10. CERAPAN STATIK	18

BAHAGIAN IV PRODUK

11. PRODUK DARIPADA UKUR ARAS GNSS	22
------------------------------------	----

BAHAGIAN V LAPORAN KAWALAN KUALITI

12. KAWALAN KUALITI TERHADAP HASIL UKUR ARAS GNSS	23
13. RUJUKAN	24

BAHAGIAN I

AM

1. TUJUAN

Dokumen ini bertujuan untuk memberikan garis panduan mengenai tatacara menjalankan Ukur Aras GNSS.

2. TAFSIRAN

- 2.1. “Aras Laut Min (ALM)” bermakna purata ketinggian aras laut yang ditentukan berdasarkan satu tempoh masa tertentu untuk membuang kesan pasang-surut;
- 2.2. “Elipsoid Rujukan” bermakna elipsoid rujukan yang digunakan di Malaysia iaitu *Geodetic Reference System 1980 (GRS80)*;
- 2.3. “*Geocentric Datum for Malaysia (GDM)*” bermakna datum geosentrik kartesian tiga dimensi terkini berdasarkan kepada *International Terrestrial Reference Frame (ITRF)* yang digunakan oleh Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia;
- 2.4. “Geoid” bermakna satu permukaan model ALM global yang ditentukan menggunakan data graviti dan digunakan sebagai datum untuk ketinggian ortometrik jitu;
- 2.5. “*Global Navigation Satellite System (GNSS)*” adalah sistem penentududukan satelit sejagat yang ditawarkan oleh pelbagai negara seperti *Global Positioning System (GPS)* oleh Amerika Syarikat, *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS)* oleh Rusia, BeiDou oleh China, dan Galileo oleh Kesatuan Eropah;
- 2.6. “Jabatan” bermakna Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM);
- 2.7. “Juruukur Tanah Berlesen” bermakna seseorang juruukur tanah yang dilesenkan di bawah Akta Juruukur Tanah Berlesen 1958 (Akta 458);

- 2.8. "Kalibrasi" bermakna ujian peralatan GNSS untuk mengesahkan bahawa peralatan berkenaan beroperasi dalam keadaan baik melalui semakan perbezaan nilai bacaan alat yang diuji dengan nilai piawai di tapak ujian GNSS;
- 2.9. "Ketinggian Ortometrik" bermakna ketinggian di atas datum ALM tempatan atau permukaan geoid gravimetrik yang dipadankan dengan ALM tempatan;
- 2.10. "*Malaysia Real-Time Kinematic GNSS Network (MyRTKnet)*" adalah infrastruktur geodetik yang dibangunkan oleh JUPEM yang membolehkan pengguna mendapatkan maklumat koordinat yang jitu secara masa-hakiki atau pasca-prosesan dengan hanya menggunakan satu alat penerima GNSS sahaja;
- 2.11. "*Peninsular Malaysia Geodetic Vertical Datum (PMGVD)*" bermakna datum tegak yang digunakan di Semenanjung Malaysia atau juga dikenali sebagai Datum Tegak Geodesi Semenanjung Malaysia (DTGSM);
- 2.12. "MyGEOID" bermakna geoid gravimetrik yang dihitung bagi kawasan Malaysia menggunakan data graviti bawaan udara dan data graviti terrestrial dan dipadankan dengan Aras Laut Min tempatan.
- 2.13. "*Rapid-static*" bermakna kaedah pengukuran GNSS secara statik melibatkan cerapan dalam tempoh masa antara 10 - 30 minit. Sebagai panduan, tempoh masa cerapan selama 10 minit adalah bagi jarak antara stesen kurang daripada 5 km manakala tempoh masa cerapan selama 30 minit bagi jarak antara stesen melebihi 20 km.

3. PENGENALAN

- 3.1. Kedudukan sesuatu titik di atas permukaan bumi masih dikira tidak lengkap sekiranya hanya mempunyai maklumat koordinat tanpa ketinggian. Oleh yang demikian, pengukuran juga perlu dijalankan untuk menentukan ketinggian titik berkenaan.

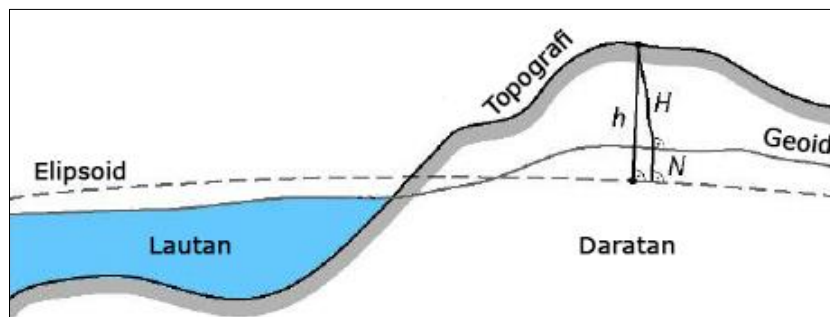
- 3.2. Terdapat beberapa kaedah untuk mendapatkan maklumat ketinggian sesuatu titik. Sebelum wujudnya teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS), penentuan ketinggian ini dilakukan dengan menggunakan kaedah ukur aras konvensional dengan merujuk kepada jaringan ukur aras yang telah dibangunkan oleh JUPEM.
- 3.3. Teknologi GNSS telah membolehkan penentuan kedudukan dan ketinggian sesuatu titik dilakukan dengan lebih mudah. Namun begitu, ketinggian yang diperolehi daripada pengukuran GNSS adalah berdasarkan elipsoid dan ia berbeza dengan ketinggian ortometrik yang berasaskan purata ketinggian aras laut min (ALM) yang lazimnya digunakan dalam kerja-kerja ukur dan pemetaan.
- 3.4. Menyedari perkara ini, JUPEM telah membangunkan Model Geoid Malaysia (MyGEOID) pada tahun 2005 bagi membolehkan penukaran ketinggian elipsoid kepada ketinggian ortometrik.
- 3.5. Dokumen Panduan Teknikal Pelaksanaan Ukur Aras GNSS ini disediakan sebagai panduan kepada pengguna untuk menentukan ketinggian sesuatu titik dari ALM secara Ukur Aras GNSS bersama MyGEOID.

BAHAGIAN II PENETAPAN PARAMETER

4. UKUR ARAS GNSS

4.1. **Ukur Aras GNSS Mutlak:** merupakan satu proses penukaran ketinggian elipsoid (h) ke ketinggian ortometrik (H) dengan menggunakan MyGEOID (N) yang telah dipadankan dengan PMGVD.

$$H = h - N \quad (1)$$



Rajah 1: Hubungan antara permukaan topografi, geoid dan elipsoid.

- (i) Koordinat geodetik (latitud, longitud dan ketinggian elipsoid) adalah dirujuk kepada MyRTKnet.
- (ii) Nilai ketinggian geoid (N) diinterpolasi daripada fail data MyGEOID dengan menggunakan latitud dan longitud geodetik yang dibundarkan ke 0.001 saat arka.
- (iii) Ketepatan mutlak MyGEOID adalah sekitar 5 cm. Supaya ketepatan mutlak ketinggian ortometrik mutlak dapat diminimumkan, ketepatan ketinggian elipsoid perlu dicapai pada tahap 1 - 2 cm yang memerlukan cerapan GNSS statik selama sekurang-kurangnya sepuluh (10) jam (rujuk **BAHAGIAN V**).

4.2. **Ukur Aras GNSS Relatif:** Jika cerapan GNSS dibuat pada satu monumen yang diketahui ketinggiannya seperti tanda aras piawai (SBM) atau tanda aras (BM) sebagai tambahan kepada tanda aras sementara (TBM) yang diperlukan di kawasan kerja, hubungan Ukur Aras GNSS Relatif dapat dibentuk:

- (i) Ketinggian ortometrik bagi TBM (H^{TBM}) diperolehi daripada persamaan berikut:

$$H_{BM} = h_{BM} - N_{BM}$$

$$H_{TBM} = h_{TBM} - N_{TBM}$$

$$H_{TBM} = H_{BM} + (h_{TBM} - h_{BM}) - (N_{TBM} - N_{BM}) \quad (2)$$

Nilai H^{BM} boleh diperolehi daripada JUPEM, nilai h^{TBM} dan h^{BM} dari ukuran GNSS manakala nilai N^{TBM} dan N^{BM} daripada MyGEOID yang telah dibangunkan oleh JUPEM.

- (ii) Ukur Aras GNSS Relatif menggunakan prinsip penentuan ketinggian yang sama seperti ukur aras konvensional. Kaedah ini boleh menjadi alternatif kepada ukur aras kelas kedua dengan had tikaian $0.012 \times \sqrt{k}$ meter, di mana k adalah jarak dalam kilometer (rujuk Hassan Jamil, 2011). Jika jarak antara BM dan TBM adalah 5 km, had tikaian yang dibenarkan adalah $0.012 \times \sqrt{5} = 0.027$ m. Ukur Aras GNSS Relatif dapat menghapuskan selisih sistematik melalui perbezaan ketinggian elipsoid ($h^{TBM} - h^{BM}$) dan perbezaan ketinggian geoid ($N^{TBM} - N^{BM}$). Ketepatan relatif dari Ukur Aras GNSS adalah sekitar 3 cm (rujuk **BAHAGIAN V**). Ukur Aras GNSS ini dapat digunakan untuk mendirikan TBM dalam kerja-kerja ukur kejuruteraan dan pembinaan, di mana tanda aras yang terdekat dalam lingkungan jarak $k > 5$ km dari kawasan kerja. Kerja Ukur Aras GNSS juga dapat digunakan untuk menyemak ketinggian ortometrik dari ukur aras konvensional.
- (iii) Penetapan parameter untuk cerapan statik dalam Ukur Aras GNSS Relatif diberikan dalam **Jadual 1**:

Jadual 1: Penetapan parameter cerapan statik untuk Ukur Aras GNSS Relatif

Perkara	Parameter
Maklumat cerapan	Fasa pembawa (minimum dwi-gelombang)
Bilangan satelit	Minimum 6 satelit
Nilai <i>Position Dilution of Precision</i> (PDOP)	Maksimum 7
<i>Elevation angle cut-off</i>	15 darjah
Sela cerapan	1 saat
Tempoh cerapan	Minimum cerapan: <ul style="list-style-type: none"> • $k < 10$ km, minimum dua (2) sesi cerapan selama 30 minit bagi setiap sesi. Perbezaan Δh antara dua sesi: $(\Delta h_{II} - \Delta h_I) < 2$ cm. • $10 < k < 20$ km, minimum dua (2) sesi cerapan selama 60 minit bagi setiap sesi. Perbezaan Δh antara dua sesi: $(\Delta h_{II} - \Delta h_I) < 2$ cm. • $20 < k < 30$ km, minimum dua (2) sesi cerapan selama 120 minit bagi setiap sesi. Perbezaan Δh antara dua sesi: $(\Delta h_{II} - \Delta h_I) < 2$ cm.
Jenis antena	<i>Survey grade dual-frequency with multipath mitigation technique</i>
Pengukuran ketinggian antena	Dibaca dua (2) kali iaitu pada permulaan dan akhir kerja. Bacaan direkodkan sehingga ke milimeter.
<i>Centering of antenna</i>	Di atas titik SBM, BM atau TBM
Permodelan atmosfera	Standard
Kawalan kualiti	<ul style="list-style-type: none"> • Bebas dari selisih berbilang alur (<i>multipath</i>)

Perkara	Parameter
	<ul style="list-style-type: none"> • Ketinggian antenna diukur dan direkodkan dengan baik • Pemantauan data cerapan pada lembaran log • Orientasi antenna ke arah utara
Tanda aras rujukan PMGVD yang perlu disertakan dalam rangkaian Ukur Aras GNSS	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum satu (1) tanda aras piawai (SBM) berhampiran kawasan kerja (melibatkan sekurang-kurangnya dua (2) alat GNSS), ATAU • Minimum tiga (3) tanda aras (BM) berhampiran kawasan kerja yang telah disemak berada pada kedudukan sebenar (melibatkan sekurang-kurangnya dua (2) alat GNSS), ATAU • Minimum dua (2) stesen MyRTKnet dengan ketinggian ortometrik yang diketahui (melibatkan sekurang-kurangnya satu (1) alat GNSS).
Pengesahan kestabilan monumen tanda aras (BM).	<ul style="list-style-type: none"> • Menjalankan ukuran GNSS secara statik di atas BM yang terlibat untuk mengesahkan kestabilan monumen tanda aras (BM) melalui semakan perbandingan dengan ketinggian ALM yang dikeluarkan oleh JUPEM. • Menggunakan Persamaan (2) bagi mendapatkan pengesahan ketinggian. • Jarak antara BM yang terlibat hendaklah sekurang-kurangnya 5 km antara satu sama lain. Bagi BM yang jaraknya terletak kurang daripada 5 km, pengesahan secara ukur aras konvensional hendaklah dilakukan.

- 4.3. Perkara-perkara berikut perlu diberi perhatian dalam melaksanakan Ukur Aras GNSS:
- (i) Asas
 - (a) Mematuhi garis panduan yang telah dikeluarkan oleh Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) mengenai tatacara mendapatkan ketinggian elipsoid sepertimana terkandung dalam Pekeliling Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan (PKPUP) Bilangan 4 Tahun 2021 - Garis Panduan Teknikal Mengenai Perkhidmatan Sistem *Malaysia Real-Time Kinematic GNSS Network* (MyRTKnet) di Bawah Platform *Leica Spider Business Center* (SBC) dan PKPUP Bilangan 10 Tahun 2005 - Garis Panduan Penggunaan Model Geoid Malaysia (MyGEOID) atau Pekeliling terkini yang berkuatkuasa.
 - (b) Menggunakan model geoid terkini yang telah dibangunkan oleh JUPEM seperti Model Geoid Malaysia (MyGEOID) yang dinyatakan dalam PKPUP Bilangan 10 Tahun 2005.
 - (c) Menggunakan datum ketinggian terkini yang telah dibangunkan oleh JUPEM iaitu Datum Tegak Geodesi Semenanjung Malaysia (DTGSM) atau *Peninsular Malaysia Geodetic Vertical Datum* (PMGVD).
 - (ii) Kawalan
 - (a) Menggunakan stesen-stesen rujukan yang mempunyai maklumat ketinggian ortometrik berdasarkan DTGSM.
 - (b) Pelaksanaan projek yang kurang dari 20 km haruslah mempunyai tanda-tanda aras di sekelilingnya.
 - (c) Bagi pelaksanaan projek yang melebihi 20 km, haruslah mempunyai tanda-tanda aras berjarak kurang dari 20 km yang dibuat cerapan GNSS.
 - (d) Pelaksanaan projek di kawasan berbukit haruslah mempunyai tanda-tanda aras yang terletak di bawah dan di atas bukit.

- (iii) Pemrosesan
 - (a) Melaksanakan pelarasan kekangan minima tiga-dimensi (3D) terhadap cerapan GNSS.
 - (b) Menganalisis hasil pelarasan kekangan minima 3D.
 - (c) Menentukan perbezaan di antara ketinggian yang dihitung dengan nilai ketinggian yang dikeluarkan oleh JUPEM.
 - (d) Mengenalpasti tanda-tanda aras yang masih berkeadaan baik berdasarkan hasil perbandingan yang dibuat.
 - (e) Melaksanakan pelarasan dengan mengekang (*constraint*) tanda-tanda aras yang masih berkeadaan baik.

BAHAGIAN III PENGUKURAN

5. PERALATAN DAN PERISIAN

5.1. Peralatan

- (a) Terdapat dua (2) jenis alat GNSS yang terdapat di pasaran iaitu:
 - (i) Jenis alat penerima dan antena berasingan; dan
 - (ii) Jenis alat penerima dan antena disatukan.
- (b) Antena yang dipilih hendaklah mampu meminimumkan kesan-kesan *electrical phase centre variations* dan pencegahan gangguan berbilang laluan (*multipath*). Penggunaan antena dengan spesifikasi geodetik adalah digalakkan.
- (c) Bagi alat GNSS jenis penerima dan antena disatukan, spesifikasi minimum yang boleh digunakan adalah terdiri dari gred kerja ukur (*survey-grade*).
- (d) Bagi peralatan yang mempunyai komponen berasingan, panjang maksimum dan jenis kabel antena yang dicadangkan oleh pembuat alat hendaklah digunapakai. Bagi membolehkan pencerapan mendapat data yang berkualiti tinggi, kabel antena dan unit penyambung (*connector*) hendaklah sentiasa dalam keadaan bersih.
- (e) Peralatan yang mempunyai komponen berasingan hendaklah disimpan dan digunakan sebagai satu unit.
- (f) Alat penerima GNSS yang akan digunakan hendaklah mempunyai kemampuan menjalankan pencerapan fasa bagi sekurang-kurangnya dua (2) gelombang pembawa. Hanya alat yang menerima sekurang-kurangnya dwi-gelombang boleh digunakan dalam kerja-kerja pengukuran.

- (g) Alat penerima mestilah mampu merekodkan fasa isyarat satelit, tag masa (merujuk kepada perakam waktu di alat penerima). Bagi kerja-kerja masa-hakiki, alat penerima mestilah mampu merekodkan data-data cerapan asal (*raw data*) di samping data-data cerapan masa-hakiki.
- (h) Alat penerima mestilah mampu untuk menjejak sekurang-kurangnya enam (6) satelit GNSS secara serentak. Adalah digalakkan supaya alat penerima GNSS menjejak semua satelit yang berada di atas ufuk semasa pencerapan dilakukan.
- (i) Unit kawalan (*controller*) yang dicadangkan oleh pembuat alat hendaklah digunakan bersama dengan peralatan pencerapan GNSS.
- (j) Penyambungan dari unit kawalan ke unit utama (alat penerima) boleh menggunakan kabel yang berkaitan atau penyambungan menggunakan teknologi tanpa wayar.

5.2. Perisian Pemprosesan Data

- (a) Perisian pemprosesan data yang dicadangkan oleh pembuat alat atau mana-mana perisian yang boleh menerima input data dalam format *Receiver Independent Exchange* (RINEX) hendaklah digunakan. Pengguna perlu memastikan sebarang penaikan taraf terhadap perkakasan atau *firmware* tidak mengurangkan kualiti hasil pemprosesan data.
- (b) Instalasi, operasi dan validasi perisian pemprosesan data hendaklah mengikut arahan pembuat alat. Sebarang permasalahan berkaitan dengan perisian terbabit hendaklah dirujuk terus kepada pembekal peralatan GNSS untuk mendapatkan nasihat atau penyelesaian.
- (c) Semua aspek pemprosesan hendaklah mengikut pilihan piawai yang ditetapkan oleh perisian yang digunakan.
- (d) Pemprosesan data GNSS hendaklah dilaksanakan dengan rujukan kepada stesen-stesen MyRTKnet.

6. KALIBRASI PERALATAN GNSS

- 6.1. Peralatan dan perisian yang akan digunakan untuk melaksanakan Ukur Aras GNSS haruslah dibuktikan beroperasi dalam keadaan baik melalui proses kalibrasi.
- 6.2. Bagi alat GNSS jenis penerima dan antena berasingan, kaedah kalibrasi adalah mengikut prosedur yang ditetapkan dalam PKPUP Bilangan 6 Tahun 1999.
- 6.3. Bagi alat GNSS jenis penerima dan antena disatukan, kaedah kalibrasi adalah mengikut prosedur yang ditetapkan dalam PKPUP Bilangan 1 Tahun 2008.

7. PENENTUAN LOKASI DAN PEMBINAAN MONUMEN TANDA ARAS SEMENTARA (TBM)

- 7.1. Lokasi tanda aras sementara (TBM) haruslah berada seboleh-bolehnya di tempat yang selamat, stabil dan bebas daripada gangguan.
- 7.2. TBM yang ditubuhkan haruslah mempunyai profil kenampakan satelit yang tinggi dan bebas daripada pengaruh selisih berbilang alur (*multipath*). Bilangan TBM yang perlu dibina adalah bergantung kepada jenis serta keperluan dan spesifikasi kerja.

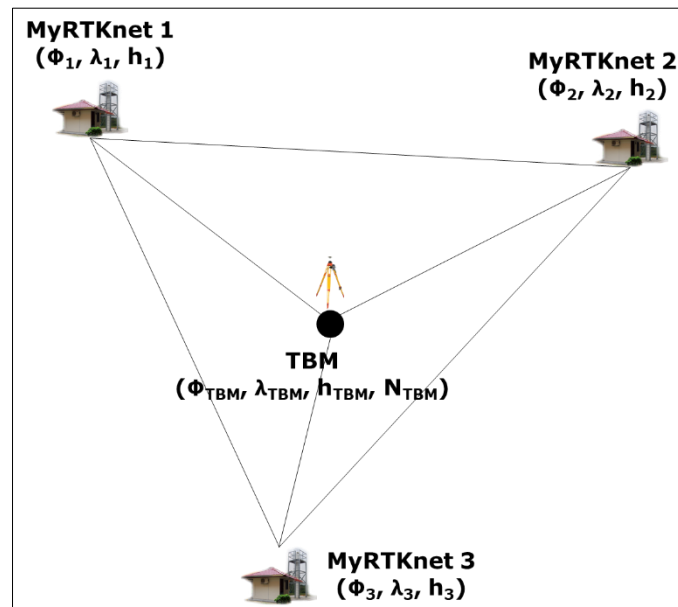
8. CERAPAN *REAL-TIME KINEMATIC* (RTK)

- 8.1. Kaedah cerapan
 - (a) Sela cerapan alat GNSS bagi masa-hakiki perlu diset pada satu (1) saat dan pada masa yang sama data mentah perlu disimpan di dalam alat GNSS atau di dalam unit kawalan.
 - (b) Cerapan masa-hakiki hendaklah direkodkan pada setiap lima (5) saat dan dibaca sebanyak sepuluh (10) kali bagi melengkapkan satu (1) epok cerapan.

- (c) Pengukuran hendaklah dilakukan dengan menceraap sekurang-kurangnya dua (2) epok bagi setiap stesen dengan setiap epok melalui proses inialisasi yang berasingan.
- (d) Ceraap perlu dilakukan dengan menjejak sekurang-kurangnya enam (6) satelit dengan nilai *Position Dilution of Precision* (PDOP) kurang dari tujuh (7).
- (e) Perbezaan koordinat ceraap antara epok hendaklah kurang dari dua (2) sentimeter bagi komponen mendatar, sementara bagi komponen ketinggian adalah enam (6) sentimeter.
- (f) Nilai purata daripada sekurang-sekurgannya dua (2) epok ceraap digunakan sebagai koordinat muktamad yang akan diterimapakai.

8.2. Penentuan ketinggian ortometrik

- (a) Kaedah ini boleh digunakan untuk perkhidmatan MyRTKnet secara masa hakiki berikut:
 - (i) *Master-Auxiliary* (MAX) (*network* RTK)
 - (ii) *Individualised Master-Auxiliary* (iMAX) (*network* RTK)
 - (iii) *Virtual Reference Station* (VRS) (*network* RTK)
 - (iv) *Nearest base* (RTK)
 - (v) *Single base* (RTK)
- (b) **Rajah 2** menunjukkan ilustrasi penentuan ketinggian ortometrik TBM (H_{TBM}) secara mutlak melalui ceraap RTK.
- (c) Koordinat TBM ($\Phi_{TBM}, \lambda_{TBM}, h_{TBM}$) dapat ditentukan secara masa hakiki melalui ceraap RTK berdasarkan stesen-stesen MyRTKnet sebagai rujukan.
- (d) Ketinggian geoid TBM (N_{TBM}) dapat ditentukan melalui koordinat TBM dan MyGEOID.



Rajah 2: Penentuan ketinggian ortometrik (H_{TBM}) secara mutlak melalui cerapan RTK

- (e) **Persamaan (3)** digunakan untuk menentukan ketinggian ortometrik (H_{TBM}) secara mutlak melalui cerapan RTK.

$$H_{TBM} = h_{TBM} - N_{TBM} \quad (3)$$

- (f) Tahap kejituan ketinggian ortometrik (H_{TBM}) yang dapat diperolehi menggunakan cerapan RTK adalah sekitar 7.8 cm, mengambilkira kejituan mutlak ketinggian elipsoid (σh_{TBM}) ~6 cm dan kejituan mutlak model geoid (σN_{TBM}) ~5 cm.

9. CERAPAN STATIK PANTAS

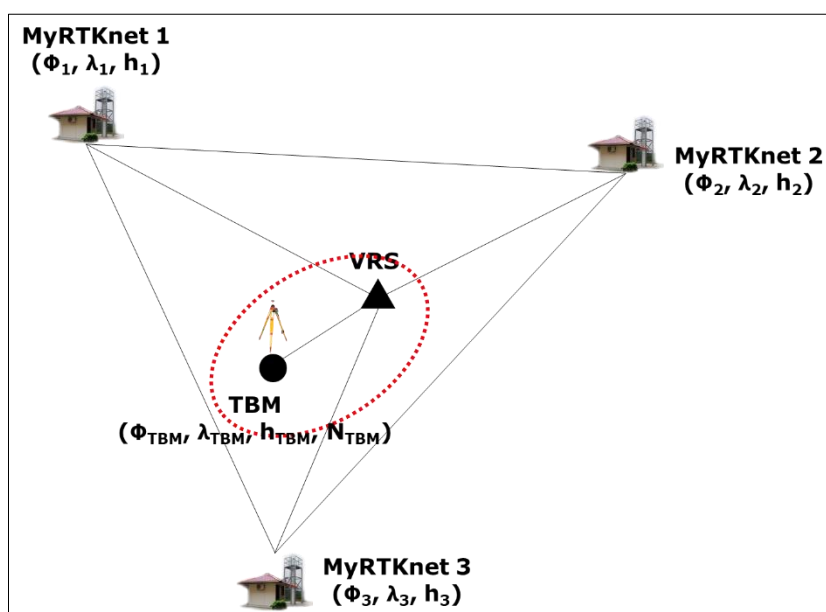
9.1. Kaedah cerapan

- (a) Sela cerapan statik pantas bagi tujuan pasca-prosesan hendaklah ditetapkan pada sela lima (5) saat dan dicerap selama sepuluh (10) minit bagi melengkapkan satu (1) epok cerapan pasca-prosesan.
- (b) Pengukuran hendaklah dilakukan dengan mencerap sekurang-kurangnya dua (2) epok bagi setiap stesen.

- (c) Pemrosesan dengan data *Virtual Reference Station* (VRS).
- (d) Perbezaan koordinat cerapan antara dua epok hendaklah kurang dari dua (2) sentimeter bagi komponen mendatar, sementara bagi komponen ketinggian adalah enam (6) sentimeter.
- (e) Nilai purata daripada sekurang-sekurangnya dua (2) epok cerapan digunakan sebagai koordinat muktamad yang akan diterimapakai.

9.2. Penentuan ketinggian ortometrik

- (a) **Rajah 3** menunjukkan ilustrasi penentuan ketinggian ortometrik TBM (H_{TBM}) secara mutlak melalui cerapan statik pantas.



Rajah 3: Penentuan ketinggian ortometrik (H_{TBM}) secara mutlak melalui cerapan statik pantas

- (a) Koordinat TBM ($\Phi_{TBM}, \lambda_{TBM}, h_{TBM}$) dapat ditentukan secara pasca-prosesan melalui cerapan statik pantas dengan rujukan kepada VRS. Data VRS ini diterbitkan berdasarkan stesen-stesen MyRTKnet sebagai rujukan.
- (b) Ketinggian geoid TBM (N_{TBM}) dapat ditentukan melalui koordinat TBM dan MyGEOID.
- (c) **Persamaan (3)** digunakan untuk menentukan ketinggian ortometrik (H_{TBM}) secara mutlak melalui cerapan statik pantas.

- (d) Tahap kejituan ketinggian ortometrik (H_{TBM}) yang dapat diperolehi menggunakan cerapan statik pantas adalah sekitar 7.8 cm, mengambilkira kejituan mutlak ketinggian elipsoid (σh_{TBM}) ~6 cm dan kejituan mutlak model geoid (σN_{TBM}) ~5 cm.

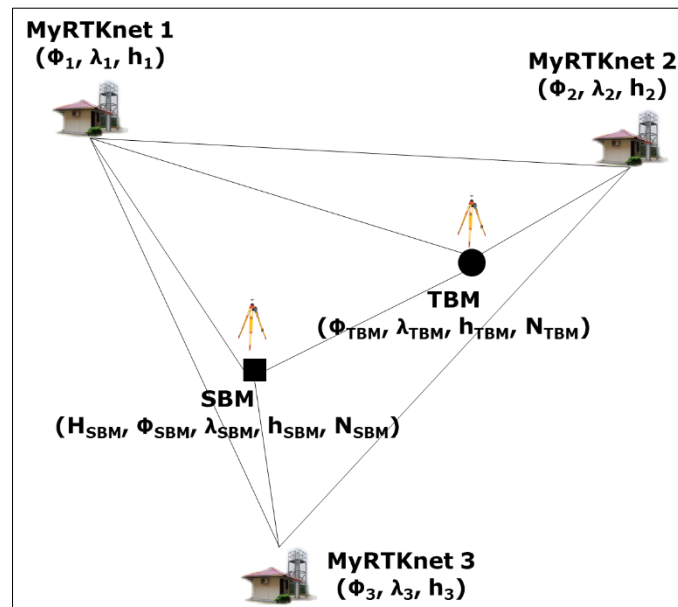
10. CERAPAN STATIK

10.1. Kaedah cerapan

- (a) Rekabentuk jaringan GNSS untuk cerapan statik haruslah dirancang supaya menghasilkan kebolehpercayaan rangkaian yang tinggi.
- (b) Parameter bagi cerapan statik adalah sepertimana ditunjukkan pada **Jadual 1**.
- (c) Bagi setiap sesi cerapan, proses diri-siap kakitiga sebaiknya dilakukan semula dengan bacaan ketinggian antena yang baru. Prosedur ini dapat meminimumkan selisih kasar yang berpunca daripada kesalahan pencerap.

10.2. Penentuan ketinggian ortometrik secara relatif dari SBM / BM

- (a) **Rajah 4** menunjukkan ilustrasi penentuan ketinggian ortometrik TBM (H_{TBM}) secara relatif dari tanda aras piawai (SBM) atau tanda aras (BM).
- (b) Cerapan statik dilakukan dengan menggunakan sekurang-kurangnya dua (2) alat GNSS yang ditempatkan pada SBM / BM yang diketahui nilai ketinggian ortometrik (H_{SBM}) dan tanda aras sementara (TBM) yang ingin ditentukan ketinggiannya (H_{TBM}).
- (c) Sekurang-kurangnya satu (1) SBM atau tiga (3) BM berhampiran kawasan kerja yang telah disemak berada pada kedudukan sebenar perlu dicerap menggunakan GNSS.
- (d) Koordinat SBM ($\phi_{SBM}, \lambda_{SBM}, h_{SBM}$) dan TBM ($\phi_{TBM}, \lambda_{TBM}, h_{TBM}$) dapat ditentukan secara pasca-prosesan data statik dengan menggunakan stesen-stesen MyRTKnet sebagai rujukan.



Rajah 4: Penentuan ketinggian ortometrik (H_{TBM}) secara relatif dari tanda aras piawai (SBM) atau tanda aras (BM) melalui cerapan statik

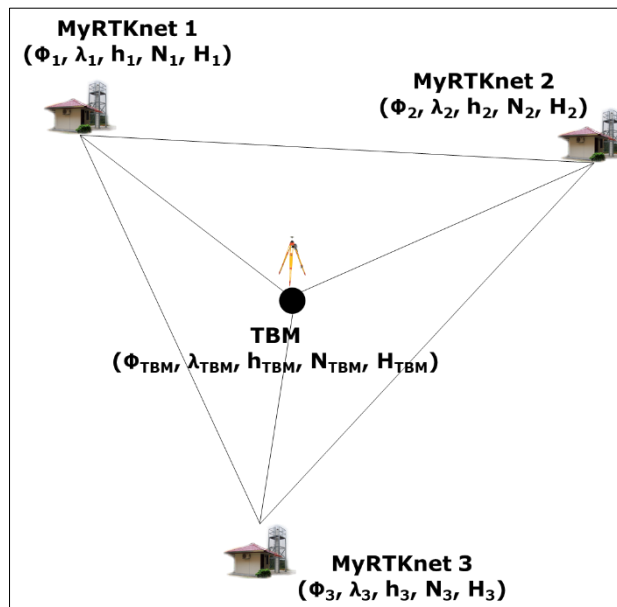
- (e) Ketinggian geoid SBM (N_{SBM}) dan TBM (N_{TBM}) dapat ditentukan berdasarkan koordinatnya dan MyGEOID.
- (f) **Persamaan (4)** digunakan untuk menentukan ketinggian ortometrik (H_{TBM}) secara relatif dari SBM melalui cerapan statik.

$$H_{TBM} = H_{SBM} + (h_{TBM} - h_{SBM}) - (N_{TBM} - N_{SBM}) \quad (4)$$

- (g) Bagi cerapan yang melibatkan tiga (3) BM, ketinggian ortometrik muktamad pada TBM adalah purata ketinggian ortometrik yang diperolehi daripada ketiga-tiga BM berkenaan.
- (h) Tahap kejituan ketinggian ortometrik (H_{TBM}) yang dapat diperolehi menggunakan cerapan statik adalah sekitar 2.8 cm, mengambilkira kejituan relatif ketinggian elipsoid ($\sigma\Delta h$) ~2 cm dan kejituan relatif model geoid ($\sigma\Delta N$) ~2 cm.

10.3. Penentuan ketinggian ortometrik secara relatif dari MyRTKnet

- (a) **Rajah 5** menunjukkan ilustrasi penentuan ketinggian ortometrik TBM (H_{TBM}) secara relatif dari MyRTKnet yang diketahui ketinggian ortometrik ($H_{MyRTKnet}$).



Rajah 5: Penentuan ketinggian ortometrik (H_{TBM}) secara relatif dari MyRTKnet melalui cerapan statik

- (b) Sekurang-kurangnya dua (2) stesen MyRTKnet dengan ketinggian ortometrik yang diketahui perlu digunakan.
- (c) Koordinat TBM ($\Phi_{TBM}, \lambda_{TBM}, h_{TBM}$) dapat ditentukan secara pasca-prosesan melalui cerapan statik dengan rujukan kepada stesen-stesen MyRTKnet.
- (d) Ketinggian geoid TBM (N_{TBM}) dapat ditentukan melalui koordinat TBM dan MyGEOID.
- (e) **Persamaan (5)** digunakan untuk menentukan ketinggian ortometrik (H_{TBM}) secara relatif dari MyRTKnet melalui cerapan statik.

$$H_{TBM} = H_{MyRTKnet} + (h_{TBM} - h_{MyRTKnet}) - (N_{TBM} - N_{MyRTKnet}) \quad (5)$$

- (f) Ketinggian ortometrik muktamad pada TBM (H_{TBM}) adalah purata ketinggian ortometrik yang diperolehi daripada kedua-dua stesen MyRTKnet berkenaan.

- (g) Tahap kejitian ketinggian ortometrik (H_{TBM}) yang dapat diperoleh menggunakan cerapan statik adalah sekitar 2.8 cm, mengambilkira kejitian relatif ketinggian elipsoid ($\sigma\Delta h$) ~2 cm dan kejitian relatif model geoid ($\sigma\Delta N$) ~2 cm.

BAHAGIAN IV PRODUK

11. PRODUK DARIPADA UKUR ARAS GNSS

11.1. Produk daripada Ukur Aras GNSS adalah nilai ketinggian ortometrik di atas aras laut min (ALM) dan kejituannya.

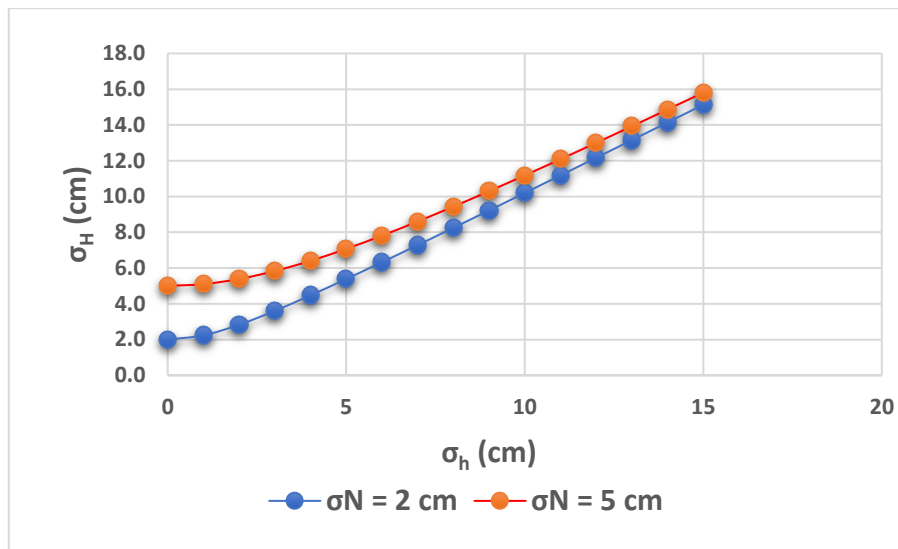
BAHAGIAN V
LAPORAN KAWALAN KUALITI

12. KAWALAN KUALITI TERHADAP HASIL UKUR ARAS GNSS

12.1. **Analisa rambatan selisih Ukur Aras GNSS Mutlak:** Hitungan ketinggian ortometrik melalui Ukur Aras GNSS akan dipengaruhi oleh selisih dalam ketinggian elipsoid (σ_h) dan ketinggian geoid (σ_N):

$$\sigma_H = \pm \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_N^2} \text{ cm} \quad (6)$$

Rajah 6 menggambarkan ketepatan ketinggian ortometrik yang dapat dicapai melalui Ukur Aras GNSS. Ketepatan MyGEOID dianggar antara 2 cm ke 5 cm. Supaya ketepatan ketinggian ortometrik (σ_H) yang optima dapat diperolehi, ketinggian elipsoid perlu dicapai pada lingkungan 1 cm ke 2 cm. Jika $\sigma_N = 5$ cm dan $\sigma_h < 2$ cm, maka $\sigma_H < 6$ cm dan boleh mencapai kejituan ukur aras kelas kedua. Untuk kegunaan pengumpulan maklumat GIS 3D, $\sigma_N = 5$ cm, $\sigma_h < 10$ cm dan $\sigma_H < 11$ cm.



Rajah 6: Kebolehcapaian ketepatan mutlak daripada Ukur Aras GNSS (berdasarkan kepada ketepatan MyGEOID dalam lingkungan 2 cm ke 5 cm)

11.2 **Analisa rambatan selisih Ukur Aras GNSS Relatif:** Hitungan perbezaan ketinggian ortometrik melalui Ukur Aras GNSS akan dipengaruhi oleh selisih dalam perbezaan ketinggian elipsoid ($\sigma\Delta h$) dan ketinggian geoid ($\sigma\Delta N$):

$$\sigma\Delta H = \pm \sqrt{\sigma_{\Delta h}^2 + \sigma_{\Delta N}^2} \text{ cm} \quad (7)$$

Jika $\sigma\Delta h = 2$ cm dan $\sigma\Delta N = 2$ cm (berpandukan kepada penetapan parameter dalam Jadual 1), $\sigma\Delta H = 2.8$ cm. Ketepatan ini boleh mencapai ukur aras kelas kedua (sila rujuk Zilkoski, D.B., 2015).

11.3 Satu laporan perlu disediakan merangkumi perkara-perkara berikut:

- a) Tanda aras atau tanda aras piawai yang digunakan
- b) Cerapan data GNSS dan kawalan kualiti
- c) Pemprosesan data GNSS dan kawalan kualiti
- d) Hitungan Ukur Aras GNSS Mutlak atau Relatif

13. RUJUKAN

Azhari et al., 2020, *Semi-kinematic geodetic reference frame based on ITRF2014 for Malaysia*, Journal of Geodetic Science, No.10, 91-109.

JUPEM, 2003, *Airborne gravity survey and geoid determination project for Peninsular Malaysia, Sabah and Sarawak*, Internal Report, Geodetic Division, Department of Survey and Mapping Malaysia.

JUPEM, 2021, *Garis Panduan Ukur Global Navigation Satellite System (GNSS)*, Pekeliling Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan Malaysia.

Jamil, 2011, *GNSS heighting and its potential use in Malaysia*, FIG Working Week 2011, Marrakech, Morocco,

Jamil H., Kadir M., Forsberg R., Olesen A., Isa M.N., Rasidi S., Mohamed A., Chihat Z., Nielsen E., Majid F., Talib K. and Aman S., 2017, *Airborne Geoid Mapping of Land and Sea Areas of East Malaysia*, Journal of Geodetic Science, De Gruyter Open.

Zilkoski, D.B., 2015, *Establishing Orthometric Heights Using GNSS - Part I*, GPS World.