



Menghitung Tinggi Matahari dan Mengukur Azimut Matahari

Tan Dwi Rizki Ramadini¹

¹Universitas Sultan Muhammad Syafiuddin Sambas, e-mail: tandwi156@gmail.com

Histori Naskah

Diserahkan:
07-03-2026

Direvisi:
13-03-2026

Diterima:
14-03-2026

Keywords

ABSTRACT

The position of the Sun in the sky plays an important role in various fields such as astronomy, navigation, and timekeeping. This position can be determined through the measurement of the Sun's altitude and azimuth, which are part of the horizontal coordinate system in astronomy. This study aims to determine the Sun's altitude and azimuth at a specific time using the shadow of a vertical stick (gnomon). The observation was conducted using a direct observation method on April 6, 2025, at 13:01 WIB in Kampung Angus, Tanjung Bugis Village, Sambas. The gnomon used was 20 cm high, and its shadow measured 7.9 cm in the eastward direction. Based on this data, trigonometric calculations were performed to obtain the Sun's altitude of 68.45° and an azimuth of 270° indicating that the Sun was positioned precisely to the west at the time of observation.

: Sun Position; Altitude Measurement; Azimuth Calculation; Gnomon Observation; Solar Altitude.

ABSTRAK

Posisi Matahari di langit memiliki peranan penting dalam berbagai bidang, seperti astronomi, navigasi, hingga penentuan waktu. Posisi ini dapat diketahui melalui pengukuran tinggi dan azimut Matahari yang merupakan bagian dari sistem koordinat horizontal dalam astronomi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tinggi dan azimut Matahari pada waktu tertentu menggunakan bayangan tongkat tegak lurus (gnomon). Pengamatan dilakukan dengan metode observasi langsung pada tanggal 6 April 2025 pukul 13.01 WIB di Kampung Angus, Desa Tanjung Bugis, Sambas. Gnomon yang digunakan memiliki tinggi 20 cm dengan panjang bayangan 7,9 cm yang mengarah ke timur. Berdasarkan data tersebut, dilakukan perhitungan trigonometri untuk memperoleh tinggi Matahari sebesar $68,45^\circ$ dan azimut sebesar 270° yang menunjukkan posisi Matahari tepat berada di arah barat saat pengamatan dilakukan.

Kata Kunci : Posisi Matahari; Pengukuran Tinggi; Perhitungan Azimut; Pengamatan Gnomon; Tinggi Matahari.

Corresponding Author : Tan Dwi Rizki Ramadini, Universitas Sultan Muhammad Syafiuddin Sambas, Jl. Raya Sejangkung No.126, Kawasan Pendidikan, Sebayon, Sambas, Kalbar, Indonesia, e-mail: tandwi156@gmail.com

PENDAHULUAN

Mengukur tinggi dan azimut matahari penting untuk memahami gerak semu harian matahari dan penerapannya dalam berbagai bidang. Tinggi matahari dapat membantu menentukan intensitas cahaya yang berdampak pada desain bangunan dan efisiensi energi surya (Rahmat, 2019). Sedangkan azimut matahari berguna untuk menentukan arah matahari terhadap utara sejati yang penting dalam penentuan arah kiblat dan pemasangan panel surya (Lestari & Hidayat, 2020). Dalam pendidikan, aktivitas ini juga mendukung pemahaman siswa tentang sistem koordinat dan gerak benda langit (Suryani, 2018). Bahkan, dengan alat sederhana seperti gnomon pengukuran ini bisa dilakukan secara praktis di lapangan (Prasetyo & Maulana, 2021). Informasi posisi matahari juga digunakan dalam observasi astronomi dan penentuan waktu berdasarkan bayangan. Dengan demikian, pemahaman tentang tinggi dan azimut matahari memiliki manfaat luas, baik dalam konteks ilmiah, teknis, maupun kehidupan sehari-hari.

Di lapangan, pengamatan posisi matahari sering kali menghadapi berbagai kendala teknis dan cuaca. Di lokasi pengamatan, yaitu Kampung Angus, Desa Tanjung Bugis, Kabupaten Sambas, kondisi cuaca pada saat pengamatan tanggal 6 April 2025 tergolong cukup cerah, namun sesekali tertutup awan tipis yang menyulitkan pembacaan bayangan secara presisi. Selain itu, permukaan tanah yang tidak rata juga menjadi tantangan tersendiri dalam memastikan tongkat gnomon berdiri tegak lurus. Menurut wawancara dengan (Annisa, 2025), seorang mahasiswa yang pernah melakukan pengamatan serupa, ia menyampaikan bahwa "pengukuran seperti ini perlu kehati-hatian karena sedikit saja kesalahan sudut bisa memengaruhi hasil." Kondisi-kondisi tersebut menegaskan bahwa pengukuran tinggi dan azimut matahari secara langsung tetap penting dilakukan guna memperoleh data yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Di bagian ini, disajikan beberapa penelitian/kegiatan pengabdian terdahulu yang berkaitan dengan pengukuran perhitungan tinggi matahari dan azimuth matahari. Penelitian pertama berjudul "Studi Perbandingan Ketelitian Nilai Azimut Melalui Pengamatan Matahari dan Global Positioning System (GPS) Terhadap Titik BM Referensi", bertujuan untuk membandingkan ketelitian nilai azimut yang diperoleh dari pengamatan matahari dengan data GPS (Yuwono dan Murtadlo, 2017). Penelitian kedua berjudul "Studi Optimalisasi Sudut Kemiringan dan Azimut Panel Surya Terhadap Output PLTS Menggunakan Perangkat Lunak PVSyst" yang bertujuan untuk mengoptimalkan sudut kemiringan dan azimut pada panel surya untuk meningkatkan efisiensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di Simpang Tanjung, Medan (Dani dan Erivianto, 2022). Penelitian lainnya adalah dengan kegiatan "Pelatihan Pengamatan Posisi Matahari Bagi Masyarakat Pesisir Jepara" yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat tentang gerak matahari dan aplikasi pengukuran azimuth (Tim Dosen Universitas Negeri Semarang, 2022). Penelitian yang berjudul "Penerapan Gnomon untuk Menghitung Sudut Elevasi Matahari pada Kurikulum Sains" memperkenalkan penggunaan metode gnomon untuk menghitung tinggi matahari dalam konteks Pendidikan (Wulandari, 2019). Selain itu, penelitian dengan judul "Simulasi Pergerakan Matahari dengan Aplikasi *Stellarium* untuk Keperluan Arsitektur Tropis" bertujuan untuk mensimulasikan pergerakan matahari dan menganalisis pengaruhnya terhadap desain arsitektur di wilayah tropis (Ramadhan dan Yuliana, 2023). Penelitian terdahulu lainnya berjudul "Analisis Ketelitian I-Zun Dial dalam Menentukan Azimut dan Tinggi Matahari" yang mengkaji akurasi alat I-Zun Dial dalam pengukuran posisi matahari (Fauzi, 2021).

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengukur tinggi matahari dan azimut matahari di lokasi pengamatan, serta memahami dan menganalisis dampak dari posisi matahari terhadap berbagai aspek kehidupan, seperti arah kiblat, desain arsitektur, dan efisiensi sistem energi

surya. Kegiatan ini juga bertujuan untuk memberikan pemahaman praktis tentang cara menghitung tinggi dan azimut matahari menggunakan metode sederhana seperti penggunaan gnomon.

Dalam kegiatan ini, permasalahan utama yang ingin dijawab adalah bagaimana cara mengukur tinggi dan azimut matahari secara sederhana namun akurat menggunakan alat seperti gnomon. Selain itu, sejauh mana metode pengukuran sederhana ini dapat memberikan hasil yang akurat dibandingkan metode modern atau digital, serta bagaimana meningkatkan pemahaman masyarakat melalui pengamatan langsung. Semua pertanyaan ini menjadi landasan untuk pelaksanaan kegiatan pengukuran dan analisis posisi matahari.

Kegiatan ini memiliki berbagai manfaat yang penting, baik dari segi ilmiah, praktis, pendidikan, maupun teknis. Secara ilmiah, kegiatan ini dapat memperluas pemahaman tentang pengukuran posisi matahari, khususnya tinggi dan azimut, serta penerapannya dalam berbagai bidang seperti geografi, astronomi, dan arsitektur. Dari segi praktis, pengukuran tinggi dan azimut matahari dapat membantu masyarakat dan profesional dalam menentukan arah kiblat dengan lebih tepat dan mendukung perencanaan orientasi panel surya yang efisien, terutama dalam konteks pemanfaatan energi terbarukan. Kegiatan ini juga memberikan manfaat Pendidikan karena dapat menjadi pengalaman praktis yang meningkatkan pemahaman siswa atau masyarakat tentang koordinat horizon dan fenomena pergerakan benda langit. Dari sisi teknis, kegiatan ini mengajarkan penggunaan metode sederhana, seperti gnomon, yang dapat digunakan untuk pengukuran matahari, sehingga meningkatkan akurasi dan efektivitas pengamatan dengan alat-alat sederhana yang mudah diakses. Semua manfaat tersebut memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam menghadapi tantangan yang berkaitan dengan pengelolaan energi dan perencanaan pembangunan yang berkelanjutan.

SASARAN, LOKASI, DAN WAKTU KEGIATAN

Kegiatan pengamatan dan pengukuran tinggi serta azimut matahari ini ditujukan kepada masyarakat umum khususnya warga Kampung Angus, Desa Tanjung Bugis, Kabupaten Sambas yang tertarik terhadap ilmu falak, energi surya, serta penentuan arah kiblat. Peserta yang terlibat berjumlah sekitar 10 orang dengan latar belakang yang beragam, mulai dari pelajar atau mahasiswa, tokoh masyarakat hingga pemuda setempat yang aktif dalam kegiatan keagamaan dan lingkungan. Kegiatan ini dilaksanakan di ruang terbuka di Kampung Angus, yang memiliki cakrawala yang cukup lapang untuk pengamatan posisi matahari. Adapun waktu pelaksanaan kegiatan adalah pada tanggal 6 April 2025 pukul 13.01 WIB, bertepatan dengan saat matahari berada cukup tinggi untuk dilakukan pengukuran bayangan secara optimal.

TAHAPAN KEGIATAN DAN METODE

A. Persiapan

Sebelum melakukan pengamatan posisi Matahari dilakukan berbagai persiapan untuk menjamin ketepatan hasil. Alat utama yang digunakan adalah papan dial berbentuk lingkaran yang memiliki skala sudut 0° – 360° . Selanjutnya, cetak pola dial dan tempelkan pada media yang kokoh seperti karton tebal atau triplek serta lubangi tepat di titik pusatnya. Pasang sebuah tongkat istiswa (gnomon) dengan tegak lurus pada lubang tersebut. Pastikan tongkat tegak menggunakan benang yang diberi pemberat (bandul) sehingga benang dan tongkat berada dalam posisi tegak lurus yang sama. Selain itu, siapkan pula alat bantu lainnya seperti kompas (bisa menggunakan kompas yang ada di hp) untuk menentukan arah utara, penggaris atau meteran untuk mengukur panjang bayangan, serta *waterpass* untuk memastikan permukaan papan dial benar-benar rata. Alat tulis digunakan untuk mencatat hasil sedangkan kamera atau

ponsel diperlukan untuk dokumentasi visual. Lokasi pengamatan pun dipilih secara hati-hati, yaitu di tempat terbuka yang datar dan bebas dari bayangan pepohonan atau bangunan agar sinar Matahari dapat mengenai papan dial dengan sempurna. Semua persiapan ini penting untuk menghasilkan data tinggi dan azimut Matahari yang valid.

B. Pelaksanaan

Pengamatan dilakukan pada pukul 13.00–14.00 WIB agar bayangan Matahari tidak terlalu panjang. Untuk langkah – langkah pelaksanaannya yaitu pertama, papan dial diletakkan di permukaan yang benar-benar datar, dibantu dengan waterpass untuk memastikan kerataannya. Tongkat istiwa (gnomon) yang sebelumnya dipasang secara tegak lurus dengan papan digunakan sebagai penentu bayangan. Pengamatan diawali dengan mengukur panjang gnomon (misalnya 20 cm), lalu mencatat panjang bayangan yang terbentuk pada saat tertentu. Untuk menjaga ketelitian, ketegakan tongkat juga diperiksa ulang dengan menggunakan benang bandul agar bayangan yang terbentuk berasal dari posisi vertikal yang ideal. Setelah mencatat panjang bayangan dan waktu pengamatan, langkah berikutnya adalah menghitung tinggi Matahari menggunakan rumus trigonometri:

$$h = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Panjang Tongkat}}{\text{Panjang Bayangan}} \right)$$

Kemudian, lakukan pengukuran azimut dengan cara menyesuaikan arah nol derajat papan dial ke arah utara menggunakan kompas. Posisi bayangan gnomon yang jatuh pada skala sudut lalu dibaca sebagai nilai θ . Jika pengamatan dilakukan pada pagi hari (Matahari di timur), maka azimut = $180^\circ - \theta$, sedangkan jika dilakukan pada siang menjelang sore (Matahari di barat), maka azimut = $180^\circ + \theta$. Karena pengamat melakukan pengamatan pada siang hari maka menggunakan azimut = $180^\circ + \theta$. Nilai tinggi dan azimut yang diperoleh dicatat sebagai hasil observasi manual berdasarkan tata koordinat horizon.

C. Finalisasi/Hasil Kegiatan

Pada akhir kegiatan, dilakukan analisis terhadap hasil observasi yang telah diperoleh. Pengamatan dilakukan pada hari Minggu, tanggal 6 April 2025 pukul 13.01 WIB, bertempat di Kampung Angus, Desa Tanjung Bugis, Kabupaten Sambas. Dalam pengamatan ini digunakan tongkat istiwa (gnomon) setinggi 20 cm yang dipasang secara tegak lurus pada papan dial yang datar. Pada saat pengamatan, panjang bayangan yang tercatat adalah 7,9 cm dan arah bayangan menghadap ke timur. Berdasarkan data tersebut, tinggi Matahari dihitung menggunakan rumus:

$$h = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Panjang Tongkat}}{\text{Panjang Bayangan}} \right)$$

$$h = \tan^{-1} \left(\frac{20}{7,9} \right)$$

$$h = 68,45^\circ$$

Arah bayangan yang menghadap timur menandakan bahwa posisi Matahari berada di sebelah barat.

Karena pengamatan dilakukan setelah tengah hari (*post meridian*), maka azimut Matahari dihitung dengan rumus $A = 180^\circ + \theta$. Berdasarkan pembacaan pada skala papan dial, sudut arah bayangan dari utara adalah $\theta = 90^\circ$ sehingga azimut Matahari saat itu adalah $A = 180^\circ + 90^\circ = 270^\circ$ yang berarti posisi Matahari tepat berada di arah barat. Hasil pengamatan ini kemudian dibandingkan dengan hasil dari aplikasi Kompas Kiblat untuk memverifikasi akurasi arah. Dokumentasi kegiatan, termasuk foto hasil pengukuran dan tangkapan layar dari aplikasi, dilampirkan untuk memperkuat validitas data yang diperoleh.

Perbandingan menunjukkan bahwa hasil manual mendekati data dari aplikasi dengan selisih yang sangat kecil dan dapat ditoleransi dalam konteks praktikum falakiyah. Berikut ini penulis lampirkan foto/dokumentasi dari hasil kegiatan



Gambar 1. Persiapan alat dan bahan



Gambar 2. Proses Pengamatan



Gambar 3. Proses Pengukuran Panjang Bayangan



Gambar 4. Hasil Pengamatan



Gambar 5. Hasil pengamatan di aplikasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rumus Perhitungan Tinggi Dan Azimuth Matahari

Dalam sistem koordinat horizon, posisi benda langit seperti Matahari ditentukan oleh dua komponen utama, yaitu tinggi (altitude) dan azimuth (azimuth). Tinggi adalah sudut antara objek langit dan bidang horizon, yang menunjukkan seberapa tinggi posisi objek tersebut di langit. Sementara itu, azimuth adalah sudut mendatar yang diukur dari arah utara ke arah bayangan Matahari di sepanjang horizon, dihitung searah jarum jam (Khazin, 2004, hlm. 23). Perhitungan tinggi Matahari dalam pengamatan menggunakan prinsip trigonometri segitiga siku-siku. Ketika tongkat istiwa (gnomon) dipasang tegak lurus pada bidang datar dan terkena cahaya Matahari, maka bayangan yang terbentuk bersama tongkat membentuk segitiga siku-siku. Dalam segitiga tersebut, berlaku dalil dasar trigonometri bahwa:

$$\tan h = \frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi samping}} = \frac{\text{tinggi tongkat}}{\text{panjang bayangan}}$$

Dengan demikian, diperoleh rumus untuk menghitung tinggi Matahari sebagai berikut:

$$h = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Panjang Tongkat}}{\text{Panjang Bayangan}} \right)$$

Rumus ini banyak digunakan dalam praktik falakiah untuk menentukan sudut ketinggian Matahari di waktu tertentu berdasarkan panjang bayangan yang diukur (Khazin, 2004).

Sedangkan azimut dihitung berdasarkan arah bayangan gnomon terhadap arah utara yang telah ditentukan sebelumnya menggunakan kompas. Setelah arah utara disesuaikan dengan skala 0° pada papan dial, maka bayangan yang terbentuk menunjukkan arah Matahari. Jika pengamatan dilakukan sebelum tengah hari (*ante meridian*) dan bayangan mengarah ke barat, maka rumusnya:

$$A = 180^\circ - \theta$$

Namun jika pengamatan dilakukan setelah tengah hari (*post meridian*) dan bayangan mengarah ke timur, maka rumusnya adalah:

$$A = 180^\circ + \theta$$

dengan θ merupakan sudut arah bayangan dari utara berdasarkan pembacaan skala papan dial. Konsep ini digunakan secara luas dalam penentuan arah kiblat dan pengamatan posisi Matahari (Azhari, 2011). Berikut ini hasil pengamatan disajikan dalam bentuk tabel

Tanggal	Waktu (WIB)	Panjang Bayangan (cm)	Panjang Gnomon (cm)	Tinggi Matahari	Arah Bayangan	Azimut Matahari
06 April 2025	13.01	7,9 cm	20 cm	$68,45^\circ$	Timur	270°

B. Evaluasi dan Kendala Kegiatan/di Lapangan

Selama kegiatan berlangsung, terdapat beberapa kendala teknis yang dapat mempengaruhi kelancaran saat pengamatan. Salah satu kendala utama adalah memastikan bahwa papan dial benar-benar berada pada permukaan yang datar dan sejajar dengan bidang horizontal. Meskipun sudah menggunakan *waterpass*, ketidaksempurnaan permukaan tanah di lokasi pengamatan data menyebabkan papan mudah bergeser atau sedikit miring. Pemasangan tongkat istihwa juga membutuhkan ketelitian agar benar-benar tegak lurus terhadap papan karena jika miring sedikit saja bayangan yang dihasilkan menjadi tidak valid.

Selain itu, cuaca sempat mendung sebelum pengamatan. Hal ini menyebabkan intensitas cahaya Matahari berkurang sehingga bayangan sulit terlihat dengan jelas. Tantangan lain juga muncul dari proses pembacaan skala sudut pada papan dial. Karena skala sudut dicetak dan disusun secara manual, akurasi pembacaannya tidak setepat instrumen astronomi profesional. Arah utara yang ditentukan dengan kompas pun sempat terganggu oleh keberadaan logam atau medan magnetik di sekitar lokasi pengamatan. Hal ini berdampak pada penyetalan skala 0° yang sangat menentukan dalam pengukuran azimut. Meskipun begitu, semua kendala ini dapat diatasi dengan kehati-hatian dan penyesuaian di lapangan sehingga kegiatan tetap dapat dilaksanakan dengan hasil yang cukup akurat dan sesuai tujuan praktikum.

Sebagai pelaksana kegiatan, penulis merasakan bahwa metode pengamatan langsung sangat efektif untuk memperdalam pemahamannya mengenai konsep tinggi dan azimut dalam sistem koordinat horizon. Sebelumnya, penulis hanya memahami teori secara konseptual namun melalui perhitungan berdasarkan bayangan gnomon, penulis dapat melihat keterkaitan langsung antara konsep teori dengan fenomena nyata di lapangan.

Penulis juga menyadari pentingnya ketelitian dalam pengukuran serta penyesuaian alat seperti kompas dan papan dial agar data yang diperoleh valid dan akurat. Kegiatan ini tidak hanya meningkatkan penguasaan terhadap materi ilmu falak, tetapi juga mengasah kemampuan teknis dan analitis dalam mengelola dan menginterpretasi data observasi. Pengalaman langsung

ini membuat penulis lebih yakin bahwa praktik lapangan sangat penting untuk menguatkan pemahaman teori sekaligus melatih keterampilan observasi yang dibutuhkan dalam penelitian astronomi dan falak.

Keandalan hasil kegiatan ini diperoleh melalui prosedur yang sistematis dan triangulasi data yang cermat. Persiapan dilakukan secara teliti, mulai dari pemilihan lokasi yang terbuka dan datar, penyusunan papan dial berskala, hingga memastikan tongkat istiwa berdiri tegak lurus menggunakan benang bandul. Pengukuran dilakukan secara langsung dan data dicatat dengan seksama. Selanjutnya, perhitungan tinggi dan azimut Matahari dilakukan menggunakan rumus trigonometri standar sesuai dengan prinsip falakiyah.

Untuk menguji keabsahan hasil, triangulasi data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran manual dengan hasil dari aplikasi digital. Hasil pengamatan menunjukkan tinggi Matahari sekitar $68,45^\circ$ dan azimut 270° , sedangkan aplikasi memberikan hasil yang hampir sama. Selisih yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa metode manual yang digunakan cukup akurat dan dapat diandalkan. Dokumentasi berupa foto pengamatan dan tangkapan layar aplikasi turut dilampirkan untuk memperkuat validitas laporan.

Hasil pengukuran tinggi Matahari sebesar $68,45^\circ$ dan azimut 270° juga memiliki relevansi langsung dengan praktik ibadah dalam tradisi ilmu falak. Posisi Matahari yang berada di arah barat pada waktu pengamatan menunjukkan bahwa pengamatan dilakukan setelah Matahari melewati meridian lokal (post meridian), yang secara astronomis menandai telah masuknya waktu salat zuhur. Dalam praktik falakiyah, fenomena tergelincirnya Matahari dari titik kulminasi menjadi indikator utama penentuan awal waktu zuhur. Selain itu, data azimut Matahari yang diperoleh dari pengamatan bayangan gnomon juga dapat dimanfaatkan dalam metode penentuan arah kiblat berbasis bayangan Matahari. Dengan mengetahui arah bayangan dan posisi Matahari terhadap utara sejati, arah kiblat dapat ditentukan melalui konstruksi geometris sederhana di lapangan. Metode ini secara historis telah digunakan dalam praktik falak tradisional sebelum berkembangnya instrumen modern seperti theodolite atau aplikasi digital. Oleh karena itu, pengukuran tinggi dan azimut Matahari melalui gnomon tidak hanya berfungsi sebagai eksperimen astronomi sederhana, tetapi juga memiliki nilai praktis dalam mendukung akurasi pelaksanaan ibadah yang berkaitan dengan arah kiblat dan waktu salat.

PENUTUP

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang dilakukan pada tanggal 6 April 2025 pukul 13.01 WIB di Kampung Angus, diperoleh posisi Matahari pada ketinggian sekitar $68,45^\circ$ dengan azimut 270° , tepat di arah barat. Hasil ini menunjukkan bahwa metode pengamatan manual dengan alat sederhana seperti papan dial dan tongkat istiwa mampu memberikan data yang akurat dan relevan. Selain itu, kegiatan ini memberikan pengalaman praktis yang memperdalam pemahaman konsep falakiyah dalam konteks sistem koordinat horizon.

Namun demikian, kegiatan ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti pengaruh cuaca mendung, medan magnet lokal yang memengaruhi akurasi kompas, serta keterbatasan alat ukur yang masih bersifat manual. Untuk kegiatan mendatang, disarankan penggunaan alat dengan presisi lebih tinggi dan pemilihan lokasi yang bebas dari gangguan magnetik dan cahaya. Selain itu, kegiatan pengamatan semacam ini dapat dikembangkan menjadi praktik rutin yang terintegrasi dengan penggunaan perangkat lunak astronomi guna memperkaya pengalaman dan wawasan peserta.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhari, M. (2011). Pengantar Ilmu Falak. Jakarta: Penerbit Ilmu Falak.
- Dani, R. & Erivianto, A. (2022). Studi optimalisasi sudut kemiringan dan azimut panel surya terhadap output PLTS menggunakan perangkat lunak PVSyst. *Jurnal Energi Terbarukan*, 8(2), 115-127. Diakses dari <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/download/16114/10928/27602>
- Fauzi, M. (2021). Analisis ketelitian I-Zun Dial dalam menentukan azimut dan tinggi matahari. *Jurnal Falak dan Astronomi*, 12(1), 45-53. Diakses dari <https://eprints.walisongo.ac.id/7738/1/132611061.pdf>
- Khazin, N. (2004). Astronomi Dasar dan Pengukuran Posisi Benda Langit. Bandung: Pustaka Sains.
- Lestari, R. & Hidayat, F. (2020). Penentuan arah matahari dan aplikasinya dalam penentuan arah kiblat. *Jurnal Geografi dan Lingkungan*, 7(1), 33-40. Diakses dari <https://e-journal.metrouniv.ac.id/istinbath/article/view/586/526>
- Rahmat, A. (2019). Desain Bangunan dan Efisiensi Energi Surya. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ramadhan, T. & Yuliana, P. (2023). Simulasi pergerakan matahari dengan aplikasi Stellarium untuk keperluan arsitektur tropis. *Jurnal Arsitektur Tropis*, 5(1), 21-31. Diakses dari <https://digilib.uinkhas.ac.id/35603/1/SKRIPSI%20Mila%20Nindi%20Alfiatin%20Zahrroh%2020210110001.pdf>
- Suryani, N. (2018). Pemahaman siswa tentang sistem koordinat dan gerak benda langit melalui pengamatan matahari. *Jurnal Pendidikan IPA*, 9(3), 67-75. Diakses dari <https://digilib.uinkhas.ac.id/35603/1/SKRIPSI%20Mila%20Nindi%20Alfiatin%20Zahrroh%2020210110001.pdf>
- Wulandari, S. (2019). Penerapan Metode Gnomon dalam Kurikulum Sains. Surabaya: Penerbit Pendidikan.