



Rujukan Kami: JUPEM.BUG.211.2 (46)

Tarikh: 13 Oktober 2021

Semua Pengarah Ukur dan Pemetaan Negeri

Semua Pengarah Ukur Bahagian / Pengarah Bahagian

**PEKELILING KETUA PENGARAH UKUR DAN PEMETAAN  
BILANGAN 7 TAHUN 2021**

---

**GARIS PANDUAN TEKNIKAL  
UKUR ARAS**

---

**1. TUJUAN**

Pekeliling ini bertujuan untuk memberikan garis panduan mengenai kaedah pelaksanaan Ukur Aras.

**2. LATAR BELAKANG**

- 2.1. Maklumat ketinggian bagi sesuatu titik di permukaan bumi diperlukan semenjak kewujudan manusia. Pengetahuan mengenai ketinggian menjadi maklumat penting dalam peradaban manusia, binaan dan bangunan lama yang masih berdiri teguh sehingga kini.
- 2.2. Maklumat kedudukan sesuatu titik di atas permukaan bumi dikira tidak lengkap tanpa maklumat ketinggian. Justeru, pengukuran juga perlu dijalankan untuk menentukan ketinggian titik berkenaan yang dinamakan ukur aras.
- 2.3. Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) memainkan peranan yang begitu penting dalam melaksanakan kerja-kerja cerapan, pemprosesan, perhitungan dan pelarasan data-data aras bagi menghasilkan infrastruktur kawalan ketinggian yang berkejituan tinggi untuk seluruh negara.

- 2.4. Garis Panduan Ukur Aras ini disediakan sebagai panduan teknikal kepada pengguna untuk menentukan ketinggian sesuatu titik dari purata ketinggian aras laut secara Ukur Aras.

### **3. GARIS PANDUAN UKUR ARAS**

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

#### **BAHAGIAN I**

##### **AM**

1. TUJUAN
2. TAFSIRAN
3. PENGENALAN
4. SEJARAH DAN PERKEMBANGAN UKUR ARAS DI MALAYSIA

#### **BAHAGIAN II**

##### **PRINSIP DAN KATEGORI UKUR ARAS**

5. PRINSIP UKUR ARAS
6. PRINSIP SAMA JARAK PANDANGAN HADAPAN DAN PANDANGAN BELAKANG
7. KATEGORI UKUR ARAS

#### **BAHAGIAN III**

##### **PENGUKURAN**

8. PERALATAN
9. PELARASAN DAN KALIBRASI PERALATAN
10. PROSEDUR PENGUKURAN
11. TIKAIAN, HITUNGAN DAN PELARASAN

#### **BAHAGIAN IV**

##### **PRODUK**

12. PRODUK DARIPADA UKUR ARAS

**BAHAGIAN V  
RUJUKAN**

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**



**JABATAN UKUR DAN PEMETAAN MALAYSIA**

2021

# **KANDUNGAN**

## **BAHAGIAN I AM**

1. TUJUAN	3
2. TAFSIRAN	3
3. PENGENALAN	6
4. SEJARAH DAN PERKEMBANGAN UKUR ARAS DI MALAYSIA	7

## **BAHAGIAN II PRINSIP DAN KATEGORI UKUR ARAS**

5. PRINSIP UKUR ARAS	9
6. PRINSIP SAMA JARAK PANDANGAN HADAPAN DAN PANDANGAN BELAKANG	11
7. KATEGORI UKUR ARAS	14

## **BAHAGIAN III PENGUKURAN**

8. PERALATAN	17
9. PELARASAN DAN KALIBRASI PERALATAN	19
10. PROSEDUR PENGUKURAN	27
11. TIKAIAN, HITUNGAN DAN PELARASAN	46

## **BAHAGIAN IV PRODUK**

12. PRODUK DARIPADA UKUR ARAS	61
-------------------------------	----

## **BAHAGIAN V RUJUKAN**

13. RUJUKAN	62
-------------	----

## **BAHAGIAN I**

### **AM**

#### **1. TUJUAN**

Dokumen ini bertujuan untuk memberikan garis panduan teknikal mengenai kaedah dan tatacara menjalankan Ukur Aras.

#### **2. TAFSIRAN**

- 2.1. “Stesen Tolok Air Pasang Surut (STAPS)” adalah stesen yang dibina oleh Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) untuk mendapatkan nilai aras purata laut di tempat tersebut. Untuk mendapatkan nilai yang tepat, cerapan air pasang surut perlu dilaksanakan secara berterusan selama 18.6 tahun atau satu pusingan bulan penuh (*one cycle of the moon's nodes*) bagi setiap stesen;
- 2.2. “Aras Laut Min” bermakna purata ketinggian aras laut yang ditentukan berdasarkan satu tempoh masa tertentu untuk membuang kesan pasang-surut;
- 2.3. “Permukaan Aras” bermakna suatu permukaan lengkung, di mana setiap titik yang terletak di atasnya akan bersudut tepat dengan arah tarikan graviti. Ianya dapat ditunjukkan oleh garis pelambab (*plumb line*). Permukaan bagi sebuah tasik yang tenang atau suatu permukaan takungan air yang luas adalah contoh permukaan aras dan ianya selalu mengikut kelengkungan permukaan bumi. Jika kawasan ukuran adalah kecil, permukaan aras dianggap sebagai satu permukaan satah rata;
- 2.4. “Garis Aras” bermakna satu garisan yang terletak di atas suatu permukaan aras, ianya merupakan suatu garisan yang bersentuh di atas sebuah bulatan dengan pusatnya di bumi. Ia juga boleh difahami sebagai suatu garisan yang bersudut tepat kepada suatu garisan pugak atau normal kepada arah graviti di setiap titik;
- 2.5. “Satah Ufuk” bermakna satah yang bersudut tepat dengan arah graviti;



- 2.6. "Garis Ufuk" adalah suatu garis yang berada di atas satah ufuk. Dengan itu, garis ufuk yang melalui suatu titik tertentu adalah garis yang bersudut tepat kepada garis aras pada titik ini dan mempunyai arah yang sama;
- 2.7. "Garis Kolimatan" adalah garis pandangan stadia teleskop yang bersudut tepat dengan arah graviti. Garis kolimatan juga merupakan garis yang menghubungkan titik pusat kanta objek kepada titik tengah bebenang tengah dan biasanya dirujuk sebagai garis pandangan. Pada jarak yang pendek, garis kolimatan dan garis ufuk dianggap berkeadaan bertindih antara satu sama lain. Manakala pada jarak yang panjang, kedua-dua garis akan mencapah dan pembetulan kelengkungan perlu ditentukan. Ketinggian Garis Kolimatan diukur daripada Datum Tegak;
- 2.8. "Datum Tegak" adalah sebarang permukaan aras sebenar, di mana kepadanya segala ukuran-ukuran ketinggian bagi titik-titik di atas permukaan bumi boleh dirujuk. Permukaan yang biasa diambil sebagai suatu datum adalah aras purata laut. Oleh kerana aras purata bagi laut berbeza-beza pada tempat yang berlainan disebabkan oleh kesan angin, arus laut dan pasang surut, maka aras purata di suatu tempat diambil sebagai suatu permukaan datum tegak dan dinamakan sebagai aras purata laut;
- 2.9. "Datum Andaian" adalah sebarang nilai ketinggian anggapan boleh diberikan kepada satu tanda aras yang dibina di kawasan kerja ukur tanpa merujuk kepada nilai aras purata laut. Nilai ketinggian tersebut dikenali sebagai Datum Andaian;
- 2.10. "Aras Laras" adalah jarak tegak titik di atas atau di bawah datum. Nilai aras laras boleh menjadi positif atau negatif bergantung pada kedudukan titik. Nilai positif bermaksud titik tersebut berada di atas datum manakala nilai negatif berada di bawah datum;
- 2.11. "Tanda Aras Piawai" adalah monumen kekal yang di tanam di permukaan bumi. Monumen ini dibina pada sela jarak 10 hingga 15 km di seluruh negara dan diselenggara oleh JUPEM. Binaan monumen ini mengikut

spesifikasi tertentu. Tanda Aras Piawai digunakan sebagai kawalan utama bagi tanda aras dan sebagai tanda rujukan bagi menentukan nilai aras laras bagi tanda aras baru. Nilai aras laras untuk tanda aras piawai ditentukan dengan menggunakan kaedah Ukur Aras Jitu. Maklumat berkenaan dengan kedudukan, nombor serta nilai tanda aras piawai boleh diperolehi di JUPEM;

2.12. "Tanda Aras" adalah monumen yang diletakkan di atas permukaan bumi, di mana aras larasnya telah ditentukan dengan merujuk kepada tanda aras piawai. Tanda aras merupakan tanda yang sangat penting dan perlu dijaga dengan baik. Ianya digunakan sebagai titik rujukan untuk mendapatkan nilai aras laras untuk titik-titik baru. JUPEM adalah agensi yang bertanggungjawab untuk menyediakan infrastruktur tanda aras di Malaysia. Secara umumnya, binaan tanda aras mengikut spesifikasi tertentu dan diletakkan pada sela jarak lebih kurang 1 km di jalan-jalan yang telah ditentukan. Bagi kawasan bandar, tanda aras ditanam pada sela jarak lebih kurang 0.5 km. Maklumat berkenaan dengan kedudukan, nombor serta nilai tanda aras boleh diperolehi di JUPEM;

2.13. "Tanda Aras Sementara" ialah titik yang mempunyai nilai aras laras yang dipindahkan dari tanda aras. Binaannya bersifat sementara dan dibina berdekatan kepada tapak kerja ukur;

2.14. "Beza Tinggi" adalah perbezaan nilai ketinggian yang diperolehi di antara dua titik di atas permukaan bumi;

2.15. "*Loop*" adalah kerja pengukuran yang bermula dari satu tanda aras yang diketahui nilai aras larasnya dan berakhir pada tanda aras yang sama atau satu tanda aras lain yang diketahui nilai aras larasnya;

2.16. "Pandangan belakang" (juga dikenali sebagai tilikan belakang) adalah bacaan pertama yang diambil pada setaf aras setelah alat aras didirisiapkan pada satu-satu kedudukan;

2.17. "Pandangan hadapan" (juga dikenali sebagai tilikan hadapan) ialah bacaan terakhir yang diambil pada setaf aras sebelum alat aras dipindahkan ke satu titik yang lain;

2.18. “Pandangan Antara” (juga dikenali sebagai tilikan antara) merupakan bacaan-bacaan setaf aras yang dicerap selain daripada cerapan pandangan belakang dan pandangan hadapan;

2.19. “Titik pindah” ialah titik yang mempunyai kedua-dua pandangan (hadapan dan belakang).

### **3. PENGENALAN**

3.1. Kedudukan sesuatu titik di atas permukaan bumi boleh ditentukan melalui pengukuran bearing dan jarak. Maklumat kedudukan titik ini masih dikira tidak lengkap jika tiada maklumat ketinggian pada titik tersebut. Oleh itu, pengukuran untuk menentukan ketinggian titik perlu dilaksanakan.

3.2. Ketinggian ialah jarak menegak yang berada sama ada di atas atau di bawah sesuatu datum rujukan. Dalam pengukuran, datum rujukan yang biasa digunakan secara universal adalah permukaan aras laut min (*mean sea level*). Terdapat beberapa kaedah yang boleh digunakan untuk mendapatkan ketinggian sesuatu titik di atas permukaan bumi. Salah satu cara untuk menentukan ketinggian sesuatu titik adalah dengan menggunakan kaedah Ukur Aras.

3.3. Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) adalah merupakan Agensi Kerajaan yang bertanggungjawab untuk melaksanakan kerja-kerja ukuran dan pemetaan di Malaysia. Salah satu tanggungjawab JUPEM adalah untuk melaksanakan kerja Ukur Aras bagi membangun dan mengawal selia rangkaian tanda-tanda aras diseluruh negara untuk pelbagai aplikasi seperti ukur dan pemetaan, pembangunan, kejuruteraan dan kajian saintifik.

3.4. Dokumen Panduan Teknikal Pelaksanaan Ukur Aras ini disediakan sebagai panduan kepada pengguna untuk menentukan ketinggian sesuatu titik menggunakan kaedah Ukur Aras Konvensional.

#### 4. SEJARAH DAN PERKEMBANGAN UKUR ARAS DI MALAYSIA

- 4.1. Aktiviti penubuhan kawalan tegak di Malaysia dijalankan secara berasingan bagi Semenanjung, Sabah dan Sarawak. Di Semenanjung Malaysia, datum jaringan aras kebangsaan yang pertama telah ditubuhkan pada tahun 1912 berasaskan aras purata laut di Pelabuhan Kelang dan dikenali sebagai *Land Survey Datum 1912* (LSD12). Ianya adalah hasil cerapan pasang surut air laut yang dijalankan oleh pihak *British Admiralty* selama setahun.
- 4.2. Pada tahun 1994, JUPEM telah menubuhkan Datum Tegak Geodesi Semenanjung Malaysia (DTGSM94) dengan memilih nilai aras purata laut di Pelabuhan Kelang sebagai asalan nilai aras. Nilai aras purata laut ini berasaskan kepada cerapan pasang surut air laut selama 10 tahun iaitu mulai tahun 1984 hingga 1993. Ukuran aras telah mula dijalankan sejak tahun 1912 dan siap pada tahun 1967 dengan menempuh pelbagai halangan termasuk peperangan dunia kedua.
- 4.3. Namun begitu, jaringan aras tahun 1967 ini didapati mempunyai beberapa kelemahan dan perlu diperbaiki. Bagi mengatasinya, projek jaringan aras jitu baharu telah dilaksanakan bermula pada tahun 1984 dan siap pada tahun 1999 yang terdiri dari 2089 tanda aras jitu meliputi jarak sejauh 1946 km. Bagi nilai aras di Pulau Langkawi, Pulau Pinang dan Pulau Tioman, penentuan ketinggian masih merujuk kepada LSD12, manakala bagi Labuan, datum ditentukan melalui cerapan air pasang surut yang dijalankan oleh *British Royal Navy*.
- 4.4. Di Sarawak, terdapat tiga datum tegak yang digunakan dikenali sebagai Datum Pulau Lakei, Datum Original dan Datum Bintulu. Datum Pulau Lakei adalah berasaskan nilai Aras Purata Laut 1955 yang diperolehi daripada cerapan pasang surut air laut yang dijalankan di antara tahun 1950 - 1951 dan 1955 - 1956 di Pulau Lakei. Datum Original diperolehi dengan penetapan nilai aras purata laut 1935 berasaskan cerapan air pasang surut yang direkodkan oleh *Marine Department, Sarawak Oilfields Limited* di Dermaga Marin, Miri bagi beberapa tempoh tertentu di antara tahun 1934 hingga 1935. Sementara itu, Datum Bintulu adalah berasaskan ketinggian jaringan stesen penyegitigaan yang dihubungkan

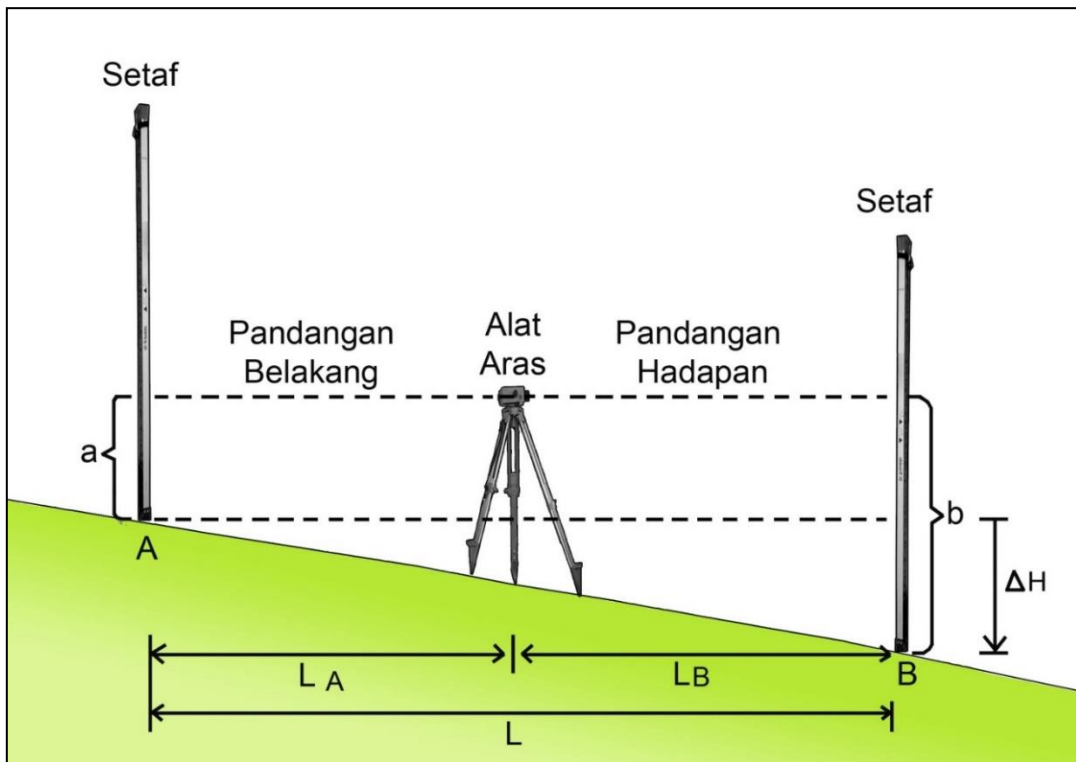
dengan Datum Pulau Lakei dan Datum Original. Tanda Aras BM1 (kemudiannya ditukar kepada BM 821) yang terdapat di *Marine Mast Signal*, Bintulu dianggap sebagai titik asalan bagi Datum Bintulu. Semakan ketinggian tanda aras BM 821 dengan nilai aras purata laut yang diperolehi hasil cerapan pihak Sarawak Shell Berhad selama setahun pada tahun 1974 memberikan perbezaan yang kecil iaitu 0.046 m dan dengan itu nilai ketinggian asal BM 821 dikekalkan.

- 4.5. Di Sabah, aktiviti penentuan datum tegak tempatan telah bermula sejak tahun 1910 apabila kapal H.M.S Merlin daripada pihak *British Admiralty* menjalankan cerapan pasang surut air laut di Pelabuhan Sandakan dan Tawau bagi membantu aktiviti pelayaran dan menerbitkan ramalan pasang surut air laut bagi pihak berkuasa pelabuhan berkaitan. Selanjutnya sehingga tahun 1967, cerapan pasang surut air laut telah dijalankan di beberapa tempat lain dalam tempoh yang berbeza seperti di Tawau (1925 - 1926 dan 1956), Sandakan (1925 - 1926, 1952 dan 1962), Kota Kinabalu (1936 - 1939), Sipitang (1949), Lahad Datu (1961) dan Semporna (1961 dan 1967) dengan tempoh cerapan di antara sebulan hingga tiga (3) tahun. Selain membantu penerbitan ramalan pasang surut air laut, cerapan ini juga digunakan untuk penetapan Datum Carta dan penurunan garis asas penyegitigaan kepada aras laut dalam pelarasan jaringan penyegitigaan utama bagi Sabah, Brunei dan Sarawak dalam tahun 1948. Selanjutnya, datum tegak bagi kawalan ketinggian yang berkaitan dengan ukuran geodetik dan topografi adalah juga merujuk kepada cerapan pasang surut tersebut seperti Datum Belfry 1918 di Tawau dan *Land and Survey Datum 1939* di Kota Kinabalu yang telah digunapakai sehingga tahun 1997. Selepas tahun 1997, semua jaringan Ukur Aras yang dijalankan oleh JUPEM telah merujuk kepada nilai aras purata laut di Stesen Tolok Air Pasang Surut (STAPS) Kota Kinabalu setakat ini berdasarkan cerapan pasang surut air laut selama 10 tahun (1988 - 1997).

**BAHAGIAN II**  
**PRINSIP DAN KATEGORI UKUR ARAS**

**5. PRINSIP UKUR ARAS**

- 5.1. Di dalam kerja Ukur Aras, objektif utamanya adalah untuk mendapatkan nilai beza tinggi di antara dua titik di atas permukaan bumi.
- 5.2. Untuk mendapatkan nilai tersebut, prinsip asas yang digunakan dikenali sebagai segmen. Jarak setiap segmen ( $L$ ) mestilah tidak melebihi 120 meter (mengikut keupayaan alat aras), di mana setiap segmen akan mengandungi alat aras yang diletakkan sebaik-baiknya di tengah-tengah di antara dua setaf yang dikenali sebagai setaf pandangan belakang (setaf A) dan setaf pandangan hadapan (setaf B) (**Rajah 1**).



**Rajah 1: Prinsip Ukur Aras**

- 5.3. Daripada bacaan yang diperoleh, nilai beza tinggi di antara titik A dan titik B adalah hasil tolak bacaan setaf pandangan belakang ( $a$ ) dengan nilai setaf pandangan hadapan ( $b$ ). Untuk memudahkan pengiraan, persamaan matematik mudah berikut boleh digunakan:

$$\Delta H = a - b$$

di mana:

$\Delta H$  = Nilai beza tinggi

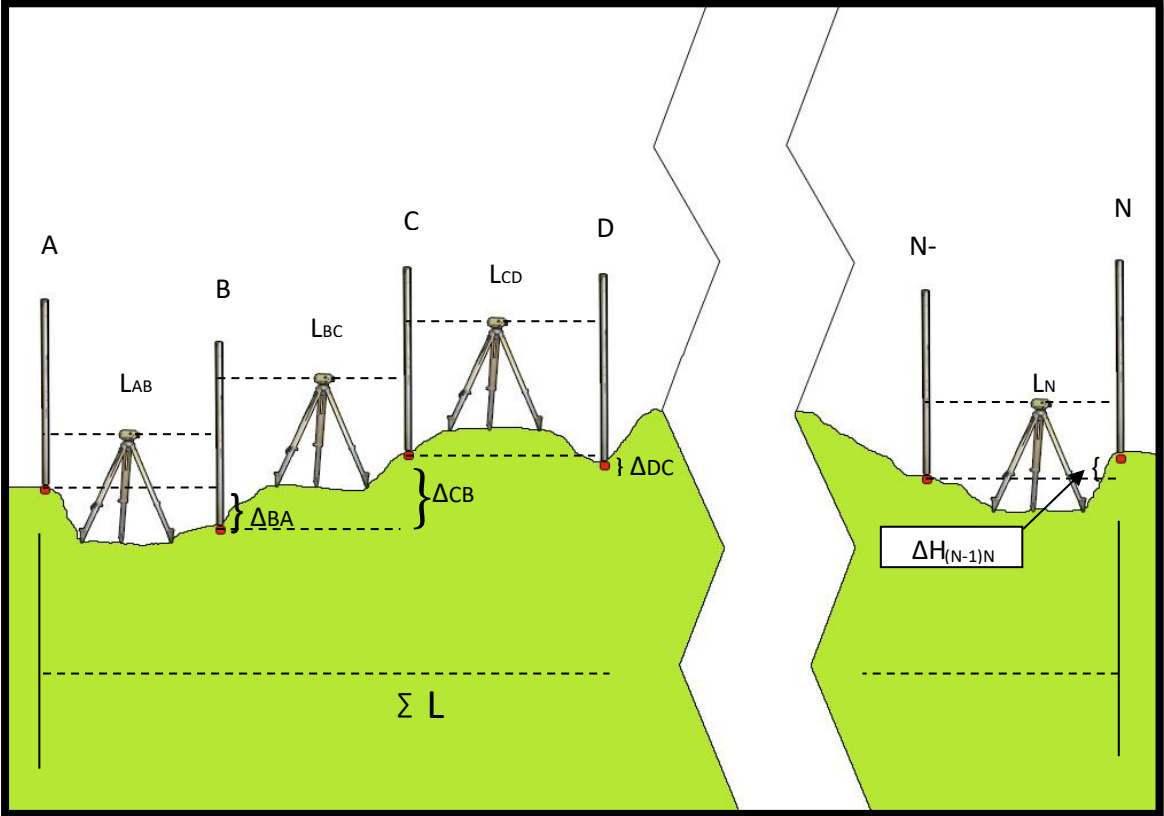
$a$  = Bacaan setaf pandangan belakang

$b$  = Bacaan setaf pandangan hadapan

$L_{A,B}$  = Jarak setaf A dan B ke alat

$H_{A,B}$  = Aras terlaras titik A dan B

5.4. Di dalam kerja Ukur Aras di lapangan, jarak di antara dua titik yang hendak diketahui nilai beza tingginya ( $\Delta H$ ) biasanya berada jauh. Oleh yang demikian, kerja Ukur Aras ini perlu dilakukan melebihi daripada satu segmen. (**Rajah 2**).



**Rajah 2:** Siri Segmen Ukur Aras

5.5. Untuk siri segmen Ukur Aras, setaf pandangan hadapan bagi segmen pertama akan bertukar menjadi setaf pandangan belakang bagi segmen kedua. Proses ini dilakukan secara berterusan sehingga sampai ke akhir siri Ukur Aras tersebut. Nilai beza tinggi ( $\Delta H$ ) perlu ditentukan untuk setiap segmen. Jumlah nilai beza tinggi ( $\sum \Delta H$ ) untuk setiap segmen akan menghasilkan beza tinggi ( $\Delta H_{AN}$ ) di antara stesen mula dan stesen akhir untuk satu siri Ukur Aras. Persamaan matematik berikut digunakan untuk mendapatkan beza tinggi:

$$\Delta H_{AN} = \Delta H_{BA} + \Delta H_{CB} + \Delta H_{DC} + \dots + \Delta H_{(N-1)N}$$

di mana:

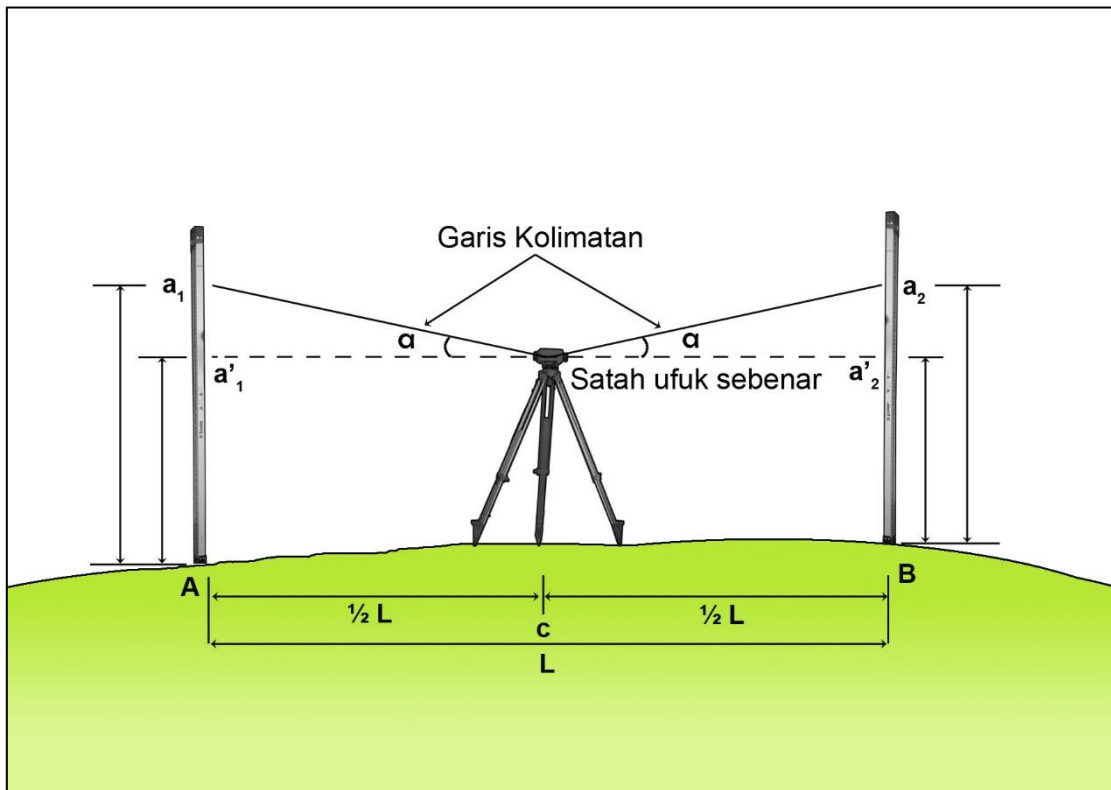
$\Delta H_{AN}$  = Beza tinggi antara stesen mula dan stesen akhir

$\Delta H_{BA}, \Delta H_{CB} \dots \Delta H_{(N-1)N}$  = Beza tinggi setiap segmen

## 6. PRINSIP SAMA JARAK PANDANGAN BELAKANG DAN PANDANGAN HADAPAN

6.1. Semasa membuat bacaan pada setaf, garisan kolimatan mesti ditetapkan selari pada satah ufuk. Secara asasnya, hubungan di antara garisan kolimatan dan paksi gelembung udara pada alat mesti betul-betul selari. Walau bagaimanapun, ada ketikanya garisan kolimatan tidak berada betul-betul selari dengan paksi gelembung udara pada alat. Ini akan menyebabkan selisih dalam menjalankan kerja Ukur Aras. Selisih ini boleh dihapuskan dengan cara memastikan jarak di antara alat aras dengan setaf pandangan belakang dan setaf pandangan hadapan ditentukan hampir sama seperti **Rajah 3**.





**Rajah 3:** Kedudukan Sama Jarak Bagi Menghapuskan Selisih Kolimatan

6.2. Berdasarkan **Rajah 3**, titik A dan titik B adalah dua tanda yang hendak ditentukan ketinggiannya. Alat aras didirisiapkan pada titik C yang berada di tengah-tengah di antara titik A dan titik B. Jarak keseluruhan ( $L$ ) adalah jarak di antara titik A dan titik B. Persamaan untuk mendapatkan selisih kolimatan adalah seperti berikut:

$$e = a_1 - a'_1 = a_2 - a'_2 = \frac{1}{2} L \tan \alpha$$

di mana;

$e$  = Selisih kolimatan

$\alpha$  = sudut yang terbentuk di antara garisan kolimatan dan satah ufuk sebenar.

$a'_{1,2}$  = Bacaan setaf sebenar

$a_{1,2}$  = Nilai yang dicerap melalui alat aras untuk titik A dan titik B

Jadi, bacaan sebenar untuk setaf A =  $Aa_1 - a_1a'_1 = Aa_1 - \frac{1}{2} L \tan \alpha$

lainya adalah sama untuk bacaan sebenar untuk setaf B =  $Ba'_2$

$Ba_2$  = nilai yang dicerap melalui alat aras untuk titik B

$$\text{Selisih} = Ba_2 - Ba'_2 = a_2a'_2 = \frac{1}{2}L \tan \alpha$$

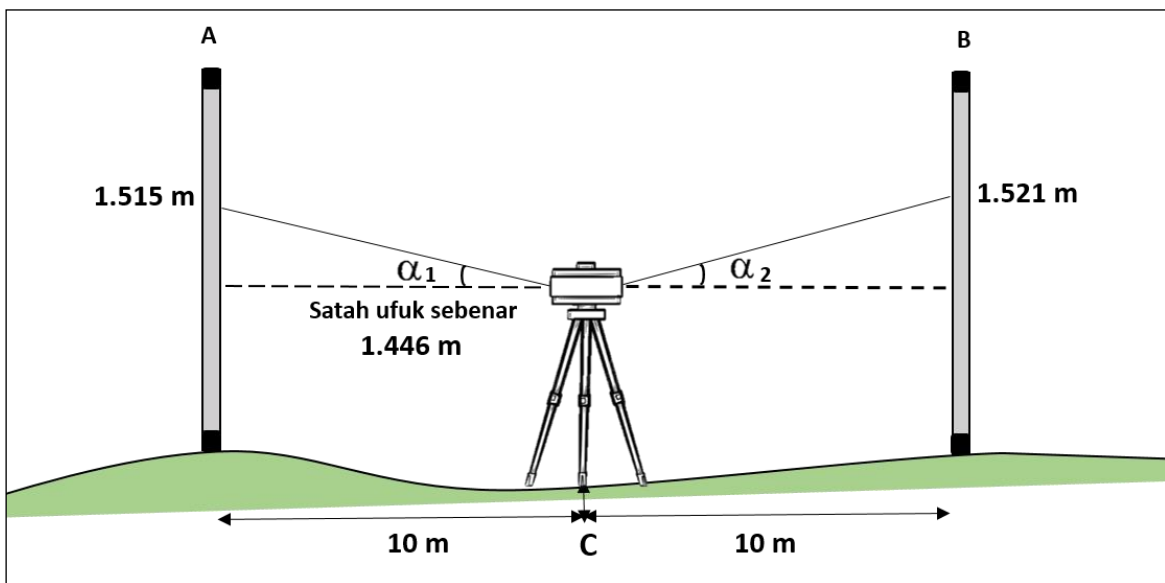
Jadi, bacaan sebenar untuk setaf B =  $Ba_2 - a_2a'_2 = Ba_2 - \frac{1}{2}L \tan \alpha$

Daripada bacaan sebenar untuk setaf A dan setaf B, perbezaan ketinggian sebenar di antara titik A dan titik B adalah:

$$\begin{aligned} \text{Perbezaan ketinggian titik A dan titik B} &= Aa'_1 - Ba'_2 \\ &= Aa_1 - \frac{1}{2}L \tan \alpha - Ba_2 + \frac{1}{2}L \tan \alpha \\ &= Aa_1 - Ba_2 \end{aligned}$$

6.3. Oleh itu, telah dibuktikan bahawa selisih yang terjadi disebabkan oleh garisan kolimatan boleh dihapuskan dengan menggunakan prinsip sama jarak di antara pandangan belakang dan pandangan hadapan.

6.4. Contoh penggunaan prinsip sama jarak pandangan belakang dan pandangan hadapan adalah ditunjukkan pada **Rajah 4**:



**Rajah 4:** Penggunaan Prinsip Sama Jarak Pandangan Hadapan dan Pandangan Belakang Untuk Menghapuskan Selisih Kolimatan

Diberi:

Bacaan setaf di titik A = 1.515 m, bacaan setaf di titik B = 1.521 m

Dengan jarak keseluruhan dari Titik A ke Titik B = 20 m

Diperolehi  $\alpha_1 = 0^\circ 25' 46.96''$ ,  $\alpha_2 = 0^\circ 23' 43.2''$

Perbezaan ketinggian titik A dan titik B =  $Aa'_1 - Ba'_2$

$$= Aa_1 - \frac{1}{2}L \tan \alpha_1 - Ba_2 + \frac{1}{2}L \tan \alpha_2$$

$$= Aa_1 - Ba_2$$

$$= A(1.521) - \frac{1}{2} (20) \tan 0^\circ 25' 46.96'' - B(1.515) - \frac{1}{2} (20) \tan 0^\circ 23' 43.2''$$

$$= A(1.446) - B(1.446)$$

$$= A - B$$

## 7. KATEGORI UKURAN ARAS

7.1. Terdapat dua (2) kategori Ukur Aras yang boleh dilaksanakan iaitu Ukur Aras Jitu dan Ukur Aras Kelas Kedua.

7.2. Ukur Aras Jitu adalah pengukuran berkejituan tinggi untuk menentukan beza tinggi di antara dua titik. Pengukuran ini dilakukan untuk menyediakan titik kawalan tegak utama dan biasanya melibatkan kawasan yang luas. Untuk memastikan Ukur Aras Jitu ini dilakukan dengan sempurna dan mencapai tahap kejituan yang ditetapkan, peralatan yang lebih sensitif dan berkejituan tinggi perlu dipilih dan kaedah atau prosedur cerapan, pembukuan, hitungan dan pelarasan yang ketat perlu dipatuhi. Ini adalah untuk memastikan selisih terkumpul adalah minima bagi mencapai kejituan aras yang dikehendaki.

7.3. Bagi Ukur Aras Kelas Kedua, prinsip pengukuran untuk kategori ini masih tidak berubah iaitu untuk menentukan beza tinggi di antara dua titik. Walau bagaimanapun, perbezaan di antara Ukur Aras Jitu dan Ukur Aras Kelas Kedua adalah dari segi kejituan, peralatan yang digunakan, kaedah atau prosedur cerapan, pembukuan, hitungan dan pelarasan. Kerja Ukur Aras ini biasanya digunakan untuk kerja-kerja kejuruteraan dan pembinaan. Kerja Ukur Aras ini perlulah dimulakan dari tanda aras atau tanda aras piawai.

7.4. Sesuatu kerjaluar Ukur Aras boleh diterima pakai sekiranya ianya berada dalam julat had tikaian yang dibenarkan mengikut kelas Ukur Aras yang tertentu. Tikaian bagi sesuatu kerjaluar Ukur Aras dikira berdasarkan kepada perbezaan nilai aras laras di antara aras laras yang dihitung dengan aras laras yang diketahui nilainya pada sesuatu titik. Had tikaian yang perlu dipatuhi bagi pengukuran aras adalah seperti berikut:

- a) Ukur Aras Jitu:  $0.003 \times \sqrt{k}$  meter, dimana  $k$  adalah jarak dalam kilometer; dan
- b) Ukur Aras Kelas Kedua:  $0.012 \times \sqrt{k}$  meter, dimana  $k$  adalah jarak dalam kilometer.

7.5. Contoh pengiraan had tikaian:

**Jadual 1:** Contoh Pembukuan Ukuran Aras

PB	PA	PH	Naik	Turun	Jarak	AL MULA	PEMB.	AL AKHIR	CATATAN
0.697					0	123.334		123.334	SBM
2.688		2.514		1.817	20	121.517		121.517	TP1
	1.666		1.022		40	122.539		122.541	P1
	0.478		1.188		80	123.727		123.729	P2
2.344		1.622		1.144	100	122.583		122.585	TP2
	2.446			0.102	130	122.481		122.484	P3
1.008		2.003	0.443		180	122.924		122.927	TP3
1.702		0.404	0.604		260	123.528		123.532	TP4
2.445		3.013		1.311	340	122.217		122.223	TP5
		1.334	1.111		360	123.328		123.334	SBM
10.884		10.890	4.368	4.374					

- a)  $\sum$  Pandangan Belakang = 10.884,  $\sum$  Pandangan Hadapan = 10.890  
 $\Delta$  PBPH = -0.006
- b)  $\sum$  Naik = 4.368,  $\sum$  Turun = 4.374  
 $\Delta$  Naik/Turun = -0.006
- c) Nilai Aras Laras = 123.328, Nilai Aras Laras Akhir = 123.334  
 $\Delta$  Nilai Aras Laras = -0.006
- d) Selisih Aras = 123.328 - 123.334 = -0.006
- e) Selisih yang dibenarkan -  $0.012 \times \sqrt{k}$  di mana  $k$  adalah jarak dalam km (jumlah jarak laluan ukuran = 360 m)  
 $= 0.012 \times \sqrt{0.36}$   
 $= 0.012 \times 0.6$   
 $= 0.0072$  (7 mm) (mematuhi had tikaian kelas kedua)

## BAHAGIAN III PENGUKURAN

### 8. PERALATAN

Bergantung kepada kategori Ukur Aras, peralatan ukuran yang digunakan juga mempunyai spesifikasi yang berbeza.

#### 8.1. Alat Aras Jitu

- a) Bacaan direkodkan sehingga 0.00001 meter;
- b) Kuasa pembesaran teleskop tidak kurang daripada 40 kali dan batang teleskop hendaklah diperbuat daripada bahan yang mempunyai angkali pengembangan yang sama seperti kaca;
- c) Tiub gelembung udara mestilah mempunyai kelengkungan yang tetap dan sensitiviti tinggi tidak melebihi  $20'' / 2$  milimeter; dan
- d) Sisihan piawai (*standard deviation*) alat hendaklah tidak melebihi daripada 0.3 milimeter.

#### 8.2. Alat Aras Kelas Kedua

- a) Bacaan direkodkan sehingga 0.001 meter;
- b) Kuasa pembesaran teleskop tidak kurang daripada 20 kali pembesaran dan batang teleskop hendaklah diperbuat daripada bahan yang mempunyai angkali pengembangan yang sama seperti kaca;
- c) Tiub gelembung udara mestilah mempunyai kelengkungan yang tetap dan sensitiviti yang tinggi tidak melebihi  $20'' / 2$  milimeter; dan
- d) Sisihan piawai alat hendaklah tidak melebihi daripada 2.5 milimeter.

### 8.3. Setaf Aras Jitu

- a) Dua unit yang sama jenama, model dan material jenis invar;
- b) Berkeupayaan memberi bacaan sehingga 0.00001 meter;
- c) Mendirisiapkan setaf menggunakan tiang keluli piawai sebagai tupang bagi memastikan kestabilan setaf dan didirikan di atas tapak atau piket keluli;
- d) Gelembung udara bulat yang dipasang siap bagi memastikan setaf betul-betul pugak; dan
- e) Bagi perolehan baru, setaf aras jitu mesti mempunyai sijil kalibrasi daripada pembuat alat. Setaf aras juga perlu dibuat kalibrasi secara berkala bagi memastikan ia sentiasa berkeadaan baik ketika ukuran dibuat.

### 8.4. Setaf Aras Kelas Kedua

- a) Dua unit yang sama jenama dan model;
- b) Jenis setaf aras biasa;
- c) Bacaan sehingga 0.001 meter; dan
- d) Gelembung udara bulat diletakkan pada setaf bagi memastikan setaf berada dalam keadaan pugak.

## 8.5. Kakitiga / Tripod

- a) Untuk ukuran aras jitu, kakitiga yang digunakan diperbuat dari kayu yang teguh dan stabil serta mempunyai panjang yang tetap. Hujung kaki bersalut besi atau logam yang tajam dan mempunyai angkali pengembangan yang kecil.
- b) Manakala bagi ukuran aras kelas kedua, kakitiga biasa yang diperbuat daripada kayu atau aluminium adalah memadai digunakan.

## 9. PELARASAN DAN KALIBRASI PERALATAN

Pelarasan dan kalibrasi alat adalah merupakan salah satu proses utama sebelum kerja-kerja Ukur Aras dijalankan. Proses ini adalah untuk memastikan peralatan berada dalam keadaan baik dan sedia untuk digunakan dan perlu dilakukan sebelum sesuatu kerja ukuran aras dilaksanakan.

9.1. Pelarasan terbahagi kepada dua (2) jenis iaitu:

- a) Pelarasan Sementara
- b) Pelarasan Tetap
  - i. Ujian Dua Piket
  - ii. Kalibrasi alat aras dan setaf bar berkod (*bar coded*)

9.2. Pelarasan Sementara

Pelarasan sementara adalah proses pertama yang perlu dilakukan sebelum menggunakan alat aras untuk membuat ukuran di lapangan. Tiga (3) langkah utama perlu dilakukan di dalam menjalankan pelarasan sementara:



a) Mendirisiap Alat

Langkah-langkah untuk mendirisiap alat adalah seperti berikut:

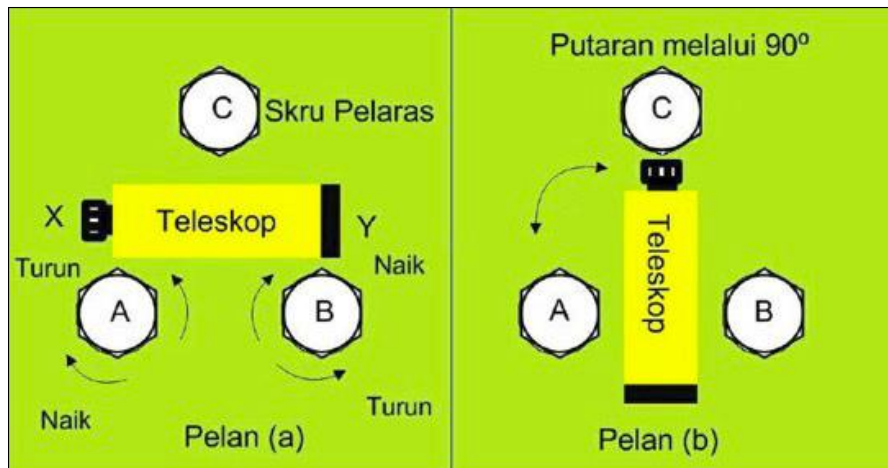
- i. Kakitiga alat aras dibuka dan dipasangkan mengikut kesesuaian dan ketinggian pencerap. Semua skru kakitiga dipastikan di kunci dengan rapi.
- ii. Kakitiga perlulah dipastikan berada kukuh di atas permukaan tanah.
- iii. Alat aras diletakkan di atas plat rata pada kakitiga yang telah tersedia. Skru pada plat rata dikuncikan kepada alat aras. Alat aras dipastikan berada kukuh di atas kakitiga.

b) Mengaras alat

Proses ini dilakukan untuk memastikan alat aras berada selari dengan satah mendatar dan berada tegak pada paksi pugak. Langkah-langkah untuk mengaraskan alat adalah seperti berikut:

- i. Pada setiap alat aras terdapat gelembung udara yang perlu berada di tengah-tengah bertujuan untuk memastikan alat berada selari dengan satah mendatar dan berada tegak pada paksi pugak.
- ii. Untuk memastikan gelembung udara berada di tengah-tengah, teleskop diletakkan selari dengan dua skru kaki pelaras A dan B seperti **Rajah 5 (a)**. Kedua-dua skru kaki pelaras dipusingkan secara serentak sama ada mengikut arah jam atau sebaliknya untuk memastikan gelembung udara bergerak ke tengah.
- iii. Teleskop dipusingkan  $90^{\circ}$  dari kedudukan sebelumnya seperti **Rajah 5 (b)**. Hanya skru kaki pelaras C sahaja dilaraskan untuk memastikan gelembung udara berada di tengah-tengah

- iv. Sebagai semakan, teleskop dipusing  $90^{\circ}$  dari kedudukan sebelumnya dan kedudukan gelembung udara dipastikan masih berada di tengah-tengah. Sekiranya gelembung udara tidak berada di tengah-tengah, proses pengarasannya dimulakan semula dari awal.

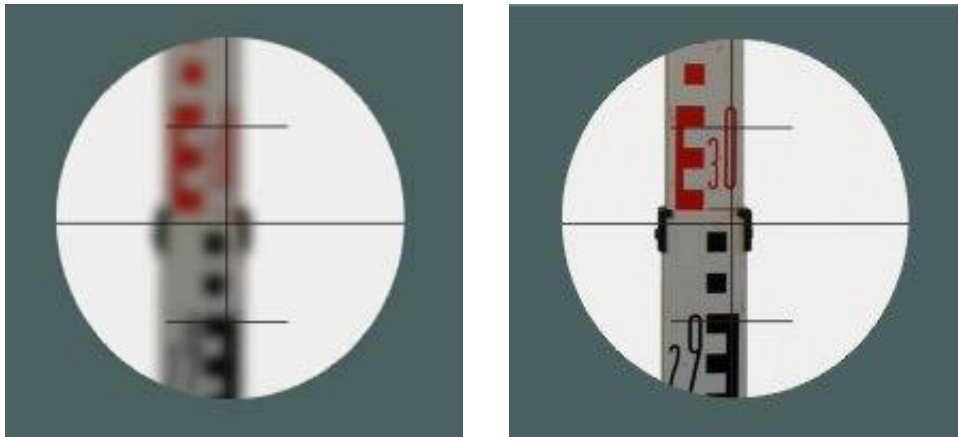


**Rajah 5:** Langkah Mengaras Alat

- c) Menghapuskan paralaks

Proses terakhir dalam pelarasan sementara ini dilakukan seperti berikut:

- i. Pada setiap teleskop alat aras, terdapat garisan rerambut (*cross-hair*) hitam berbentuk palang seperti **Rajah 6**.
- ii. Kanta mata dilaraskan supaya garisan rerambut jelas kelihatan apabila dilihat melalui teleskop.
- iii. Teleskop dihalakan pada salah satu setaf atau objek yang mudah dilihat. Skru pemfokus dilaraskan perlahan-lahan supaya setaf atau objek dapat dilihat dengan jelas.
- iv. Untuk memastikan paralaks terhapus, objek dan garisan rerambut mestilah kelihatan jelas di dalam teleskop. Sekiranya langkah-langkah di atas tidak dipenuhi, proses penghapusan paralaks perlulah dilakukan semula.



**Rajah 6:** Menghapuskan Paralaks

### 9.3. Pelarasan Tetap

Pelarasan tetap hendaklah dilaksanakan dari semasa ke semasa sebelum peralatan aras digunakan di lapangan. Pelarasan ini dilakukan untuk menyemak prestasi alat, terutamanya selepas alat digunakan untuk jangka masa yang tertentu.

Pelarasan tetap juga dilakukan apabila selisih yang diperolehi dari pelaksanaan Ujian Dua Piket melebihi dari had yang ditetapkan. Had yang ditetapkan mengikut amalan di JUPEM adalah seperti **Jadual 2**.

**Jadual 2:** Had Selisih Ujian Dua Piket

Aras Jitu	$\pm 0.2 \text{ mm}$
Aras Kelas Kedua	$\pm 1 \text{ mm} / 20 \text{ meter}$

Sekiranya selisih yang diperolehi melebihi had yang ditetapkan, proses pembetulan garisan kolimatan perlu dilakukan merujuk kepada manual alat yang dibekalkan. Jika proses ini masih tidak memenuhi syarat had yang dibenarkan, alat perlu dihantar ke pembekal bagi tujuan penyelenggaraan.

a) Kalibrasi Alat Aras dan Setaf

Proses kalibrasi setaf bertujuan untuk menentukan nilai skala (*scale value*) pada alat aras digital dan setaf berkod (*barcoded*). Penggunaan setaf aras berkod yang terdedah kepada pelbagai faktor perubahan seperti suhu, kaedah penggunaan dan penjagaan, kelembapan dan ketidakseragaman senggatan kod bar. Oleh itu, bagi memastikan hasil pengukuran yang diperoleh berkejituan tinggi, kalibrasi alat aras dan setaf berkod perlu dilakukan.

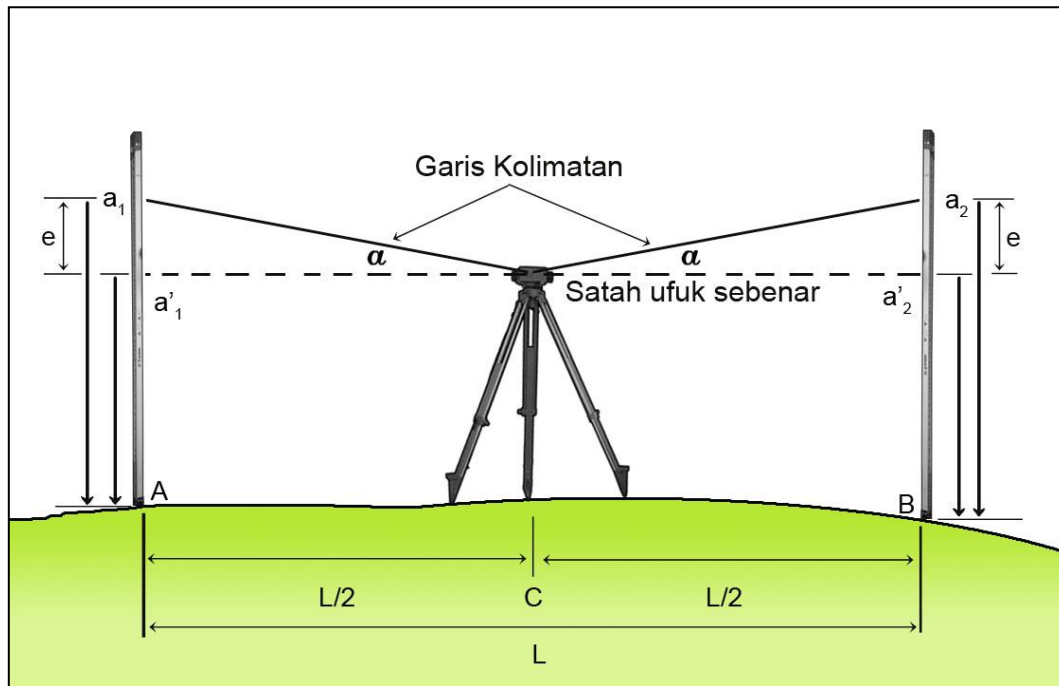
Setiap set alat dan setaf aras perlu dikalibrasi mengikut keperluan seperti berikut:

- i. Set alat aras dan setaf yang belum pernah digunakan, atau
- ii. Apabila berlaku kecacatan akibat jatuh atau lain-lain pada set alat Ukur Aras dan setaf berkod, atau
- iii. Selepas dibaiki akibat sesuatu kerosakan set alat Ukur Aras dan setaf berkod, atau
- iv. Apabila berlaku penggantian salah satu unit dalam set alat Ukur Aras dan setaf berkod, ataupun
- v. Bacaan ketinggian atau jarak pada posisi yang sama tidak lagi konsisten.

b) Ujian Dua Piket

Ujian Dua Piket adalah merupakan proses bagi memastikan alat aras berada dalam keadaan baik sebelum digunakan. Bagi keadaan-keadaan yang di luar keupayaan, alat tersebut perlu dihantar kepada pembekal untuk tujuan pembaikan. Proses ini perlu dijalankan setiap kali kerja baru hendak dimulakan dan / atau setiap tempoh enam bulan atau selepas pelarasan tetap dijalankan. Prosedur cerapan dan pembukuan untuk ujian dua piket adalah seperti berikut:

- i. Dua titik ditandakan di atas permukaan tanah yang rata dengan menggunakan piket (Piket A dan B). Jarak (L) di antara dua titik tersebut dipastikan tidak melebihi 60 meter.
- ii. Alat aras diletakkan di tengah-tengah (titik C) di antara piket A dan B. Sebaiknya jarak alat dan Piket A dan B adalah sama iaitu jarak piket A dan B dibahagi 2 ( $L/2$ ). Pelarasan sementara dilakukan seperti **Paragraf 9.2**.



**Rajah 7: Ujian Dua Piket (Alat Berada di Tengah)**

- iii. Setaf diletakkan pada piket A dan B. Cerapan dimulakan dan bacaan direkodkan pada kedua-dua setaf ( $a_1$  dan  $a_2$ ). Bacaan sepatutnya diperoleh adalah  $a'_1$  dan  $a'_2$ .

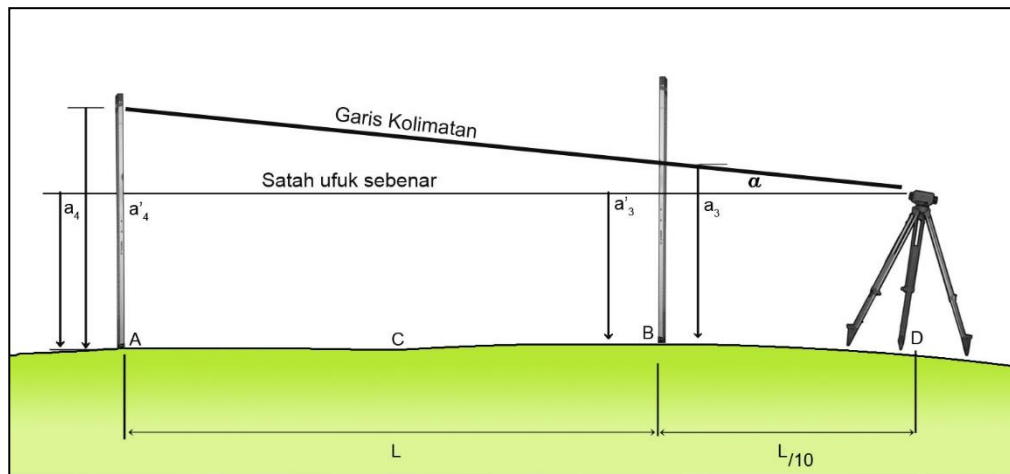
$$a_2 - a_1 = (a'_2 + e) - (a'_1 + e) = a'_2 - a'_1$$

= Beza tinggi sebenar di antara titik A dan B

$e$  = Beza bacaan setaf sebenar dengan nilai cerapan

di mana, nilai  $e$  adalah selisih kolimatan. Oleh kerana jarak  $AC = CB$ , maka secara tidak langsung selisih kolimatan adalah sama dan boleh diabaikan.

- iv. Alat aras dipindahkan di belakang piket B (titik D) di mana jarak titik D dengan piket B adalah  $L/10$  m (**Rajah 8**). Kemudian bacaan  $a_3$  diambil pada piket B dan  $a_4$  pada piket A.



**Rajah 8:** Ujian Dua Piket (Alat di Belakang Stesen B)

- v. Beza ketara dihitung dalam ketinggian di antara Piket A dan Piket B dengan menolak bacaan  $a_4 - a_3$ . Sekiranya alat berada dalam keadaan baik maka beza tinggi ketara Piket A dan Piket B seharusnya sama.

$$\text{Beza tinggi} = (a_4 - a_3) = (a_2 - a_1)$$

- vi. Walau bagaimanapun setiap alat mempunyai selisih tersendiri, oleh yang demikian selisih kolimatan bagi piket A dan piket B boleh dikira menggunakan formula berikut:

$$\text{Selisih kolimatan (e)} = (a_2 - a_1) - (a_4 - a_3) \text{ m per } L \text{ meter}$$

Selisih yang dibenarkan adalah merujuk pada **Jadual 2**. Contoh Borang Ujian Dua Piket yang digunakan oleh JUPEM adalah seperti **Rajah 9**.



Tingkat 7, Bangunan Ukur  
50578 Jalan Semarak  
Kuala Lumpur

**JABATAN UKUR DAN PEMETAAN MALAYSIA  
BAHAGIAN UKUR GEODETIK**

No Telefon : 03-26170979  
No Fax : 03-26912757

**BORANG UJIAN 2 PIKET**

**A. MAKLUMAT ALAT**

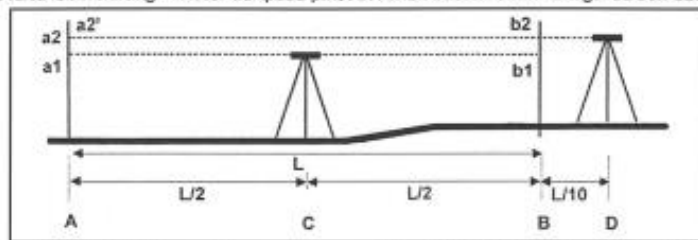
Jenis Alat	: TUMBLE DINI 03	No. Siri	: 740696
------------	------------------	----------	----------

**B. MAKLUMAT UJIAN**

Tarikh	: 13/10/2015	Tempat	: K. LUMPUR
--------	--------------	--------	-------------

**C. KAEDAH UJIAN**

Kaedah ujian dua piket (lihat rajah di bawah) ialah;- pasang alat di C di mana C berada di tengah setaf A dan B. Jarak A – B (L) ialah lebih kurang 40 meter. Ambil bacaan sebagai a1, b1. Anjakan alat aras di D, sebaik-baiknya berjarak L/10 iaitu lebih kurang 4 meter daripada piket B. Ambil bacaan setaf sebagai a2 dan b2.



Nilai  $(a1 - b1)$  sepatutnya sama dengan  $(a2 - b2)$ . Jika tidak maka telah wujud selisih kolimatan  $(e) = (a1 - b1) - (a2 - b2)$  meter per L meter.

**D. DATA UJIAN**

Kedudukan Alat Aras	Bacaan Setaf A	Bacaan Setaf B	Perbezaan Pugak
Tempat C (di antara 2 setaf)	1.196	1.328	0.132
Tempat D (di sebelah 1 setaf)	1.130	1.263	0.133
		Selisih Kolimatan (e)	0.001

Nota : Jika selisih (e) di dapati kurang daripada  $\pm 0.2\text{mm}$  bagi aras jitu atau,  $\pm 2\text{mm}$  per 20 meter bagi aras kelas kedua, maka alat aras tidak perlu pelarasan.

**E. KEPUTUSAN UJIAN**

Baik

**F. PENGESAHAN**

Keputusan ujian disahkan

AMIRUL HAFIZ BIN IBRAHIM  
Pencalon Jurukur JAZ9  
(Unit Kawalan Tegak)  
Bahagian Ukur Geodetik  
Jabatan Ukur Dan Pemetaan Malaysia

KHAIRUL FAHMI BIN MANSOR  
Pencalon Jurukur Kelas 2  
Seksyen Infrastruktur Rujukan Tersebut  
Bahagian Ukur Geodetik  
Jabatan Ukur Dan Pemetaan Malaysia

**Rajah 9: Contoh Borang Ujian Dua Piket**

Untuk melaraskan alat, alat masih dikekalkan di titik D. Bacaan yang sepatutnya didapati di  $a'_4$ , dihitung daripada :

$$a'_4 = a_4 - e(L/10 + L)/L$$

- vii. Kemudian, dengan menggunakan skru pelaras pada kanta mata, gerakkan garisan rerambut sehingga memperoleh bacaan yang sepatutnya (**Rajah 10**).



**Rajah 10:** Melaras Garisan Rerambut

- viii. Ujian ini perlu diulang jika had selisih tidak dipenuhi

## 10. PROSEDUR PENGUKURAN

Bahagian ini menerangkan amalan dan prosedur pengukuran yang telah diamalkan oleh JUPEM dalam melaksanakan kerja Ukur Aras bermula dari peringkat perancangan sehinggalah selesai.

### 10.1. Perancangan

Di dalam membuat perancangan bagi menjalankan kerja-kerja Ukur Aras, perkara-perkara berikut perlu diberi perhatian untuk menghasilkan rangkaian aras yang mengikut spesifikasi dan kejituan yang ditetapkan:

- a) Pemilihan Laluan
- b) Siasatan Tanda Aras



## 10.2. Pemilihan Laluan

Pemilihan laluan adalah perkara utama yang perlu dirangka di dalam pelaksanaan kerja Ukur Aras. Laluan yang dipilih mestilah dihubungkan dengan tanda aras yang mempunyai nilai aras laras. Pemilihan laluan yang baik akan membantu di dalam penjimatan masa, kos dan tenaga kerja. Pemilihan laluan juga harus meliputi laluan jaringan jalan raya utama bagi menjamin keperluan pembangunan di sekitar kawasan berkenaan.

## 10.3. Siasatan Tanda Aras

Siasatan tanda aras dilakukan bertujuan untuk memastikan tanda-tanda aras yang hendak dihubungkan berada dalam keadaan baik dan tidak berganjak dari kedudukan asal. Kebiasaannya siasatan dilakukan dengan cara melihat ciri-ciri fizikal tanda aras tersebut. Hanya tanda aras yang diyakini tidak rosak atau teranjak boleh dipertimbangkan untuk digunakan sebagai datum permulaan ukuran.

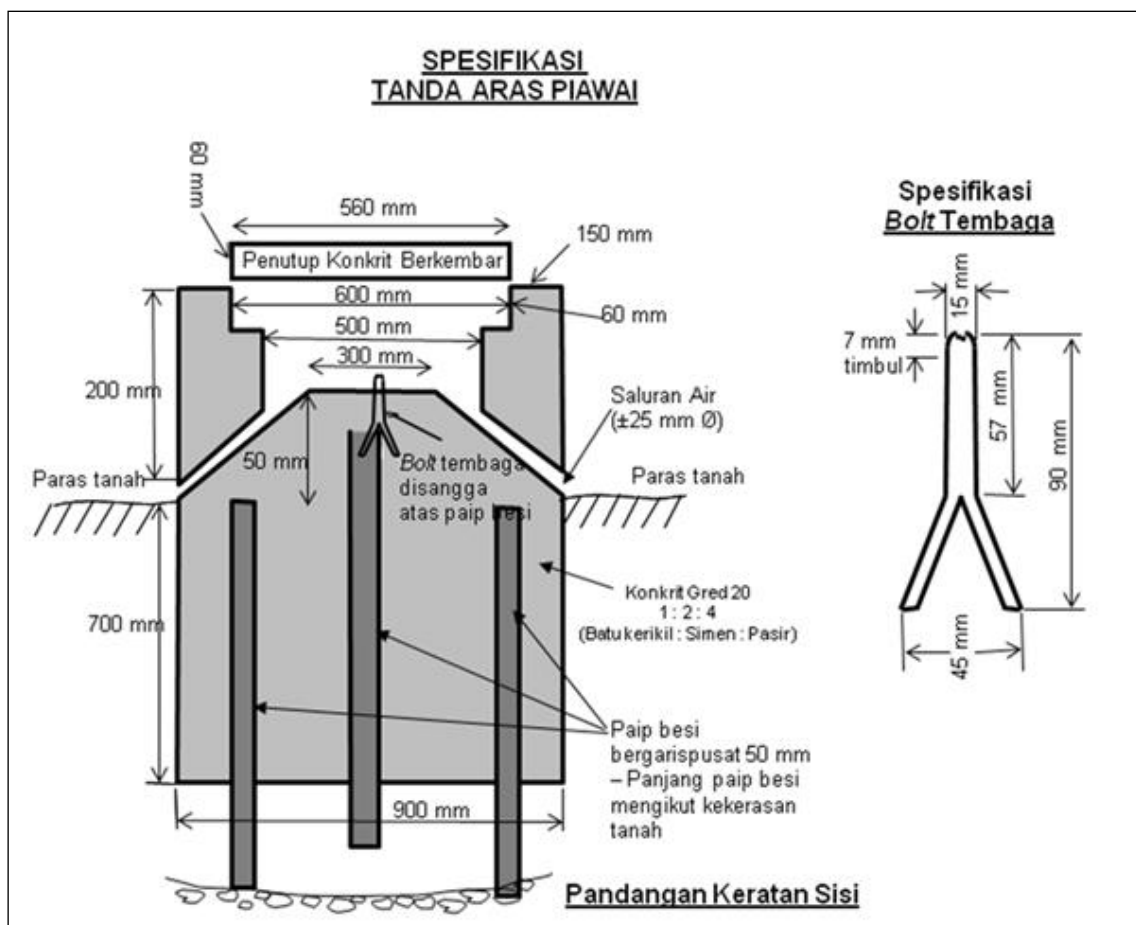
Selain itu, sekiranya tanda-tanda aras berada di dalam premis persendirian atau premis kerajaan, permohonan kebenaran untuk memasuki kawasan premis bagi menggunakan tanda aras tersebut perlu dibuat.

## 10.4. Jenis Tanda Aras

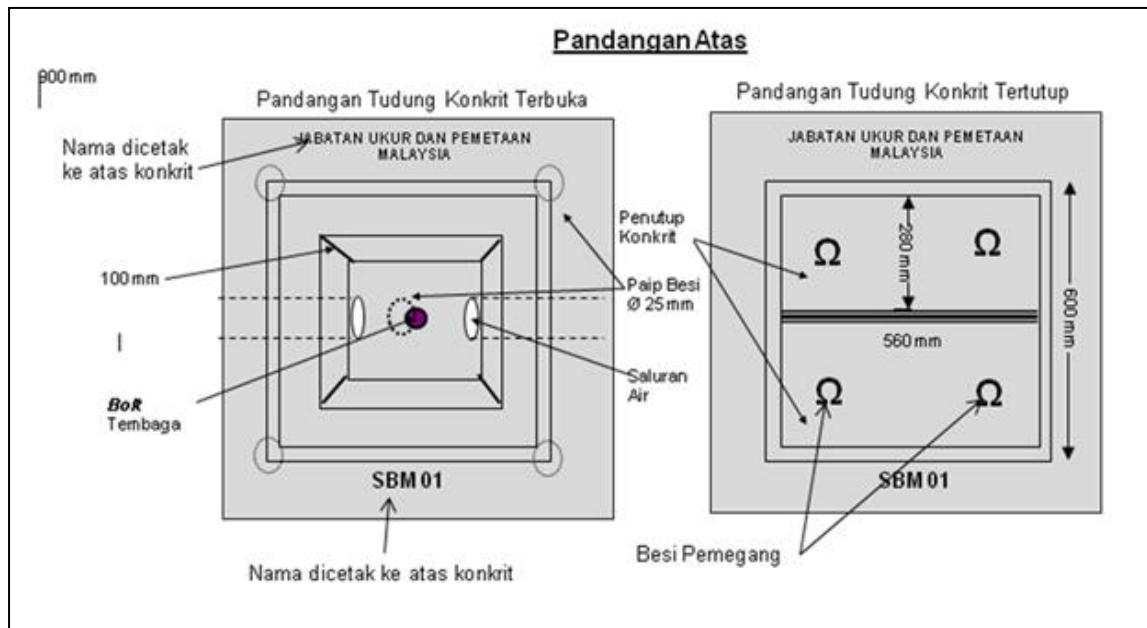
Tanda-tanda aras yang dibina oleh JUPEM mempunyai bentuk dan spesifikasi yang tertentu. Ciri-ciri utama tanda aras ialah ia mesti dibina di tempat yang selamat, kukuh dan tidak mendap pada masa akan datang. Tanda-tanda aras yang digunakan di dalam ukuran aras diklasifikasikan sebagai berikut:

- a) Tanda Aras Piawai (*Standard Bench Mark* - SBM)
  - i. Tanda ini dibina pada jarak 10 hingga 15 km di antara satu sama lain di dalam laluan rangkaian aras.

- ii. Tanda Aras Piawai hendaklah dibina (jika belum ada) di setiap bandar dan pekan di tempat yang strategik dan selamat seperti Balai Polis, Bangunan Kerajaan dan sebagainya.
- iii. Setiap titik persimpangan (*junction point*) utama bagi laluan aras jitu perlu dibina Tanda Aras Piawai.
- iv. Ciri-ciri bentuk yang perlu dibina hendaklah mengikut spesifikasi piawai dalam **Rajah 11** dan **Rajah 12** serta dicat dengan cat minyak berwarna putih.
- v. Bagi membolehkan cerapan GNSS dilakukan, sebaik-baiknya Tanda Aras Piawai berkenaan dibina bebas daripada halangan dan gangguan persekitaran seperti bangunan, pokok-pokok dan di bawah laluan kabel bervoltan tinggi.



**Rajah 11: Spesifikasi Tanda Aras Piawai (Pandangan Sisi)**



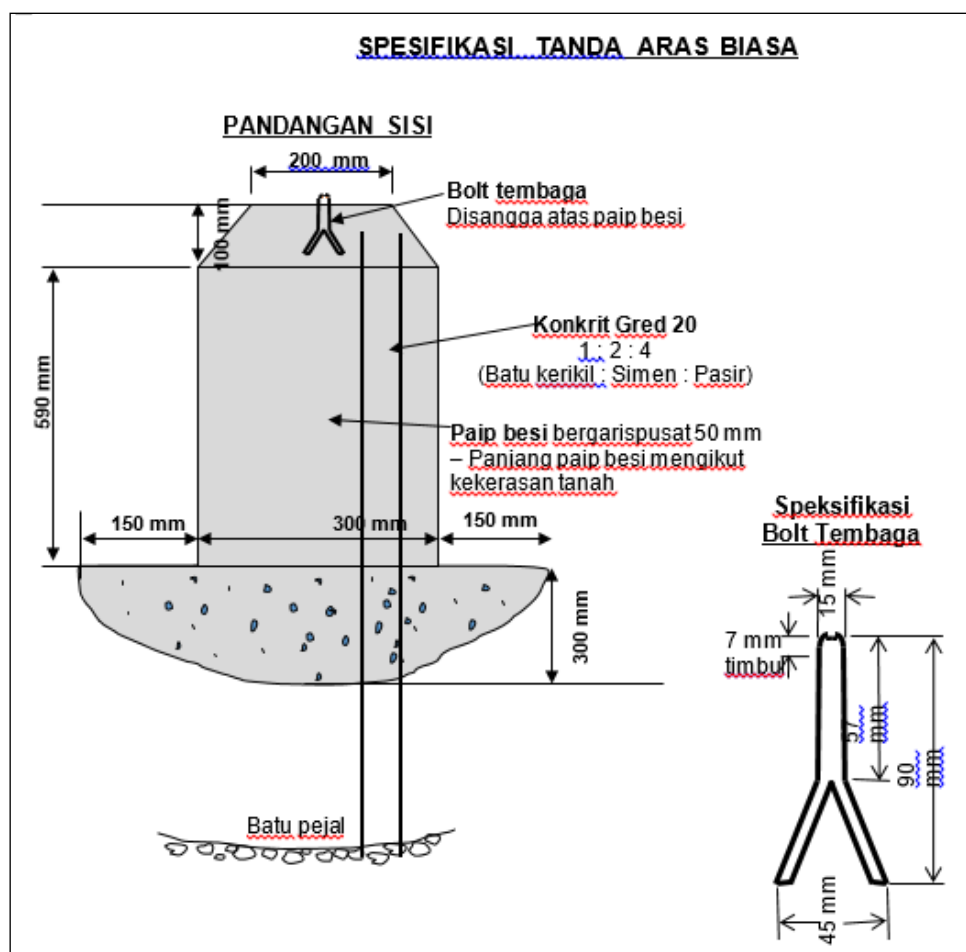
**Rajah 12:** Spesifikasi Tanda Aras Piawai (Pandangan Atas)



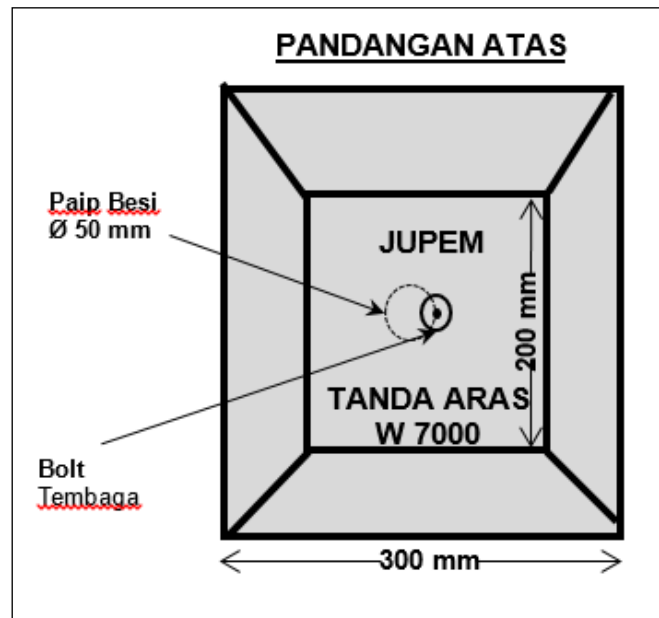
**Rajah 13:** Contoh Tanda Aras Piawai yang Terletak di Pejabat Tanah dan Jajahan Gua Musang, Kelantan

b) Tanda Aras (*Bench Mark* - BM)

- i. Tanda ini dibina pada jarak sekitar 1 km di antara satu sama lain di dalam laluan rangkaian aras.
- ii. Bagi kawasan bandar yang pesat, taburan tanda aras hendaklah berdasarkan keperluan dan kepentingan pembangunan.
- iii. Dibina di tempat yang selamat seperti kawasan bangunan kerajaan dan mudah dikenalpasti.
- iv. Ciri-ciri bentuk yang perlu dibina hendaklah mengikut spesifikasi piawai di dalam **Rajah 14** dan **Rajah 16** dan dicat dengan cat minyak berwarna putih.



**Rajah 14:** Spesifikasi Tanda Aras Biasa (Pandangan Sisi)



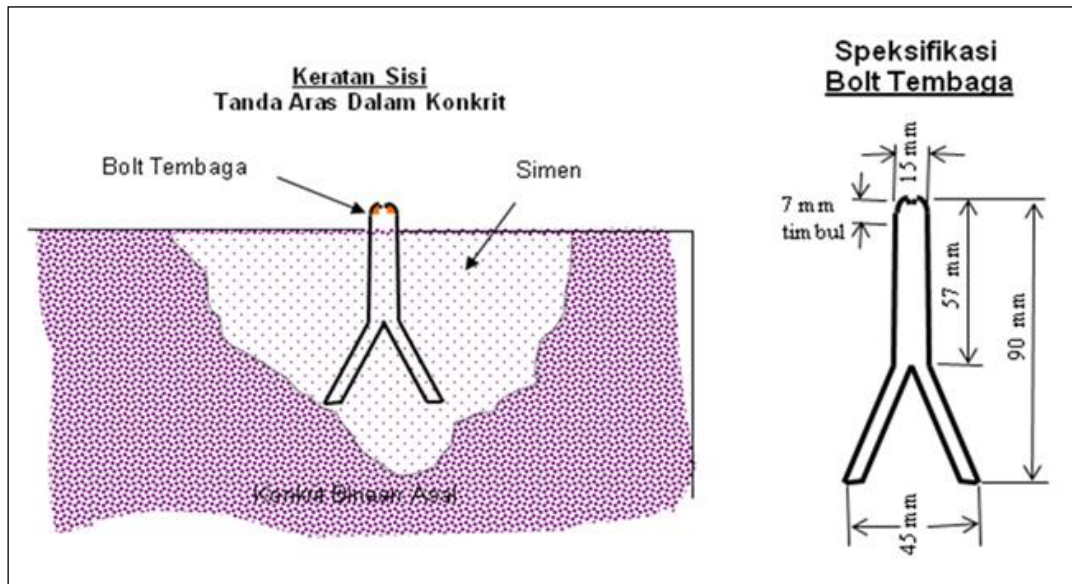
**Rajah 15:** Spesifikasi Tanda Aras Biasa (Pandangan Atas)



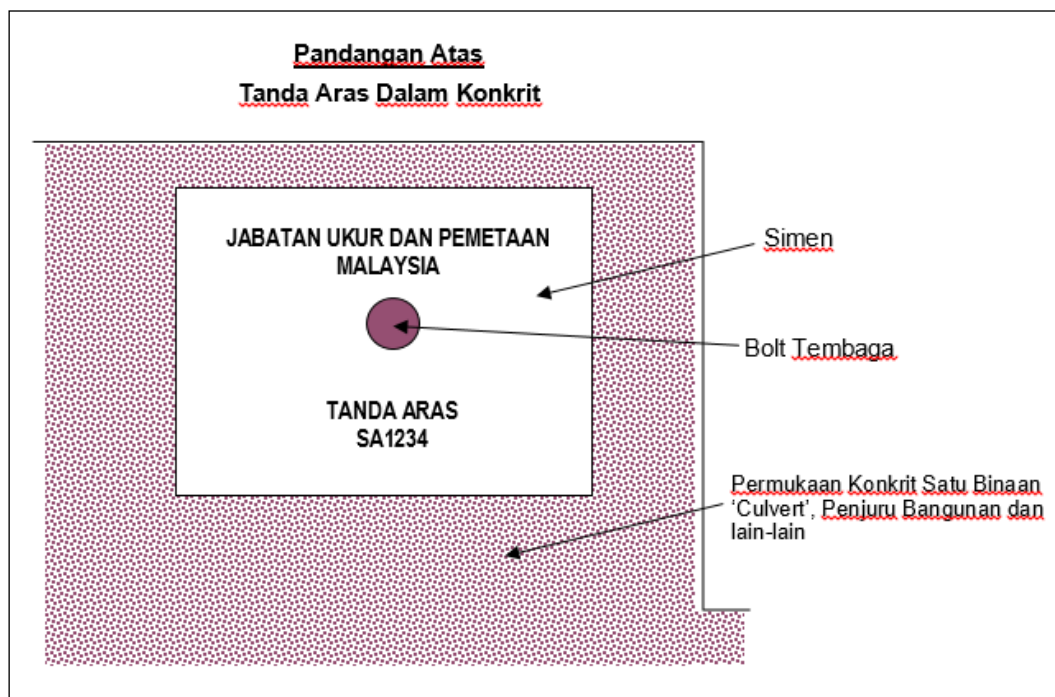
**Rajah 16:** Contoh Tanda Aras Biasa

- c) Tanda Aras Jenis Lain
  - i. Bolt tembaga dalam konkrit
  - ii. Bolt tembaga ditanam dalam konkrit sedia ada seperti di atas pembetung, jambatan, penjuru bangunan kerajaan, 'manhole' dan sebagainya.

- iii. Bagi kawasan bandar ianya ditanam pada sela 0.5 km.
- iv. Ciri-ciri bentuk yang perlu dibina seperti di **Rajah 17** dan **Rajah 18** dan dicat dengan cat minyak berwarna putih.



**Rajah 17:** Spesifikasi Tanda Aras Jenis Lain (Pandangan Sisi)



**Rajah 18:** Spesifikasi Tanda Aras Jenis Lain (Pandangan Atas)

## 10.5. Penanaman dan Penomboran Tanda Aras

- a) JUPEM mengawal dan memantau sistem penomboran dan pengagihan nombor tanda aras di Semenanjung Malaysia, Sabah dan Sarawak
- b) Penomboran baru hendaklah diberikan kepada tanda aras yang baharu atau tanda aras yang ditanam atas sebab penggantian bagi tanda yang telah musnah
- c) Penomboran yang dilakukan mestilah unik dan tidak berulang serta mengikut kod negeri yang ditetapkan oleh JUPEM
- d) Kedudukan tanda-tanda aras perlu dipastikan sesuai dan selamat sebelum ditanam supaya tidak mudah dimusnahkan dengan sewenang-wenangnya
- e) Kebenaran hendaklah diperolehi daripada pemilik premis, tuan tanah atau pihak berkuasa tempatan sekiranya kedudukan tanda-tanda aras yang hendak ditanam terletak di dalam kawasan mereka
- f) Pengukuran hanya boleh dilakukan selepas tanda aras yang ditanam diyakini kukuh dan stabil

## 10.6. Datum Permulaan Ukuran

Datum permulaan ukuran adalah merupakan satu keperluan utama di dalam menjalankan kerja-kerja Ukur Aras. Setiap kerja Ukur Aras, perlulah bermula daripada tanda aras piawai atau sekurang-kurangnya dua (2) tanda aras biasa yang telah dihubungkan dengan Jaringan Datum Tegak. Bagi tanda aras piawai yang didapati berada dalam keadaan baik, nilainya tidak perlu dibuktikan, manakala bagi tanda aras biasa, minima dua (2) tanda aras perlu dibuktikan tidak berubah dan nilai selisih tidak melebihi had tikaian yang ditetapkan (rujuk **Jadual 4**).

## 10.7. Kaedah Cerapan dan Perekodan Data

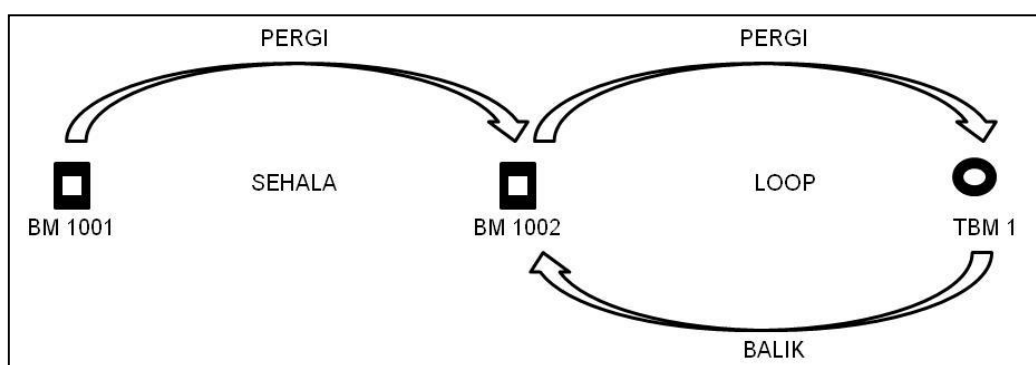
Terdapat perbezaan di dalam prosedur cerapan dan pembukuan kerja Ukur Aras Jitu dan Ukur Aras Kelas Kedua. Walau bagaimanapun prinsip pengukuran bagi kedua-dua kategori masih kekal sama.

### a) Ukur Aras Jitu

Bagi memastikan hasil yang akan diperolehi berkejituan tinggi, kaedah cerapan dan pembukuan yang terperinci perlu dipatuhi. Kaedah ukuran aras jitu yang diamalkan oleh pihak JUPEM ialah *Back Forward Forward Back* (BFFB).

#### i. Kaedah Ukuran BFFB

- 1) Cerapan perlulah bermula daripada datum permulaan ukuran (**Rajah 19**), dan perlu ditamatkan pada tanda aras yang sama atau tanda aras lain.
- 2) Bagi tujuan pembuktian, hanya cerapan sehalah diperlukan. Manakala bagi kerja untuk penentuan nilai aras baharu, cerapan dalam bentuk “loop” (pergi dan balik) diperlukan.



**Rajah 19:** Aturcara Cerapan Pembuktian Tanda Aras dan Penentuan Nilai Aras Baru



- 3) Kerja-kerja cerapan disarankan pada awal pagi atau lewat petang untuk memastikan perubahan suhu adalah minima. Cerapan hendaklah dihentikan apabila terdapat gangguan cuaca seperti hujan.
- 4) Jarak di antara alat aras dan setaf pandangan depan dan belakang hendaklah hampir sama dan tidak melebihi daripada 60 meter. Perbezaan jarak ini mestilah kurang dari 1 meter. Ianya bertujuan untuk mengurangkan kesan selisih kolimatan.
- 5) Jumlah titik pindah pergi dan balik mestilah sama. Prosedur ini akan menghapuskan kesan selisih yang disebabkan oleh selisih senggatan sifar (*zero graduation error*) pada setaf. Walau bagaimanapun lokasi titik pindah untuk pergi dan balik mestilah berbeza.
- 6) Bacaan pada setaf hendaklah dibuat tidak kurang daripada 0.5 meter dari atas dan bawah setaf berdasarkan pada keperluan sela stadia pada setaf dalam menentukan jarak.
- 7) Semasa membuat cerapan, setaf mestilah diletakkan di atas plet tapak (*base plate*) atau piket keluli yang stabil dan kukuh.
- 8) Alat aras disarankan dipasangkan payung supaya dapat melindunginya dari kepanasan cahaya matahari dan hujan bagi mengelakkan berlakunya selisih pada alat.
- 9) Dalam keadaan kerja yang tidak dapat diselesaikan pada hari yang sama, pengukuran hendaklah diberhentikan pada tanda aras baru (cerapan pergi / sehalu). Bagi menyambung kerja, ukuran balik pada tanda aras baru berkenaan akan dilaksanakan pada hari berikutnya. Tujuan prosedur ini adalah untuk melengkapkan satu *loop* cerapan dan sebagai semakan.

10) Unit setaf yang sama hendaklah digunakan pada tanda aras permulaan dan penutupan *loop*.

ii. Perekodan Data Ukuran

Dengan perkembangan teknologi terkini, penggunaan alat aras berdigit telah digunakan dalam kerja-kerja Ukur Aras Jitu. Oleh yang demikian, penggunaan buku kerja luar secara bertulis telah dimansuhkan kerana segala rekod cerapan akan disimpan secara digital terus ke dalam modul perakam. Walau bagaimanapun, buku kerja luar perlu dicetak bagi tujuan semakan. Contoh buku kerja luar Ukur Aras Jitu adalah seperti **Rajah 20**.

LEICA NA2002 / NA3003 --- FIELDBOOK (Version 09.96)							
Point	Back	Fore	IN/SO	n/s/B	SO-Diff	Dist	Hgt/i-Time
4070300	0	0	0	---	0	0	0.0000
4070300	1.24174	0	0	---	0	36.39	0
1	0	1.24766	0	---	0	43.44	0
1	0	1.24774	0	---	0	43.44	0
4070300	1.24162	0	0	---	0	36.39	0
1	0	0	0	---	0	0	-0.0060
Result:	St= 0.00020	CumSt= 0.00020	d= -7.060	D= 79.830			
1	1.36738	0	0	---	0	41.19	0
2	0	1.33160	0	---	0	41.43	0
2	0	1.33151	0	---	0	41.43	0
1	1.36712	0	0	---	0	41.17	0
2	0	0	0	---	0	0	0.0297
Result:	St= 0.00017	CumSt= 0.00036	d= -7.310	D= 162.440			
2	1.43340	0	0	---	0	45.11	0
3	0	1.44219	0	---	0	35.75	0
3	0	1.44238	0	---	0	35.75	0
2	1.43328	0	0	---	0	45.12	0
3	0	0	0	---	0	0	0.0207
Result:	St= 0.00031	CumSt= 0.00067	d= 2.060	D= 243.320			
3	1.38824	0	0	---	0	41.44	0
4	0	1.55896	0	---	0	47.76	0
4	0	1.55879	0	---	0	47.80	0
3	1.38845	0	0	---	0	41.45	0
4	0	0	0	---	0	0	-0.1498
Result:	St= -0.00038	CumSt= 0.00029	d= -4.280	D= 332.540			
4	1.35881	0	0	---	0	50.29	0
5	0	1.48128	0	---	0	41.65	0
5	0	1.48138	0	---	0	41.66	0
4	1.35864	0	0	---	0	50.28	0
5	0	0	0	---	0	0	-0.2724
Result:	St= 0.00028	CumSt= 0.00057	d= 4.350	D= 424.480			
5	0.47372	0	0	---	0	21.77	0
4000130	0	1.69058	0	---	0	10.08	0
4000130	0	1.69056	0	---	0	10.08	0
5	0.47406	0	0	---	0	21.77	0
4000130	0	0	0	---	0	0	<u>-1.4571</u>
Result:	St= -0.00036	CumSt= 0.00021	d= 16.040	D= <u>456.330</u>			
<b>TBM01 KE S0130</b>							

**Rajah 20:** Contoh Rekod Digital Ukuran Aras Jitu

b) Ukur Aras Kelas Kedua

Ukuran aras ini dilakukan bertujuan untuk memberikan nilai-nilai ketinggian kepada tanda aras dan kerja-kerja ukur kejuruteraan. Ukuran ini berada di dalam jaringan ukuran aras jitu di mana rangkaiannya adalah lebih kecil. Kaedah ukuran aras kelas kedua yang diamalkan oleh pihak JUPEM ialah dengan menggunakan kaedah *Back Forward* (BF).

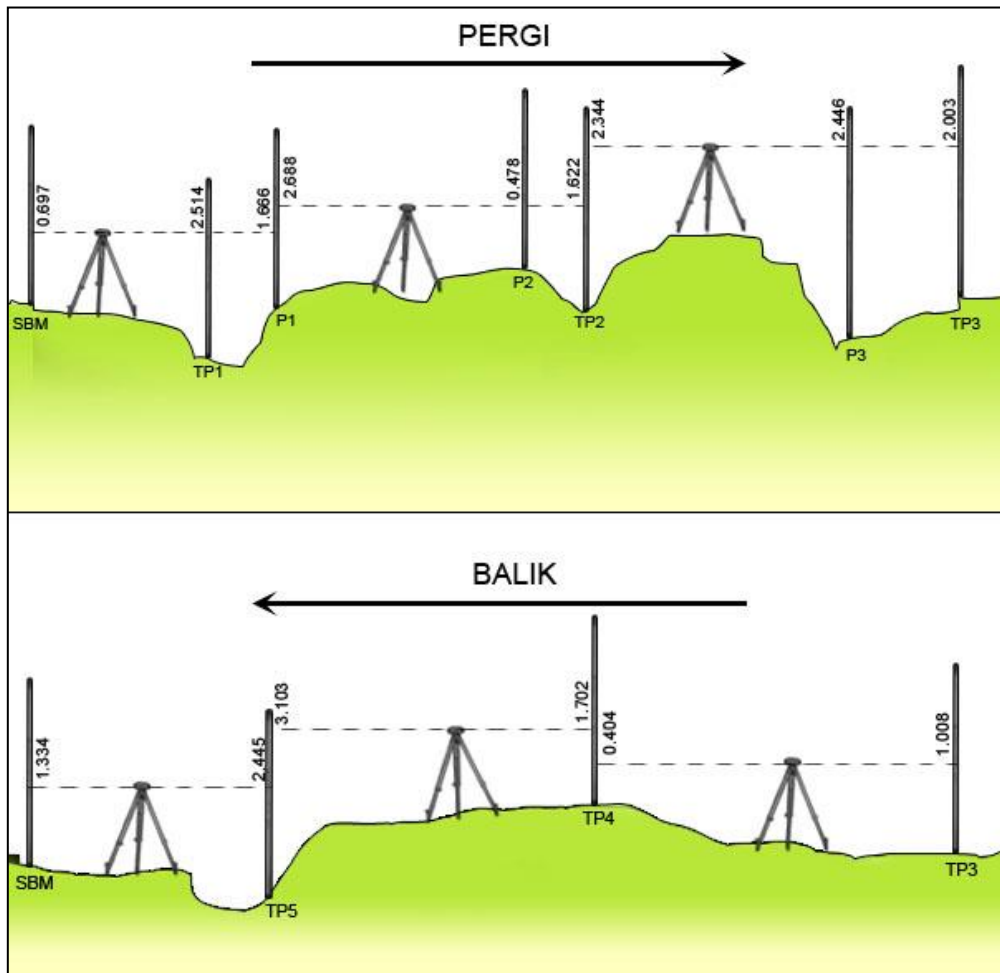
i. Kaedah Ukuran BF

- 1) Cerapan perlulah bermula daripada datum permulaan ukuran dan perlu ditamatkan pada tanda aras yang sama atau tanda aras lain.
- 2) Bagi tujuan pembuktian, hanya cerapan sehalu diperlukan. Manakala bagi kerja untuk penentuan nilai aras baharu, cerapan dalam bentuk "*loop*" (pergi dan balik) diperlukan.
- 3) Kerja-kerja cerapan disarankan pada awal pagi atau lewat petang untuk memastikan perubahan suhu adalah minima. Cerapan hendaklah diberhentikan apabila terdapat gangguan cuaca seperti hujan.
- 4) Jarak di antara alat aras dan setaf pandangan depan dan belakang hendaklah hampir sama dan tidak melebihi daripada 60 meter. Perbezaan jarak ini mestilah tidak melebihi 1 meter. Ianya adalah bertujuan untuk mengurangkan kesan selisih kolimatan.
- 5) Bacaan pada setaf hendaklah dibuat tidak kurang daripada 0.5 meter dari atas dan bawah setaf berdasarkan pada keperluan sela stadia pada setaf dalam menentukan jarak.

- 6) Alat aras disarankan agar dipasangkan payung supaya dapat melindunginya dari kepanasan cahaya matahari dan hujan bagi mengelakkan berlakunya selisih pada alat.
- 7) Kaedah penggunaan alat aras digital untuk cerapan dan kutipan data hendaklah mengikut modul yang tersedia di dalam setiap alat aras atau merujuk kepada manual alat yang dibekalkan.
- 8) Tanda aras sementara (TBM) perlu diwujudkan sekiranya kerja Ukur Aras pada hari tersebut masih belum selesai dan perlu disambung pada hari berikutnya.

ii. Perekodan Data Ukuran

Cerapan untuk kerja Ukur Aras Kelas Kedua boleh dijalankan menggunakan alat aras berdigit atau alat aras automatik. Dengan menggunakan alat aras berdigit, semua cerapan akan di simpan ke dalam modul perakam dan boleh dicetak bagi tujuan semakan. Untuk cerapan yang dibuat menggunakan alat aras automatik, rekod cerapan perlulah dicatatkan di dalam buku kerjalar secara manual. **Rajah 21** dan **Jadual 3** adalah contoh cerapan dan pembukuan bagi kerja Ukur Aras Kelas Kedua.



Rajah 21: Contoh Cerapan Pergi Balik (Loop) Kerja Ukur Aras Kelas Kedua

Jadual 3: Contoh Pembukuan Ukur Aras Kelas Kedua

PB	PA	PH	Naik	Turun	AL MULA	PEMB.	AL AKHIR	CATATAN
0.697					123.334			SBM
2.688		2.514						TP1
	1.666							P1
	0.478							P2
2.344		1.622						TP2
	2.446							P3
1.008		2.003						TP3
1.702		0.404						TP4

PB	PA	PH	Naik	Turun	AL MULA	PEMB.	AL AKHIR	CATATAN
2.445		3.013						TP5
		1.334			123.328			SBM

## 10.8. Selisih Dalam Ukuran Aras

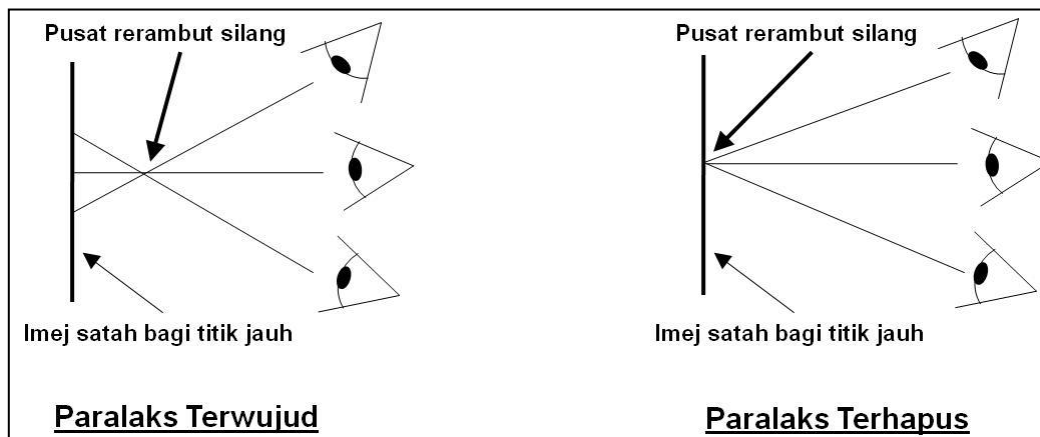
### a) Selisih dalam peralatan

#### i. Selisih Kolimatan

Selisih kolimatan boleh dihapuskan dengan cara memastikan jarak di antara alat aras dengan setaf pandangan belakang dan setaf pandangan hadapan ditentukan hampir sama. Untuk mengesan selisih ini, Ujian Dua Piket hendaklah dijalankan

#### ii. Paralaks

Kegagalan membuat pemfokusan akan menghasilkan keadaan yang dipanggil paralaks dan ianya adalah sebab utama berlakunya selisih dalam kerja-kerja Ukur Aras. Paralaks boleh dikesan dengan mengalihkan mata di tempat yang berasingan dengan kanta mata apabila melihat objek yang jauh. Jika objek yang kelihatan bergerak kedudukannya terhadap garis rerambut, ini bermakna teleskop tidak terfokus dengan betul dan paralaks masih wujud seperti kelihatan dalam **Rajah 22**.



**Rajah 22: Paralaks**

Adalah sukar untuk mendapatkan bacaan yang tepat apabila paralaks masih wujud kerana garis tenang akan berubah kedudukan pada kedudukan mata yang berbeza. Apabila menggunakan sebarang alat optik yang mempunyai kanta mata yang boleh dilaraskan, paralaks mesti dihapuskan terlebih dahulu sebelum sesuatu bacaan itu dicerap. Paralaks dihapuskan dengan melaraskan kanta mata apabila memandang latar belakang yang terang seperti langit yang cerah atau helaian kertas supaya garis rerambut kelihatan jelas dan tajam. Selepas itu, teleskop akan dihalakan kepada titik sasaran yang akan diambil bacaan dan fokus. Jikalau objek dan rerambut silang tidak bergerak antara satu sama lain secara relatif, maka paralaks telah terhapus.

iii. **Kecacatan Setaf**

Ada kemungkinan bahawa senggatan setaf boleh jadi tidak tepat. Oleh itu, panjang setiap setaf baru atau yang telah diperbaiki mestilah disemak dengan pita keluli terlebih dahulu sebelum digunakan. Perhatian khusus mesti diambil terhadap dasar setaf dengan melihat jikalau ia telah terhakis dengan teruknya. Jika terdapat kes seperti ini, maka setaf tersebut akan mempunyai selisih sifar. Ianya tidak akan memberikan sebarang perbezaan ketinggian sekiranya setaf yang sama

digunakan untuk semua Ukur Aras. Walau bagaimanapun ianya akan mewujudkan selisih bacaan jika dua setaf digunakan oleh satu alat aras yang sama. Apabila menggunakan setaf boleh laras, adalah penting untuk memastikan bahawa ianya dipanjangkan secara betul dengan memeriksa sengatan pada setiap penyambung. Jikalau penyambung ini menjadi longgar, setaf tersebut mesti dikembalikan untuk dibaiki dan dibetulkan.

iv. Kecacatan kakitiga

Kestabilan kakitiga perlu disemak sebelum memulakan sesuatu kerjalar dengan memastikan kepala kakitiga berkenaan tetap pada kedudukannya. Kekasut logam pada besi setiap kakitiga juga mestilah tidak longgar dan kaki-kaki yang dipanjangkan boleh diketatkan dengan kemas.

b) Selisih di lapangan

i. Setaf tidak tegak

Oleh kerana setaf digunakan bagi mengukur ketinggian antara tanah dan garis kolimatan, setaf yang gagal didirikan secara tegak akan menghasilkan bacaan-bacaan yang tidak betul. Setaf didirikan secara tegak dengan bantuan gagang jenis periskopik dan gelembung udara bulat. Sekiranya tiada, ianya juga boleh dilakukan dengan mencondongkan setaf ke hadapan dan belakang secara perlahan-lahan sambil nilai arasnya dicerap dengan alat aras. Mana-mana bacaan setaf yang terendah, menunjukkan ianya berada dalam keadaan tegak. Dalam jangka masa yang tertentu ketepatan gelembung udara bulat mesti disemak dengan merujuk kepada garis pelambab. Sekiranya terdapat perbezaan, gelembung tersebut hendaklah dilaraskan.



ii. Tanah tidak stabil

Apabila alat didirisiap di atas tanah yang lembut atau permukaan berbitumen dalam cuaca panas, seringkali tanpa disedari kakitiga alat terbenam ke dalam tanah atau ter naik sedikit semasa bacaan-bacaan sedang diambil. Tanpa disedari ianya telah mengubah ketinggian kolimatan. Oleh itu, dinasihatkan agar memilih tanah yang keras untuk mendirisiapkan alat aras dan juga pastikan kekasut kakitiga ditekankan dengan kemas ke dalam tanah sebelum memulakan bacaan.

Kesan yang sama juga boleh berlaku pada setaf yang didirisiapkan. Oleh itu amat penting agar titik-titik alih dipilih pada kedudukan yang stabil seperti penutup-penutup *manhole*, batu bebendul jalan, permukaan konkrit dan sebagainya. Ini adalah untuk memastikan bahawa dasar setaf berada pada aras yang sama semasa semua cerapan dilakukan pada kedudukannya. Jika tapak yang stabil tidak dapat ditemui bagi titik alih, plat alih atau plat kaki mesti digunakan di atas tanah yang lembut. Cara lain yang boleh digunakan adalah dengan meletakkan batu besar ke dalam tanah untuk dijadikan sebagai pelapik.

Kesan tanah lembut kepada kedua-dua alat aras dan setaf ini boleh dikurangkan dengan ketara sekiranya bacaan diambil dalam masa yang singkat.

iii. Gangguan kepada peralatan

Pergerakan di sekitar alat aras dan setaf hendaklah dielakkan. Elakkan daripada tersentuh kakitiga. Gunakan alat aras dengan sentuhan yang lembut melalui hujung-hujung jari. Jika pada sesuatu peringkat kakitiga terganggu, alat aras perlu di aras semula dan ulangi semula semua bacaan daripada kedudukan tersebut.

iv. Alat tidak dilaras betul

Bagi alat aras automatik keadaan ini jarang berlaku. Tetapi bagi alat aras jongkit yang mana skru jongkit perlu dilaraskan setiap kali sebelum mengambil bacaan, selisih ini adalah perkara biasa. Gelembung udara alat aras hendaklah dipastikan berada di tengah-tengah tiub sebelum dan selepas bacaan diambil.

Apabila menggunakan alat aras automatik, kompensator mungkin berkeadaan tidak aras yang menyebabkan garis kolimatan yang dicerap berubah daripada mengufuk.

c) Selisih semasa membaca dan merekod / membuku

Perhatian yang teliti mesti diambil apabila membaca setaf, kerana imej terbalik akan terbentuk dengan menggunakan alat aras jongkit. Ini mengakibatkan kesalahan bacaan-bacaan direkodkan oleh pencerap yang tidak berpengalaman, walaupun kesulitan dalam membaca imej setaf terbalik biasanya diatasi melalui kerja-kerja praktikal.

Lain-lain punca selisih adalah membaca setaf pada jarak yang terlalu jauh, di mana agak mustahil untuk mendapatkan bacaan-bacaan yang tepat. Oleh itu disarankan jarak tenang mesti dihadkan kepada 60 meter tetapi dalam keadaan yang tidak boleh dielakkan, jarak ini boleh dipanjangkan sehingga maksimum 120 meter.

Banyak kesalahan dibuat semasa proses membuku bacaan-bacaan setaf. Peraturan am bagi mengatasi selisih ini ialah nilai bacaan mestilah dicatat dengan berhati-hati dalam jadual Ukur Aras sebaik-baik sahaja nilai bacaan diambil.

d) Kesan kelengkungan bumi dan pembiasan atmosfera

Kesan kelengkungan bumi akan mengakibatkan bacaan setaf aras yang lebih tinggi daripada sepatutnya. Perubahan cuaca akan memberikan kesan pembiasan atmosfera. Gelombang haba yang terhasil akibat peningkatan suhu udara akan menyebabkan imej setaf seolah-olah bergegar dan seterusnya menurunkan ketepatan bacaan setaf. Perubahan biasan di antara bacaan mungkin berlaku disebabkan kehadiran cerun suhu yang terhasil akibat pergerakan pelbagai lapisan udara. Biasan udara yang tidak sekata ini berlaku disebabkan oleh bengkokan pancaran cahaya apabila melalui lapisan udara yang berlainan ketumpatan.

Gabungan pembetulan bagi kedua-duanya terlalu kecil dan boleh diabaikan apabila melakukan Ukur Aras bagi jarak tenang kurang daripada 120 meter.

## 11. TIKAIAN, HITUNGAN DAN PELARASAN

Sesuatu kerjaluar Ukur Aras boleh diterima pakai sekiranya berada dalam julat had tikaian yang dibenarkan mengikut kelas Ukur Aras yang tertentu. Kaedah hitungan Ukur Aras dijalankan bagi mendapatkan aras laras titik-titik dan seterusnya untuk menyemak kerja Ukur Aras tersebut. Semakan kerja Ukur Aras dibuat dengan membandingkan ketepatan yang diperolehi dengan had tikaian yang dibenarkan. Pelarasan dibuat bagi membetulkan nilai-nilai aras titik bagi kerjaluar yang boleh diterima pakai.

### 11.1. Had Tikaian

Tikaian bagi sesuatu kerjaluar Ukur Aras dikira berdasarkan kepada perbezaan nilai aras laras di antara aras laras yang dihitung dengan aras laras yang diketahui nilainya pada sesuatu titik. Ini dinyatakan sebagai

$e = \text{nilai aras laras yang dihitung} - \text{nilai aras laras yang diketahui}$

di mana  $e$  adalah nilai tikaian

Tikaian yang diperolehi hasil dari hitungan perlu dibandingkan dengan had tikaian yang dibenarkan bagi sesuatu kelas Ukur Aras seperti dalam **Jadual 4**.

**Jadual 4:** Had Tikaian Ukuran Aras

<b>Kelas Ukur</b>	<b>Had Tikaian</b>
Aras Jitu	$\pm 0.003\sqrt{K}$ meter
Aras Kelas Kedua	$\pm 0.012\sqrt{K}$ meter

di mana K = jumlah jarak dilalui dalam unit kilometer

Sekiranya tikaian yang diperolehi adalah melebihi had yang dibenarkan, maka kerjaluar Ukur Aras tersebut perlu diulang semula. Walau bagaimanapun, sekiranya ketepatan berada dalam had tikaian yang dibenarkan, maka proses pelarasan akan dibuat kepada nilai-nilai aras yang dicerap.

## 11.2. Hitungan

Terdapat dua (2) kaedah hitungan bagi mendapatkan aras laras iaitu kaedah naik-turun dan kaedah tinggi garis kolimatan

### a) **Kaedah Naik Turun**

Contoh hitungan menggunakan kaedah naik turun dari hasil cerapan Ukur Aras seperti ditunjukkan di dalam **Jadual 5**.

**Jadual 5: Hitungan Kaedah Naik-Turun**

PB	PA	PH	Naik	Turun	AL MULA	PEMB.	AL AKHIR	CATATAN
0.697					123.334			SBM
2.688		2.514		1.817	121.517			TP1
	1.666		1.022		122.539			P1
	0.478		1.188		123.727			P2
2.344		1.622		1.144	122.583			TP2
	2.446			0.102	122.481			P3
1.008		2.003	0.443		122.924			TP3
1.702		0.404	0.604		123.528			TP4
2.445		3.013		1.311	122.217			TP5
		1.334	1.111		123.328			SBM
10.884		10.890						

Dalam kaedah ini, nilai-nilai naik dan turun dihitung untuk setiap titik yang dicerap antara bacaan Pandangan Belakang (PB) dan Pandangan Hadapan (PH). Hitungan mesti dimulakan dengan bacaan PB bagi setiap bahagian. Aras laras titik hadapan pula didapati dengan mencampur atau menolak nilai-nilai naik dan turun kepada aras laras titik sebelumnya. Hitungan nilai-nilai naik-turun adalah seperti berikut:

- i. Titik SBM dan TP(1) adalah bahagian yang pertama. Titik TP(1) dan TP(2) merupakan bahagian yang kedua dan seterusnya.

- ii. Bagi bahagian pertama, bacaan PB diambil daripada SBM ditolak dari bacaan PH bagi TP(1) iaitu  $0.697 - 2.514 = -1.817$ . Tanda negatif menunjukkan penurunan dan nilai 1.817 diisi pada turus "Turun" bersetentangan dengan lajur TP(1).
- iii. Bagi bahagian kedua, bacaan PB diambil daripada TP(1) ditolak dari bacaan PA bagi P1 iaitu  $2.688 - 1.666 = +1.022$ . Tanda positif menunjukkan kenaikan dan nilai 1.022 diisi pada turus "Naik" bersetentangan dengan lajur P1. Kaedah yang seterusnya adalah seperti berikut:

$$1.666 - 0.478 = +1.188$$

$$0.478 - 1.622 = -1.144$$

$$2.344 - 2.446 = -0.102$$

$$2.446 - 2.003 = +0.443$$

$$1.008 - 0.404 = +0.604$$

$$1.702 - 3.013 = -1.311$$

$$2.445 - 1.334 = +1.111$$

- iv. Aras laras titik hadapan bagi TP(1) diperolehi dengan menolak (Turun) dari aras laras titik belakang SBM iaitu:

$$\text{aras laras TP(1)} = \text{aras laras SBM} - \text{Turun}$$

$$\text{aras laras TP(1)} = 123.334 - 1.817 = 121.517$$

Nilai 121.517 diisikan dalam turus AL Mula lajur TP(1)

- v. Aras laras titik hadapan bagi P1 diperolehi dengan mencampur (Naik) dari aras laras titik belakang TP(1) iaitu:

$$\text{aras laras P1} = \text{aras laras TP(1)} + \text{Naik}$$

$$\text{aras laras P1} = 121.517 + 1.022 = 122.539$$

Nilai 122.539 diisikan dalam turus AL Mula lajur P1

$$\text{aras laras P2} = \text{Aras laras P1} + \text{Naik}$$

$$\text{aras laras P2} = 122.539 + 1.188 = 123.727$$

Nilai 123.727 diisikan dalam turus AL Mula lajur P2

- vi. Semakan dibuat bagi memastikan hitungan yang dibuat adalah betul. Ini dilakukan seperti berikut:

$$\sum PB - \sum PH = \sum \text{Naik} - \sum \text{Turun} = \text{AL titik akhir (SBM)} - \text{AL titik pertama (SBM)}$$

$$10.884 - 10.890 = 4.368 - 4.374 = 123.328 - 123.334$$

$$-0.006 = -0.006 = -0.006$$

di mana

$$\sum PB = 0.697 + 2.688 + 2.344 + 1.008 + 1.702 + 2.445 = 10.884$$

$$\sum PH = 1.622 + 2.003 + 0.404 + 3.013 + 1.334 = 10.890$$

$$\sum \text{Naik} = 1.022 + 1.188 + 0.443 + 0.604 + 1.111 = 4.368$$

$$\sum \text{Turun} = 1.817 + 1.144 + 0.102 + 1.311 = 4.374$$

$$\text{AL titik akhir (SBM)} = 123.328$$

$$\text{AL titik pertama (SBM)} = 123.334$$

Adalah menjadi perkara biasa memasukkan jumlah-jumlah ini di kaki setiap ruang berkaitan jadual Ukur Aras (lihat **Jadual 5**). Nilai-nilai yang sama mesti diperolehi untuk ketiga-tiga bahagian semakan bagi memastikan hitungan yang dibuat adalah betul.

- vii. Beza antara nilai-nilai AL yang telah dikira dan diketahui bagi SBM adalah -0.006. Ini dikenali dengan ketepatan dan menunjukkan ketepatan Ukur Aras. Jikalau ketepatan yang didapati adalah melebihi julat had tikaian yang dibenarkan, maka Ukur Aras mesti diulang semula. Jikalau tikaian dalam had tikaian yang dibenarkan, pelarasan akan dibuat kepada aras laras hitung.

b) **Kaedah Tinggi Garis Kolimatan (TGK)**

Contoh hitungan menggunakan kaedah tinggi garis kolimatan dari hasil cerapan Ukur Aras seperti ditunjukkan di dalam **Jadual 6**.

**Jadual 6:** Hitungan Kaedah Tinggi Garis Kolimatan

<b>PB</b>	<b>PA</b>	<b>PH</b>	<b>TGK</b>	<b>AL MULA</b>	<b>PEMB.</b>	<b>AL AKHIR</b>	<b>CATATAN</b>
0.697			124.031	123.334			SBM
2.688		2.514	124.205	121.517			TP1
	1.666			122.539			P1
	0.478			123.727			P2
2.344		1.622	124.927	122.583			TP2
	2.446			122.481			P3
1.008		2.003	123.932	122.924			TP3
1.702		0.404	125.230	123.528			TP4
2.445		3.013	124.662	122.217			TP5
		1.334		123.328			SBM
10.884	4.59	10.890					

Dalam kaedah ini, nilai Tinggi Garis Kolimatan (TGK) untuk sesuatu titik dikira mengikut bahagian antara bacaan PB dan PH. Nilai TGK bagi titik dimulakan dengan mencampurkan nilai aras laras pada titik berkenaan kepada bacaan PB. Aras laras titik hadapan pula didapati dengan menolak bacaan dari nilai TGK titik belakang. Hitungan kaedah TGK adalah seperti berikut:

- i. Titik SBM dan TP(1) adalah bahagian yang pertama. Titik TP(1) dan TP(2) merupakan bahagian yang kedua dan seterusnya.



- ii. Bagi bahagian pertama, nilai aras laras SBM dicampur kepada bacaan PB yang diambil pada titik SBM iaitu:

$$\begin{aligned}\text{TGK pada SBM} &= \text{Nilai aras SBM} + \text{bacaan PB pada SBM} \\ &= 123.334 + 0.697 = 124.031\end{aligned}$$

Nilai 124.031 diisi pada turus TGK bersetentangan dengan lajur SBM. Aras laras titik hadapan TP(1) didapati dengan menolak bacaan pada TP(1) dari nilai TGK titik belakang pada SBM iaitu:

$$\begin{aligned}\text{Aras laras TP(1)} &= \text{TGK pada SBM} - \text{bacaan PH pada TP(1)} \\ &= 124.031 - 2.514 = 121.517\end{aligned}$$

Nilai 121.517 diisi pada turus AL MULA bersetentangan dengan lajur TP(1) seperti dalam **Jadual 6**.

- iii. Bagi bahagian kedua, nilai TGK bagi TP(1) diperolehi dengan mencampur nilai aras laras pada TP(1) kepada bacaan PB pada TP(1) seperti berikut:

$$\begin{aligned}\text{TGK pada TP(1)} &= \text{Nilai aras TP(1)} + \text{bacaan PB pada TP(1)} \\ &= 121.517 + 2.688 = 124.205\end{aligned}$$

Nilai 124.205 diisi pada turus TGK bersetentangan dengan lajur TP(1). Aras laras titik hadapan P1 didapati dengan menolak bacaan pada P1 dari nilai TGK titik belakang pada TP(1) iaitu:

$$\begin{aligned}\text{Aras laras P1} &= \text{TGK pada TP(1)} - \text{bacaan PA pada P1} \\ &= 124.205 - 1.666 = 122.539\end{aligned}$$

Nilai 122.539 diisi dalam turus AL MULA bersetentangan dengan lajur P1. Nilai aras laras bagi bahagian ini diperolehi secara menolak TGK kepada bacaan pada titik-titik seterusnya iaitu:

$$\begin{aligned} \text{Aras laras P2} &= \text{TGK pada TP(1)} - \text{bacaan PA pada P2} \\ &= 124.205 - 0.478 = 123.727 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aras laras TP(2)} &= \text{TGK pada TP(1)} - \text{bacaan PH pada TP(2)} \\ &= 124.205 - 1.622 = 122.583 \end{aligned}$$

iv. Semakan dibuat bagi memastikan hitungan yang dibuat adalah betul. Ini dilakukan seperti berikut:

$$\begin{aligned} 1) \quad \sum \text{PB} - \sum \text{PH} &= \text{AL titik akhir (SBM)} - \text{AL titik pertama (SBM)} \\ 10.884 - 10.890 &= 123.328 - 123.334 \\ -0.006 &= -0.006, \text{ dan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \sum [\text{TGK} \times (\text{Bilangan PA} + 1)] - \sum \text{PA} - \sum \text{PH} &= \sum \text{AL} - \text{AL titik} \\ &\text{pertama (SBM)} \\ 1120.324 - 4.59 - 10.890 &= 1228.178 - 123.334 \\ 1104.844 &= 1104.844 \end{aligned}$$

di mana

$$\begin{aligned} \sum \text{PB} &= 0.697 + 2.688 + 2.344 + 1.008 + 1.702 + 2.445 = \\ &10.884 \end{aligned}$$

$$\sum \text{PH} = 1.622 + 2.003 + 0.404 + 3.013 + 1.334 = 10.890$$

$$\text{AL titik akhir (SBM)} = 123.328$$

$$\text{AL titik pertama (SBM)} = 123.334$$

$$\begin{aligned} \sum [\text{TGK} \times (\text{Bilangan PA} + 1)] &= (124.031 \times (0+1)) + (124.205 \times \\ &(2+1)) + (124.927 \times (1+1)) + \\ &123.932 \times (0+1)) + (125.230 \times (0+1)) + \\ &(124.662 \times (0+1)) \\ &= 1120.324 \end{aligned}$$

$$\sum \text{PA} = 1.666 + 0.478 + 2.446 = 4.59$$

$$\begin{aligned} \sum \text{AL} &= 123.334 + 121.517 + 122.539 + 123.727 + \\ &122.583 + 122.481 + 122.924 + 123.528 + 122.217 + \\ &123.328 = 1228.178 \end{aligned}$$

Nilai-nilai yang sama mesti diperolehi untuk kedua-dua bahagian semakan bagi memastikan hitungan kaedah TGK yang dibuat adalah betul.

### 11.3. Pelarasan

Pelarasan dibuat bagi data cerapan yang berada dalam julat tikaian seperti yang dinyatakan dalam **Jadual 4**. Tiga (3) kaedah yang sering digunakan iaitu kaedah jarak, kaedah bilangan titik pindah dan kaedah pelarasan ganda dua terdikit dengan penggunaan peralatan ukur digital.

#### a) **Kaedah Jarak**

Jika jumlah jarak dalam kerjaluar Ukur Aras adalah  $L$  dan jarak antara stesen alat dan setaf adalah  $l$ , pembetulan bagi jarak  $l$  dikirakan sebagai

$$c = - e //L$$

di mana,

$e$  = tikaian

$c$  = pembetulan

Data Ukur Aras yang diperolehi dengan tambahan lajur bagi jarak antara titik seperti yang ditunjukkan dalam **Jadual 6**. Pelarasan dijalankan dengan kaedah jarak.

**Jadual 6:** Pelarasan Kaedah Jarak

PB	PA	PH	Naik	Turun	Jarak	AL MULA	PEMB.	AL AKHIR	CATATAN
0.697					0	123.334	-	123.334	SBM
2.688		2.514		1.817	20	121.517	0.000	121.517	TP1
	1.666		1.022		40	122.539	0.002	122.541	P1
	0.478		1.188		80	123.727	0.002	123.729	P2
2.344		1.622		1.144	100	122.583	0.002	122.585	TP2
	2.446			0.102	130	122.481	0.003	122.484	P3
1.008		2.003	0.443		180	122.924	0.003	122.927	TP3
1.702		0.404	0.604		260	123.528	0.004	123.532	TP4
2.445		3.013		1.311	340	122.217	0.006	122.223	TP5
		1.334	1.111		360	123.328	0.006	123.334	SBM
10.884		10.890	4.368	4.374					

Berikut adalah keterangan bagi **Jadual 6**.

i. Tikaian pada titik SBM terakhir ialah

$e = \text{nilai aras laras yang dihitung} - \text{nilai aras laras yang diketahui}$

$$e = 123.328 - 123.334 = -0.006$$

ii. Had tikaian yang dibenarkan bagi kelas kedua ialah  $\pm (12\sqrt{K})$  mm iaitu  $\pm (12\sqrt{0.360})$  mm =  $\pm 0.007$ . Ini bererti kerjaluar Ukur Aras boleh diterima tetapi perlu dilaraskan.

iii. Pembetulan bagi setiap garisan adalah seperti berikut:

Jarak dilalui pada bahagian SBM ke TP(1) = 20 m

Pembetulan aras melibatkan TP(1) =  $(+0.006/360) \times 20 = 0.000$

Jarak dilalui pada bahagian SBM ke TP(2) = 100 m

Pembetulan aras melibatkan TP(2) =  $(+0.006/360) \times 100 = 0.002$

Jarak dilalui pada bahagian SBM ke TP(3) = 180 m

Pembetulan aras melibatkan TP(3) =  $(+0.006/360) \times 180 = 0.003$

Jarak dilalui pada bahagian SBM ke TP(4) = 260 m

Pembetulan aras melibatkan TP(4) =  $(+0.006/360) \times 260 = 0.004$

Jarak dilalui pada bahagian SBM ke TP(5) = 340 m

Pembetulan aras melibatkan TP(5) =  $(+0.006/360) \times 340 = 0.006$

Jarak dilalui pada bahagian SBM ke SBM = 360 m

Pembetulan aras melibatkan SBM =  $(+0.006/360) \times 360 = 0.006$

b) **Kaedah Titik Pindah**

Dalam kaedah ini, pembetulan dibuat kepada aras laras pada setiap titik pindah dan titik terakhir yang diketahui aras larasnya. Jika terdapat  $n_1$  bilangan titik pindah maka bilangan titik yang perlu dilaraskan ialah:

$$n = n_1 + 1$$

dan pembetulan pada setiap titik adalah

$$c = - e/n$$

di mana,

e = tikaian

c = pembetulan bagi setiap titik terlibat dengan titik pindah

Data cerapan kerjalar Ukur Aras yang sama seperti **Jadual 6** digunakan untuk mengirakan pembetulan dengan kaedah titik pindah ditunjukkan di **Jadual 7**.

**Jadual 7:** Pelarasan Kaedah Titik Pindah

PB	PA	PH	Naik	Turun	n	AL MULA	PEMB.	AL AKHIR	CATATAN
0.697						123.334			SBM
2.688		2.514		1.817	1	121.517	0.001	121.518	TP1
	1.666		1.022			122.539	0.002	122.541	P1
	0.478		1.188			123.727	0.002	123.729	P2
2.344		1.622		1.144	2	122.583	0.002	122.585	TP2
	2.446			0.102		122.481	0.003	122.484	P3
1.008		2.003	0.443		3	122.924	0.003	122.927	TP3
1.702		0.404	0.604		4	123.528	0.004	123.532	TP4
2.445		3.013		1.311	5	122.217	0.005	122.222	TP5
		1.334	1.111		6	123.328	0.006	123.334	SBM
10.884		10.890	4.368	4.374					

Berikut adalah keterangan bagi **Jadual 7**.

- i. Bilangan titik pindah,  $n_1$ , dalam **Jadual 7** di atas adalah lima (5). Ini bererti jumlah titik pindah yang perlu dilaraskan adalah enam (6). Tikaian (e) adalah -0.006.
- ii. Pembetulan bagi titik aras adalah seperti berikut:  
Titik pertama ialah pada TP(1),  $c = -(-0.006/6) \times 1 = 0.001$   
Titik kedua ialah pada TP(2),  $c = -(-0.006/6) \times 2 = 0.002$   
Titik ketiga ialah pada TP(3),  $c = -(-0.006/6) \times 3 = 0.003$   
Titik keempat ialah pada TP(4),  $c = -(-0.006/6) \times 4 = 0.004$

Titik kelima ialah pada TP(5),  $c = -(-0.006/6) \times 5 = 0.005$

Titik keenam ialah pada SBM,  $c = -(-0.006/6) \times 6 = 0.006$

Nilai-nilai pembetulan ini ditulis dalam ruang PEMB.

c) **Kaedah Pelarasan Ganda Dua Terdikit (*Least Square Adjustment*)**

Kaedah pelarasan ganda dua terdikit digunakan untuk melaraskan aras laras muktamad bagi menentukan ketepatan dan kesempurnaan kerja ukur. Kaedah ini telah digunakan secara meluas di dalam bidang ukur termasuk di dalam pelaksanaan kerja ukur kadaster dan ukur geodetik. Cerapan beza tinggi dan jarak akan digunakan untuk tujuan pelarasan. Secara umumnya, pelarasan ganda dua terdikit yang digunakan dalam penentuan ketinggian adalah persamaan cerapan. Prinsip asas yang digunakan adalah untuk mendapatkan nilai yang terbaik (*most probable value*) daripada cerapan yang meminimakan jumlah kuasa dua residual.

Persamaan cerapan bagi mendapatkan beza tinggi boleh di tulis seperti persamaan di bawah (modifikasi dari Wolf & Ghilani, 1997);

$$\Delta H_{ij} = (E_j + v_j) - (E_i + v_i)$$

dan boleh disusun atur seperti berikut:

$$E_j - E_i = \Delta H_{ij} + (v_i - v_j)$$

di mana  $E_i$  and  $E_j$  adalah ketinggian yang tidak diketahui nilainya pada tanda aras  $i$  dan  $j$  yang berkaitan dengan cerapan beza tinggi  $\Delta H_{ij}$ .  $v_i$  dan  $v_j$  adalah residual bagi cerapan yang dibuat.

Residual diantara tanda aras  $i$  dan  $j$ , boleh ditulis:

$$V_{ij} = (E_j - E_i) - \Delta H_{ij}$$

kemudiannya, persamaan di atas boleh digambarkan dalam bentuk;

$$V = AX - L$$

di mana:

$$V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ v_n \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{m1} & a_{m1} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & a_{m1} \end{bmatrix},$$

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad L = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ l_m \end{bmatrix}$$

di mana  $V$  adalah merupakan residual vektor untuk setiap cerapan ketinggian,  $A$  pula adalah koefisen bagi  $x_i, x_j$  untuk setiap cerapan,  $X$  adalah ketinggian yang terlaras untuk setiap tanda aras yang hendak ditentukan nilainya,  $L = (H_j - H_i)$  adalah beza tinggi untuk setiap cerapan,  $m$  adalah bilangan cerapan dan  $n$  adalah bilangan tanda aras yang hendak ditentukan nilainya.

Persamaan normal boleh dihitung menggunakan persamaan seperti berikut:

$$X = (A^T A)^{-1} A^T L$$

Oleh itu, dengan menggunakan matrik pemberat yang bersesuaian, anggaran nilai  $X$  menggunakan kuasa dua terdikit boleh diperolehi daripada:



$$X = (A^T P A)^{-1} A^T P L$$

di mana  $P$  adalah pemberat.


Terdapat berapa kaedah pelarasan ganda dua terdikit yang boleh digunakan di dalam menentukan nilai ketinggian iaitu, kaedah kekangan minima (*Minimum Constraint*), kekangan maksima (*Maximum Constraint*) and kekangan pemberat (*Weighted Constraint*). Dimana, kaedah kekangan minima ini memerlukan dua nilai tanda aras yang telah diketahui nilainya (tanda aras atau tanda aras piawai. manakala bagi pelarasan Kekangan Maksimum, tiga atau lebih nilai yang diketahui (tanda aras atau tanda aras piawai) diperlukan. Bagi Kekangan Pemberat (*Weighted Constraint*), nilai yang diperlukan adalah tertakluk kepada jarak gelung (*loop*) sesuatu jaringan.

Bagi Ukur Aras Jitu dan Kelas Kedua, Kekangan Maksimum biasanya digunakan. Manakala bagi melaraskan suatu jaringan atau rangkaian yang besar, Kekangan Pemberat adalah lebih sesuai digunakan.

**BAHAGIAN IV  
PRODUK**

**12. PRODUK DARIPADA UKUR ARAS**

Produk daripada Ukur Aras adalah Tanda Aras Piawai (SBM) dan Tanda Aras (BM) yang mempunyai nilai ketinggian aras yang merujuk aras laut min (ALM).

 <b>MAKLUMAT TANDA ARAS</b> JABATAN UKUR DAN PEMETAAN MALAYSIA						
NO STESEN :		NEGERI :		DAERAH :		BANDAR/PEKAN :
B 7066		SELANGOR		SEPANG		KOTA WARISAN
KETINGGIAN (m) :				HURAIAN :		
15.165		DTGSM/LSD		Di sebelah kiri jalan Dengkil – Kota Warisan, susur keluar ke Kota Warisan berhampiran papan tanda biru Kota Warisan (Exit 10), berhampiran pembahagi jalan, IOI Galeria.(2019)		
KOORDINAT ANGGARAN				CATATAN		
LATITUD			LONGITUD			JUPEM.MYIFOS.GA.2019.6
2	49	31	101	41	38	
U/S		T/B				
-94523.294		20801.314				

**Rajah 23:** Contoh Maklumat Tanda Aras

## BAHAGIAN V RUJUKAN

### 13. RUJUKAN

- Amalan Ukur Aras di Malaysia (2016). Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia
- Monograf Ukur Kejuruteraan 1 (1997). Seksyen Latihan, Bahagian Pengurusan dan Pembangunan, Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia
- Asas Ukur Kejuruteraan (2000). Ab. Hamid Mohamed, Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor Darul Ta'zim
- Azhari Mohamed (2003). *An Investigation of the Vertical Control Network of Peninsular Malaysia Using A Combination of Levelling, Gravity, GPS and Tidal Data*. Universiti Teknologi Malaysia: Tesis Doktor Falsafah (Kejuruteraan Geomatik).
- Samad Abu, Abd. Majid A. Kadir, Shahrum Ses & Azhari Mohamed (1999). *Orthometric Height Determination for Peninsular Malaysia*. Kertas kerja di Persidangan Pengarah-Pengarah Ukur, 6-7 September, Pulau Pinang.
- Annual Aziz (2005). Kajian Ke Arah Merealisasikan Jaringan Rujukan Tegak Geodetik Baru Di Negeri Sabah. Universiti Teknologi Malaysia: Tesis Ijazah Sarjana Sains (Kejuruteraan Geomatik).