



ANALISIS AKURASI HUMAN HORIZONTAL SUNDIAL MUSEUM DIKNAS UPI BANDUNG

Nagia^{1*}, Judhistira Aria Utama¹, Wiendartun¹

¹Program Studi Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung 40154, Indonesia

*Alamat Korespondensi : watersfallsonagia@upi.edu

ABSTRAK

Jam matahari adalah perangkat penunjuk waktu kuno yang menunjukkan waktu Matahari sejati melalui bayangan yang dihasilkan bagian yang disebut gnomon. Salah satu jenis jam Matahari yang dikenal adalah jam Matahari tipe horisontal. Jam Matahari jenis ini memiliki bidang dial berbentuk mendatar yang sejajar dengan horison setempat. Agar dapat menghasilkan bayang-bayang yang menunjukkan waktu Matahari sejati dengan tepat, sudut dari bidang dial ke sisi miring gnomon pada jam Matahari harus disesuaikan dengan besar sudut lintang geografis tempat jam Matahari akan digunakan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan melakukan observasi lapangan di human horizontal sundial yang terdapat di kawasan taman museum DIKNAS Universitas Pendidikan Indonesia untuk menentukan keakuratan penunjukan waktu jam Matahari ini. Data diperoleh bertepatan dengan momentum autumnal equinox pada 23 September 2021. Dengan berdiri di titik pijak yang dianggap sesuai dengan tinggi badan, diperoleh bayang-bayang pengamat ketika waktu menunjukkan pukul 10.10 WIB (waktu daerah – *Zone Time/ZT*) menyentuh garis jam 10 (waktu Matahari sejati – *Absolute Solar Time/AST*) di bidang dial. Dengan menghitung nilai perata waktu yang berlaku untuk tanggal pengamatan, diperoleh nilai AST hasil perhitungan sebesar 10.29. Terdapat beda waktu ~ 20 menit antara AST hasil penunjukan bayang-bayang dengan AST teoretik hasil perhitungan. Perbedaan yang cukup besar ini dimungkinkan karena kekurangtepatan pengamat dalam berdiri di bidang dial yang sesuai dengan tinggi badannya atau kekurangtepatan penentuan titik nol yang menjadi titik konvergensi garis-garis jam pada saat pembangunannya.

© 2021 Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI

Kata kunci: Human Horizontal Sundial, Jam Matahari Horisontal, Waktu Daerah, Waktu Matahari Sejati.

PENDAHULUAN

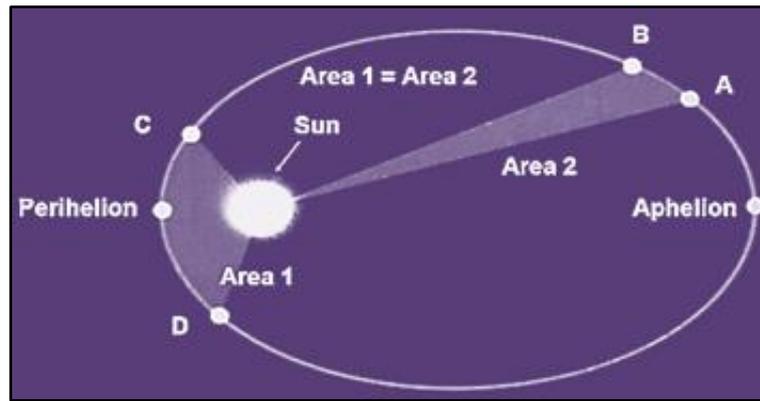
Jam Matahari adalah sebuah perangkat yang digunakan sebagai petunjuk waktu dengan menggunakan Matahari, sehingga menghasilkan bayang-bayang dari gnomon. Jam Matahari merupakan jam tertua dan pertama kali digunakan sekitar 3500 sebelum Masehi. Jam matahari terdiri atas beberapa jenis, yaitu jam Matahari horisontal, vertikal, dan ekuatorial. Masing-masing jam Matahari memiliki aturan tersendiri dalam pembuatannya dan konsep aplikasinya.

Secara definisi, jam Matahari atau jam Matahari adalah sebuah perangkat yang digunakan sebagai petunjuk waktu semu lokal dengan menggunakan Matahari, sehingga menghasilkan bayang-bayang dari gnomon (batang atau lempengan yang bayang-bayangnya digunakan sebagai petunjuk waktu). Rancangan jam Matahari yang paling umum dikenal memanfaatkan bayangan yang menempa permukaan datar

yang ditandai dengan jam-jam dalam suatu hari.

Seiring dengan perubahan pada posisi Matahari, waktu yang ditunjukkan oleh bayangan tersebut pun turut berubah. Jam matahari horizontal merupakan bentuk yang paling mudah dipahami. Jam Matahari ini biasanya diletakkan orang di tempat terbuka seperti kebun-kebun atau taman. Jam matahari ini dinamakan dengan jam matahari Horizontal karena bidang dial pada alat ini berbentuk datar sejajar dengan garis horizon Bumi. Gnomon pada jam matahari ini, harus disesuaikan dengan besar sudut lintang tempat dimana jam matahari ini akan digunakan.

Matahari yang teramati adalah Matahari sejati sebagaimana yang terlihat oleh pengamat di Bumi. Waktu Matahari sejati atau waktu Matahari sebenarnya didasarkan pada gerakan Matahari apa adanya.



Gambar 1. Hukum 2 Kepler

Sumber: WeSchool.ID

Dalam Hukum 2 Kepler yang berbunyi: *garis yang menghubungkan tiap planet ke matahari menyapu lintasan yang sama dalam waktu yang sama*, merujuk pada pergerakan matahari dengan orbit elips yang teramati di langit di mana bersesuaian dengan waktu matahari sejati.

Waktu matahari sejati dapat diperoleh menggunakan jam Matahari (sundial) sebagaimana adanya orbit Bumi yang berbentuk elips dan Matahari yang bergerak tidak selalu di khatulistiwa langit. Bumi yang mengitari Matahari sebagai benda pusatnya namun yang tampak oleh pengamat di Bumi adalah gerak relatif Matahari yang teramati bergerak di langit, yang dikenal sebagai gerak Matahari sejati.

Berdasarkan Matahari sejati: dikenal istilah AST = Apparent Solar Time/Absolute Solar Time. Berdasarkan Matahari fiktif: dikenal istilah MST/LMT = Mean Solar Time/ Local Mean Time (mengacu kepada bujur setempat). Berdasarkan Matahari fiktif: dikenal pula istilah LST = Local Standard Time (mengacu kepada bujur standar). Di Indonesia dikenal sebagai WIB (105° BT), WITA (120° BT), dan WIT (135° BT). Di mana pengukuran inilah yang akan digunakan untuk menentukan keakurasiannya dari *Human Sundial Museum DikNas UPI*.

Jam Matahari kini banyak dibangun tersebar di seluruh dunia dengan berbagai desain dan bentuk. Matahari yang sebagai peran utama untuk pengukuran waktu dalam jam matahari. Pada saat autumnal equinox, Matahari tepat di atas Khatulistiwa dan siang dan malam memiliki panjang yang sama. Equinox adalah perpotongan

antara bidang ekuator langit dan bidang ekliptika. Dinamakan equinox karena pada saat matahari berada di titik ini akan membagi fenomena siang-malam di seluruh belahan bumi dalam selang waktu yang sama.

Selain gnomon dan ruang di mana ia dapat melemparkan bayangannya, jam matahari membutuhkan penanda yang berfungsi pada ruang untuk menunjukkan waktu. Jam Matahari per jam membutuhkan dua belas poin yang akan ditandai, tetapi dial yang menunjukkan musim hanya membutuhkan tiga: satu di dekat pangkalan gnomon yang akan disentuh ujung bayangan pada titik balik matahari musim panas, yang lebih jauh untuk menandai ekuinoks musim semi dan musim gugur, dan yang ketiga Lebih jauh lagi untuk titik balik matahari musim dingin. Jika tanda ditempatkan pada garis yang ditarik ke utara dari pangkal, ujung bayangan akan menyentuh mereka pada hari yang tepat di siang hari; Karena tengah hari, struktur sederhana semacam ini sering disebut sebagai garis meridian.

Meskipun begitu, jam matahari ini juga perlu diteliti lebih lanjut keakurasiannya dari fungsi jam matahari sendiri sebagai penunjuk waktu. Pada penelitian ini pengamat akan melakukan observasi lapangan pada jam matahari untuk menentukan formula yang memuat keakuratan pada jam matahari di tempat pengamatan menggunakan tubuhnya sebagai gnomon jam matahari. Berdasarkan penelitian tersebut pula maka akan dilakukan penelitian jam matahari di

Museumdiknas UPI pada waktu autumnal equinox berlangsung dan pada bulan Oktober.

Jam matahari yang berada di Museumdiknas UPI merupakan salah satu jam matahari yang dimana menggunakan

tubuh manusia sebagai penunjuk waktunya. Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan keakurasian dari jam matahari manusia Museumdiknas UPI dengan menggunakan analisis pengambilan data lapangan.



Gambar 2. Jam Matahari Museum DikNas UPI

METODE

Metode yang digunakan yaitu melakukan observasi lapangan untuk menentukan keakuratan waktu pada jam Matahari, nilai-nilai tersebut dapat diperoleh dengan melakukan pengambilan

data langsung di lokasi di sepanjang hari. Data yang diambil yaitu waktu dalam jam pada saat penelitian dan pengukuran panjang bayangan yang jatuh pada jam matahari dengan sinar mentari yang datang.

Bagaimana Membaca Waktu Dengan Sundial ?

Sundial merupakan suatu Horison segi (Solar Apparent Time - LAT). Hal ini berbeda dengan berdasarkan site saat ini, yang membaca waktu berdasarkan Matahari (LAT) atau Mean Time - (LMT).

Sundial yang terdapat di Teras Sundial Museum Pendidikan Nasional Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) ini merupakan jenis horison (Horizontal Sundial). Sebagai pengganti bayang-bayang fisik digunakan gambar-gambar, sehingga memudahkan anda legak-grokok yang diarahkan hingga badan Anda sendiri sebagai pengganti bayang-bayang.

01

02

Bayang-bayang badan Anda sebagai petunjuk waktu. Berdirilah di horison yang lurus di bagian atas (sundial 01), sesuai dengan tinggi badan Anda (Tabel 01). Bayang-bayang yang ada kepada Anda yang arah di bagian atas, dan berada di antara dua lingkaran tepat di garis jam tersebut, menunjukkan waktu Matahari segitiga (LAT) saat itu. Dalam keadaan ini, waktu yang ditunjukkan sundial adalah waktu paku (LAT) (Sundial 02).

Prinsip Kerja Sundial ini ?

Referensi: [1] 2008, The Mathematics of Sundials, Cambridge Science Mathematics Journal, 22 (1) 31-43

Titik Berdiri Sesuai Kefinggian Orang (Tabel 01)

Lintang : -6.86 Selatan

Titik Berdiri (Warna)	Tinggi Orang (m)
	1,40
	1,50
	1,60
	1,65 s/d 1,70
	1,75
	1,80

Gambar 3. Keterangan Titik Berdiri dan Cara Penggunaan

Data diperoleh bertepatan dengan momentum autumnal equinox pada 23 September 2021 dan pada tanggal 31 Oktober 2021. Dengan berdiri di titik pijak yang dianggap sesuai dengan tinggi badan, diperoleh bayang-bayang pengamat ketika waktu menunjukkan pukul 10.10 WIB (waktu daerah – Zone Time/ZT) menyentuh garis jam 10 (waktu Matahari sejati–*Absolute Solar Time/AST*) di bidang dial. *EoT*(*Equation of Time*, dalam satuan menit waktu) dihitung dari:

$EoT = 9,87 \times \sin 2B - 7,53 \times \cos B - 1,5 \times \sin B$
dengan B (dalam satuan derajat): $(360/364) \times (n-81)$, di mana n menyatakan nomor urut hari dalam satu tahun (sejak 1 Januari hingga 31 Desember).

Hubungan antara AST dan LMT:

$$AST = LMT + EoT$$

Variabel yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu waktu lokal saat pengamatan dan panjang bayangan. Panjang bayangan yang terbentuk dari tinggi badan pengamat akan dihitung menggunakan meteran yang dibantu pengumpulan datanya oleh pendamping atau rekan. Cuaca saat pengamatan juga harus sangat diperhatikan karena akan menghalangi sinar matahari jatuh ke penunjuk dan tidak akan bisa terbaca. Berikut langkah menggunakan jam matahari Museum DikNas UPI:

1. Berdiri di tempat yang telah ditandai di bidang dial sesuai dengan tinggi badan.
2. Bayangan jatuh yang dihitung tepat berada di ujung kepala dan garis jam tertentu.
3. Jam matahari menunjukkan waktu Matahari sejati saat itu.
4. Panjang bayangan diukur menggunakan meteran atau sejenisnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di Human Sundial Horizontal Museum DikNas UPI yang terletak di Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat pada 23 September 2021 dan 31 Oktober 2021.

Pengamatan pertama bertepatan dengan Autumnal Equinox. Data yang didapat pada waktu 10.10 AST-nya adalah 10.29. Panjang bayangan yang diukur mengacu pada tepat jatuhnya ujung bayangan kita di garis jam matahari.

Untuk pengamatan kedua pada tanggal 31 Oktober 2021 banyak panjang bayangan yang kurang akurat pada jam pengamatan. Namun saat mengolah datanya ternyata panjang bayangan yang melebihi jam pada ponsel, AST-nya menunjukkan keakurasian jam matahari yang menunjukkan waktu sejati.

Hasil pengamatan dan pengolahan data bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data

No.	Tanggal	LST	Panjang Bayangan		Keterangan	~
			(meter)	AST		
1	23/09/2021	10.01	88	10.20	autumnal equinox	00.19
2	23/09/2021	10.10	84	10.29	—	00.19
3	31/10/2021	08.54	140	09.13	matahari di arah selatan	00.19
4	31/10/2021	08.56	139	09.15	—	00.19
5	31/10/2021	09.00	134	09.19	—	00.19
6	31/10/2021	09.01	132	09.20	—	00.19
7	31/10/2021	10.24	63	10.43	—	00.19
8	31/10/2021	10.26	62	10.45	—	00.19
9	31/10/2021	10.57	42	11.16	—	00.19
10	31/10/2021	11.04	39	11.23	—	00.19

Semakin mendekat ke titik tengah hari maka bayangan semakin pendek. Dengan menghitung nilai perata waktu yang berlaku untuk tanggal pengamatan, diperoleh nilai AST hasil perhitungan dengan perbedaan sebesar 00.19 menit. Terdapat beda waktu ~ 19 menit antara AST hasil penunjukan bayang-bayang dengan AST teoretik hasil perhitungan. Perbedaan yang cukup besar ini dimungkinkan karena kekurangtepatan pengamat dalam berdiri di bidang dial yang sesuai dengan tinggi badannya atau kekurangtepatan penentuan titik nol yang menjadi titik konvergensi garis-garis jam pada saat pembangunannya yang ditentukan sang arsitek jam matahari dari titik imajiner yang berada di dinding museum yang dekat jam mataharinya di samping kanan. Maka dari itu perlu diperhatikan juga selain dari pengolahan dan pengambilan data, mengobservasi alat yang akan digunakan pun perlu dalam penelitian ini.

Selain itu, ketidakseragaman gerak Matahari di langit yang berdampak pada ketidakseragaman waktu tibanya Matahari di meridian saat momen tengah hari dirasa mengganggu. Matahari bisa berada di khatulistiwa langit maupun di langit belahan utara/selatan dalam gerak semu tahunannya tersebut. Hal ini bisa dilihat dari dalam Tabel 1 bagaimana panjang bayangan di pengamatan pertama, panjang bayangannya lebih pendek dari pengamatan yang kedua hanya karena berbeda waktu pengamatan di bulan tertentu.

PENUTUP

Jam matahari di Museum Pendidikan Nasional UPI menunjukkan waktu matahari sejati sesuai dengan fungsi dan cara penggunaannya dengan tepat. Pengamatan yang dilakukan menunjukkan ~ 19 menit perbedaan waktu antara waktu lokal dan waktu sejati matahari.

Perbedaan yang cukup besar ini kemungkinan karena kekurangtepatan pengamat di bidang dial atau kekurangtepatan saat pembangunan titik-titik garis jam. Selain itu pengamatan bisa

terhambat dengan cuaca yang bisa menghalau sinar matahari untuk membuat bayangan gnomon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Judhistira Aria Utama M. Si. yang membimbing saya dalam penelitian jam matahari ini. Juga dosen pembimbing seminar fisika saya yaitu Ibu Wiendartun. Lalu kepada rekan-rekan mahasiswa, terutama Wahyudin dan Siti Afifah J. yang telah memberikan waktunya membantu penulis menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri , T., 2013. Jam Matahari Sebagai Penunjuk Waktu Hakiki (Akurasi Jam Matahari di Kotabaru Parahyangan Padalarang). Skripsi. Semarang: Institut Agama Islam Negeri Walisongo Semarang.
- Jannah, E. U., Rohmah, E. I., 2019. Sundial Sejarah dan Konsep Aplikasinya. *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 5(2), 127–145. doi: 10.30596/jam.v%vi%i.3486.
- Jones, Lawrence E , *The Sundial and Geometry* ,Glastonbury: North American. Sundial Society, 2005.
- Marom, A. A., 2015. Akurasi Jam Matahari Sebagai Penunjuk Waktu Hakiki (Studi Kasus di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat). Skripsi. Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
- Pagliano, A., Triggianese A., Santoro, L., 2017. "Geometry and The Restoration of Ancient Sundials: Camera Obscura Sundials in Cava De' Tirreni and Pizzofalcone," *Nexus Netw J*" vol 19:121–143. DOI 10.1007/s00004-016-0318-4.
- Saleem, M. U., 2016. " Gnomon Assessment for Geographic Coordinate, Solar Horizontal & Equatorial Coordinates, Time of Local Sunrise, Noon, Sunset,

Direction of Qibla, Size of Earth & Sun for Lahore Pakistan," Open Journal of Applied Sciences 6: 100-111.
<http://dx.doi.org/10.4236/ojapps.2016.62011>.

Thibodeau, 2017. "Anaximander's Spartan Sundial" *The Classical Quarterly* 67.2 374–379.
doi:10.1017/S0009838817000507.

Tipler, Paul A. (1991). *Fisika Dasar*. Jakarta: Erlangga.