

KERTAS KAJIAN

**DARI BAYANG KE AZIMUT: SATU ANALISIS TERHADAP PENGGUNAAN
BAYANG DALAM PENENTUAN AZIMUT**

ZAHARI ZAMLOPE

KHAIRIL ANWAR SABRI

RIMONG ANAK UNAU

MOHD FAZLI AZWAN SABRI

AFFANDI KASTOR*

AHMAD KHALIL RUSLAN*

AHMAD ROSTAM HAMZAH*

AZMAWI AB RAHMAN*

NURHUMMIDAH MAHMOOD*

YEAP WEI CHIEN*

BAHAGIAN PEMETAAN TOPOGRAFI SARAWAK

JABATAN UKUR DAN PEMETAAN MALAYSIA

***INSTITUT TANAH DAN UKUR NEGARA**

ABSTRAK

Dalam kerja pemetaan (ukur), khususnya dalam memulakan kerja, elemen penting yang perlu adalah azimuth atau bering garisan dalam memulakan ukuran atau cerapan. Nilai azimuth ini biasanya diperolehi daripada ukuran lama yang ditunjukkan pada pelan berkaitan atau pun compass berperizam bagi kerja ukuran kasar seperti reconnaissance suvey atau pun melalui cerapan terhadap objek cakerawala seperti bintang yang turut melibatkan proses hitungan. Kaedah cerapan matahari merupakan kaedah yang paling kerap digunakan sejak sekian lama dalam prosedur kerja Jabatan dalam menentukan azimuth sesuatu garisan.

Namun dalam mempraktikkan kaedah cerapan, ianya turut mempunyai kekangan, antaranya:

- Pada kedudukan matahari yang agak tinggi altitudnya, rekabentuk tiodolit (design) menyukarkan pencerap untuk membuat cerapan matahari.
- Cerapan matahari menggunakan tiodolit memerlukan penapis cahaya (sun glass), yang mana penapis cahaya ini tidak sedikan atau hilang.

Keadaan ini memerlukan satu kaedah alternatif dalam memperolehi nilai azimuth bagi suatu garisan atau objek.

Memandangkan matahari dan produk matahari seperti bayang yang terhasil adalah dua elemen yang sangat berkaitan, maka secara hypotesisnya bayang juga boleh digunakan untuk mendapatkan azimuth suatu objek.

Bagi membuktikannya suatu kajian dilaksanakan yang berobjektifkan untuk menentukan azimuth (atau bering) dengan merujuk (mengukur) bayang khususnya apabila matahari beraltitud tinggi.

Metodologi yang digunakan meliputi:

- Mendapatkan nilai altitud matahari berpandukan panjang (tinggi) objek seperti pancang dan panjang bayang objek tersebut.
- Menggunakan nilai altitud matahari yang diperolehi untuk menghitung nilai azimuth matahari menggunakan persamaan berasaskan *spherical triangle*.

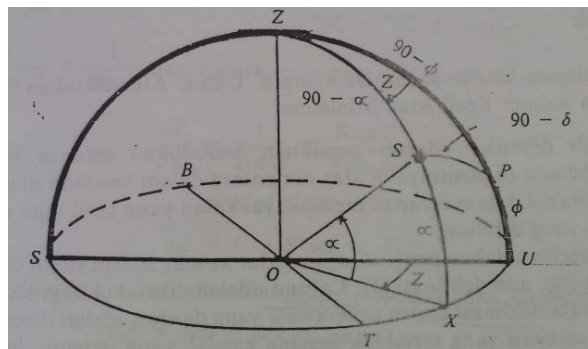
- Menggunakan total station untuk mencerap pancang yang menghasilkan bayang
- Menggunakan total station untuk mencerap hujung bayang (pancang) untuk beberapa tempoh waktu bagi memperolehi beberapa siri nilai panjang bayang. Ini membolehkan panjang bayang yang berbeza nilainya digunakan untuk mendapatkan beberapa nilai altitud matahari.

Dengan melakukan beberapa siri cerapan terhadap pancang dan bayangnya, analisis boleh dibuat untuk menghasilkan suatu kesimpulan terhadap kesesuaian kaedah ini untuk mendapatkan nilai azimut atau bering suatu garisan.

1 PENGENALAN

Penentuan azimuth dapat dilaksanakan secara cerapan terhadap matahari. Amalan yang biasa dipraktikkan adalah mendapatkan nilai sudut mendatar dan pugak matahari menggunakan alat tiodolit yang dilengkapi dengan kanta penapis cahaya. Kedudukan matahari pada mana-mana ketika dapat diwakilkan pada segi tiga astronomi yang mana sudut azimuth menyatakan arah matahari manakala ketinggian matahari diwakili oleh sudut zenit. Secara mata kasarnya azimuth matahari merupakan sudut antara garisan arah utara-selatan dengan bayang yang terhasil daripada pancang tegak manakala kedudukan ketinggian matahari membentuk hujung bayang pancang atau panjangnya bayang tersebut.

Dalam banyak keadaan di atas sebab tertentu tidak memungkinkan untuk membuat cerapan matahari, tetapi masih memerlukan nilai ketinggian atau altitude matahari untuk penyelesaian segi tiga sferikal bagi mendapatkan (menghitung) sudut azimuth matahari. Maka, daripada mencerap matahari secara langsung untuk mendapatkan altitudnya, kaedah menggunakan bayang digunapakai dalam menentukan kedudukan matahari.



Rajah I: Segi Tiga Sferikal, PZS

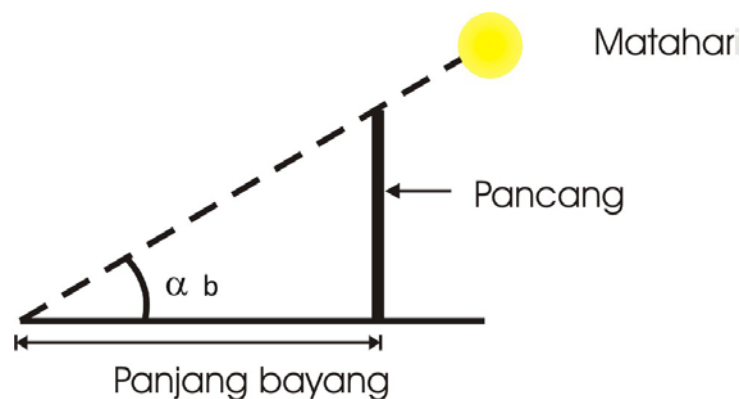
2 PENGGUNAAN BAYANG

Pendek atau panjangnya bayang suatu objek bergantung tinggi atau rendahnya matahari di atas ufuk. Kedudukan atau altitude matahari yang rendah menghasilkan bayang yang panjang dan sebaliknya. Bayang objek (seperti pancang yang tegak) yang terbentuk di atas permukaan rata menghasilkan geometri segi tiga tepat. Dengan mengetahui tinggi objek serta mengukur panjang bayangnya, membolehkan altitud matahari dihitung melalui rumusan berikut:

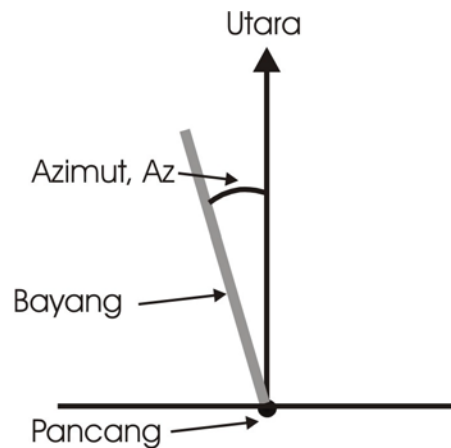
$$\tan \alpha = \text{tinggi objek} / \text{panjang bayang objek} \quad \text{-----} \quad (i)$$

dengan andaian objek didirikan benar-benar tegak (vertical) dan bayang jatuh atas permukaan yang rata (horizontal). Dengan demikian sudut pugar matahari, α dapat diketahui yang kebiasaannya diperolehi melalui cerapan menggunakan alat tiodolit atau total station.

Di waktu yang sama, bayang objek yang terbentuk mempunyai nilai azimuth (iaitu sudut azimuth, A_z) yang boleh dihitung menggunakan penyelesaian segi tiga astronomi mengikut *rumusan (ii)*.



Rajah II: Hubungkait tinggi objek, bayang objek dan altitude matahari

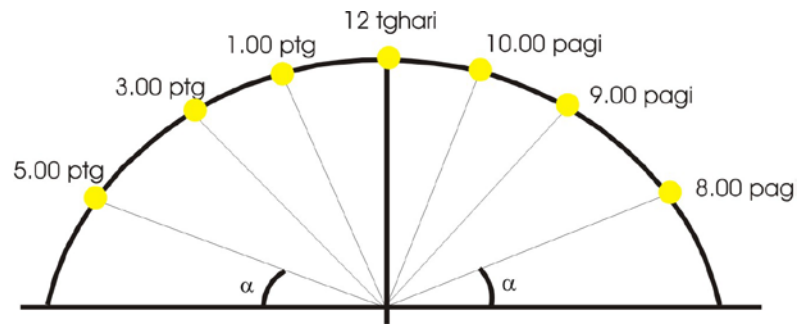


Rajah III: Azimut bayang

Namun yang menjadi cabaran yang paling kritikal adalah untuk menentukan kedudukan hujung bayang secara tepat kerana ianya memberi kesan langsung dalam menentukan azimuth bayang dan untuk menghitung altitude matahari.

3 PENYATAAN MASALAH

Masalah untuk membuat cerapan matahari sering berlaku apabila matahari sudah berada di altitud yang tinggi. Kebiasaannya cerapan matahari dibuat pada awal pagi dan juga lewat petang kerana altitud matahari pada ketika itu masih rendah. Altitud tinggi menyebabkan pencerap sukar untuk mencerap matahari kerana rekabentuk total station yang mempunyai had sudut dongak. Kesukaran untuk mencerap matahari pada altitud tinggi secara tidak langsung memaksa pengukur membuat cerapan di awal pagi. Walaubagaimana pun, pencerap boleh menggunakan aksesori T-angle yang berfungsi untuk memudahkan cerapan sekali pun total station sudah mencapai sudut dongak yang maksimum. Namun demikian, aksesori T-angle yang kecil menyebabkan ia mudah hilang atau tercipir. Selain itu, masalah lain adalah keperluan kepada penapis cahaya (*sunfilter*) yang mahal dan sekiranya hilang atau rosak, maka sukar untuk menggantikannya dengan yang baru.



Rajah V: Altitud matahari pada waktu pagi hingga petang



Rajah VI: Kesukaran cerapan matahari berada altitud tinggi.

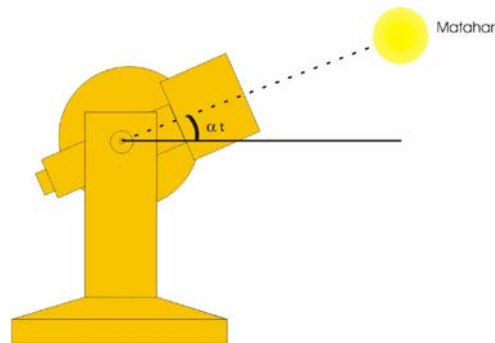
4 OBJEKTIF

Objektif kajian ini adalah seperti berikut :

- a) Menentukan kaedah mencerap bayang
- b) Merumus kaedah hitungan untuk menentukan azimut matahari
- c) Membuat analisis terhadap azimuth yang diterbitkan berdasarkan beberapa siri cerapan terhadap bayang.

5 HIPOTESIS

- 4.1 Nilai altitude, α_{bayang} sumber cahaya atau matahari boleh didapati apabila diketahui ketinggian pancang dan panjang bayang pancang dengan kaedah hitungan menggunakan rumusan (i).
- 4.2 Nilai altitude, α_{tiodolit} matahari yang diperolehi daripada cerapan menggunakan tiodolit atau total station.



Rajah VI: Altitud matahari berdasarkan cerapan menggunakan tiodolit

- 4.3 Kajian ini mengandaikan $\alpha_b = \alpha_t$ iaitu altitude matahari yang dirumus daripada panjang bayang adalah sama dengan nilai altitude daripada alat tiodolit.

5 SKOP

Kajian ini memperkenalkan kaedah cerapan terhadap bayang di mana tumpuan diberikan kepada aspek ketepatan dalam menentukan panjang bayang objek yang digunakan iaitu pancang. Namun wujud batasan dalam menjalankan ujikaji, iaitu :

- a) Cuaca yang baik

Bagi mendapatkan bentuk bayang yang jelas memerlukan keadaan cuaca yang cerah, tidak mendung dan berawan supaya mendapat sinaran cahaya matahari yang terang.

- b) Kawasan yang rata

Kawasan di mana permukaannya adalah rata bagi memastikan panjang bayang yang diperolehi adalah jarak yang betul iaitu jarak mendatar.

c) Ketegakan pancang

Pancang didirikan dalam keadaan yang benar-benar tegak bagi mendapatkan jarak bayang yang betul, iaitu pancang adalah perpendicular kepada bayangnya. Disarankan supaya menggunakan *rod level bubble*.

d) Ketinggian pancang

Pancang didirikan pada ketinggian (panjang) yang sesuai supaya hujung bayang (kepala bayang) yang terbentuk adalah jelas dan mudah untuk dikesan oleh pencerap. Bayang dilihat lebih jelas apabila pancang semakin pendek dan begitu juga sebaliknya.

6 HITUNGAN

Berdasarkan kepada segi tiga astronomi, rumusan atau formula yang digunakan untuk mendapatkan nilai azimuth (A_z) matahari atau bayang adalah seperti berikut;

$$\left[\text{Kosain } (A_z) = \frac{\text{Sain } \delta - \text{Sain } \Phi \text{Sain } \alpha}{\text{Kos } \Phi \text{ Kos } \alpha} \right] \text{----- (ii)}$$

di mana

A_z = azimuth bayang

δ = Sudutistiwa (*declination*) pada waktu cerapan

Φ = Latitud stesen cerapan

α = Altitud

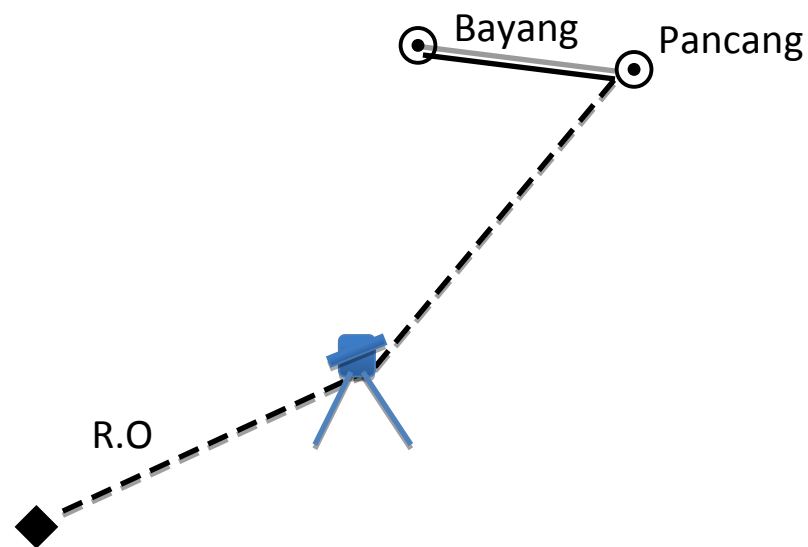
Nilai altitud (α) diperolehi daripada *rumusan (i)* menggunakan nilai panjang pancang dan bayangnya.

7 METODOLOGI

Kajian ini melibatkan kerja di lapangan ketika cuaca cerah di kawasan lapang yang luas dan rata. Peralatan utama yang digunakan adalah pancang yang boleh diubah ketinggiannya dan total station bagi mencerap bering dan jarak posisi hujung dan kaki bayang di mana kedudukannya adalah seperti yang ditunjukkan pada Rajah VII. Langkah-langkah kerja adalah seperti berikut:

- a) Satu cerapan matahari dengan menggunakan total station dilakukan bagi mendapatkan nilai azimut akui bagi suatu garisan, yang akan digunakan sebagai bering rujukan dalam membuat perbandingan dengan azimut yang diperolehi dengan menggunakan cerapan bayang.
- b) Satu pancang didirikan secara tegak di atas satu titik yang telah ditanda dengan menggunakan paku dengan bantuan *rod level bubble*. Satu hamparan kertas graf yang bermula dari hujung pole juga diletakkan di atas tanah bagi mendapatkan bayang yang jelas dan memudahkan penandaan hujung bayang. Pancang tersebut diubahsuai dengan meletakkan sebatang paku di sebelah atas pancang supaya hujung bayang yang terhasil adalah halus untuk memudahkan penandaan hujung bayang.
- c) Semasa bayang terbentuk, hujung bayang ditanda pada hamparan kertas graf dan waktu ketika penandaan dicatatkan.
- d) Untuk suatu tempoh waktu, beberapa posisi hujung bayang telah ditanda. Seterusnya *target prizm* diletakkan di atas semua posisi hujung bayang untuk dicerap nilai bering dan jarak daripada suatu lokasi yang diketahui kodinatnya.
- e) Data cerapan bering dan jarak diproses menggunakan perisian AutoCAD untuk menghasilkan data kedudukan posisi-posisi hujung bayang seterusnya memberikan nilai jarak dan bering setiap bayang.

- f) Jarak bayang yang telah dihitung digunakan untuk mengira altitud dengan menggunakan *rumusan (i)*, seterusnya menggunakan *rumusan (ii)* untuk mendapatkan azimuth bayang.
- g) Perbandingan antara hasil (e) dengan hasil (f) menunjukkan perbezaan antara azimuth bayang berdasarkan panjang bayang berbanding bering bayang berdasarkan azimuth akui.
- h) Nilai cerapan dan hitungan adalah seperti di Jadual I.



Rajah VII: Kedudukan stesen cerapan, pancang dan bayang

8 PENEMUAN

Penemuan daripada ujikaji yang telah dilaksanakan yang mana hasilnya adalah seperti yang ditunjukkan pada Jadual I adalah seperti berikut:

- 8.1 Terdapat selisih yang ketara di antara azimuth bayang yang diterbitkan daripada cerapan bayang berbanding dengan azimuth yang diperolehi daripada azimuth akui.
- 8.2 Apabila altitude matahari semakin tinggi, nilai selisih tersebut menjadi semakin besar.

9 PERBINCANGAN

Punca kesalahan yang menyumbang kepada selisih nilai azimut bayang dihitung berbanding dengan nilai rujukan seperti yang ditunjukkan dalam Jadual I terdiri daripada:

9.1 Ketidakpastian untuk menentukan hujung bayang

Bagi memastikan kedudukan hujung bayang dapat ditentukan secara tepat, hujung pancang yang digunakan telah dilengkapi dengan paku. Paku tersebut diharap dapat menghasilkan bayang yang lebih halus bagi membolehkan hujung bayang ditanda dengan tepat tanpa ragu. Tetapi ternyata oleh kerana halusnya paku tersebut, bayang yang terhasil agak kabur lalu menyulitkan untuk menentukan kedudukan sebenar jatuhnya hujung bayang paku di atas permukaan kertas graf.

9.2 Kejelasan bayang

Daripada pemerhatian terhadap bayang yang dibentuk daripada pancang, didapati bayang adalah lebih jelas di sebelah yang menghampiri kaki bayang. Bayang menjadi kurang jelas ke arah kepala bayang, maka panjang atau ketinggian pancang yang sesuai perlu dikenalpasti. Namun demikian, daripada uji kaji mendapati pada kedudukan bayang yang pendek atau matahari berada pada kedudukan yang tinggi, yang sepatutnya menghasilkan hujung bayang yang jelas, selisih azimuth yang dihitung adalah lebih besar. Ini bermakna penentuan azimuth berdasarkan cerapan terhadap matahari yang tinggi adalah tidak sesuai.

9.3 Bayang pada permukaan yang tidak horizontal

Di atas permukaan tidak horizontal bayang yang terbentuk boleh menjadi lebih panjang atau pun lebih pendek yang seterusnya menghasilkan nilai altitude matahari yang tidak tepat. Di tapak ujian, permukaan bumi boleh dikatakan horizontal.

10 KESIMPULAN

Kajian ini telah membuka ruang dalam mengenalpasti kaedah lain untuk menentukan azimuth suatu garisan ukur. Di akhir ujikaji ini nilai azimuth yang diterbitkan masih tidak memenuhi kriteria yang ingin dicapai.

Kajian ini juga telah dapat mendedahkan potensi dalam mempelbagai kaedah alternatif bagi penentuan azimuth. Walaupun ketepatan penentuan azimuth belum atau tidak mencapai tahap sepertimana cerapan matahari, berkemungkinan kaedah cerapan bayang boleh digunakan bagi tujuan yang tidak memerlukan ketepatan tinggi dalam penentuan arah.

Merujuk kepada perbezaan azimuth yang ketara, kajian yang lebih teliti perlu dijalankan khususnya bagi mencari punca ralat atau selisih.

Setakat ini hasil yang diperolehi tidaklah lebih baik daripada bering yang ditunjukkan oleh kompas berperizam atau pun kompas pada handphone. Adalah dirasakan (*suspected*) masalah utama yang dihadapi adalah penentuan hujung bayang dengan tepat, maka perlu dirumus suatu prosedur atau mekanisma untuk mengukur bayang dengan tepat sebelum kaedah menggunakan bayang sebagai alternatif kepada cerapan matahari dalam penentuan azimuth suatu garisan dapat dipraktikkan.

Jadual I: Data Cerapan dan Hitungan

Bil	Masa	Tinggi Pole (M)	Panjang Bayang (M)	Bearing Jarak	Bearing Jarak	Altitude (Kiraan)	Azimuth (Bayang)	Azimuth (Rujukan)	Beza
1	11.14 am	1.70	1.366	92° 13' 12" 8.396	84° 55' 57" 7.472	51° 13' 01"	134° 48' 46"	136° 8' 11"	1° 19' 25"
2	11.20 am	1.70	1.298	92° 13' 12" 8.384	85° 12' 32" 7.539	52° 38' 14"	136° 48' 46"	137° 48' 46"	1° 0' 0"
3	11.25 am	1.70	1.270	92° 15' 32" 8.384	85° 17' 28" 7.567	53° 14' 17"	137° 43' 59"	138° 42' 02"	0° 58' 03"
4	11.40 am	1.70	1.201	92° 15' 32" 8.384	85° 26' 58" 7.652	54° 45' 36"	140° 17' 55"	141° 21' 23"	1° 3' 28"
5	11.44 am	1.70	1.145	92° 15' 32" 8.384	85° 37' 45" 7.733	56° 2' 19"	142° 46' 01"	144° 03' 10"	1° 17' 9"
6	11.54 am	1.70	1.085	92° 15' 32" 8.384	85° 43' 42" 7.818	57° 27' 9"	145° 56' 03"	147° 30' 49"	1° 34' 46"
7	12.00pm	1.70	1.085	92° 15' 32" 8.384	85° 43' 42" 7.874	58° 06' 14"	147° 35' 26"	150° 06' 34"	2° 31' 8"

Bil	Masa	Tinggi Pole (M)	Panjang Bayang (M)	Bearing Jarak	Bearing Jarak	Altitude (Kiraan)	Azimuth (Bayang)	Azimuh (Rujukan)	Beza
1	9.46 am	1.495	2.05	55° 01' 25" 11.139	44° 44' 57" 10.428	36° 06' 07'	119° 40' 00"	119° 44' 54"	0° 4' 54"
2	9.53 am	1.545	2.07	59° 16' 10" 10.370	48° 37' 47" 9.562	36° 44' 12"	119° 59' 04"	120° 25' 26"	0° 26' 22"
3	10.00 am	1.545	1.91	59° 16' 10" 10.370	49° 6' 24" 9.629	38° 58' 10"	121° 10' 54"	121° 34' 02"	0° 23' 08"
4	10.15 am	1.545	1.720	59° 16' 10" 10.370	50° 4' 53" 9.748	41° 55' 55"	122° 59' 56"	123° 37' 48"	0° 37' 52"