

PENGAMATAN CAHAYA MATAHARI UNTUK MENENTUKAN JARI-JARI BUMI: SUBUAH EKSPERIMEN PADA MATAKULIAH FISIKA KEBUMIHAN LANJUT

Nur Islami

Pendidikan Fisika, Universitas Riau

nurislami@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK: Pada matakuliah Fisika Kebumihan Lanjut, salah satu topik yang dibahas adalah karakteristik bumi. Topik ini salahsatunya membahas bagaimana pengukuran jari jari bumi. Tujuan penelitian ini adalah memberikan sebuah eksperimen kepada mahasiswa sehingga bisa memahami bagaimana mengukur jari jari bumi. Metode sederhana namun akurat untuk mengukur jari-jari Bumi menggunakan kamera video dijelaskan pada penelitian ini. Sebuah demonstrasi diberikan kepada mahasiswa. Kemudian mahasiswa diminta untuk melakukan pengamatan sendiri dan menghitung jari jari bumi yang di dapat dari eksperimen masing masing. Hasil eksperimen mahasiswa menunjukkan bahwa jari-jari bumi didapatkan sebesar 6243.94 km dengan standar deviasi sebesar 14.70 km. Hasil rata rata dari 35 mahasiswa ini berada dalam 1.9% dari nilai rata-rata jari jari bumi yang diterima sekarang ini yaitu 6371 km. Eksperimen ini sangat berguna dalam memberikan pemahaman yang baik kepada mahasiswa sehingga mengerti bagaimana menentukan jari jari bumi.

Kata kunci: Jari jari Bumi, Sinar Matahari, Fisika Kebumihan Lanjut.

OBSERVATION OF THE SUNLIGHT TO DETERMINE THE RADIUS OF THE EARTH: A SUBSTANCE OF EXPERIMENTS IN ADVANCED EARTH PHYSICS SUBJECTS

ABSTRACT: *In Advanced Earth Physics courses, one of the topics discussed is the characteristics of the earth. One of the topic deals with how to measure the radius of the earth. The purpose of this study is to provide an experiment for students so they can understand how to measure the radius of the earth. A simple but accurate method for measuring the radius of the Earth using a video camera is explained in this study. A demonstration is given to students. Then students were required to make their own observations and calculate the radius of the earth obtained from each experiment. The results of student experiments show that the radius of the earth is 6243.94 km with a standard deviation of 14.70 km. The average results of these 35 students are within 1.9% of the average value of the earth's radius which is currently accepted at 6371 km. This experiment is very useful in giving students a good understanding so they understand how to determine the radius of the earth.*

Keywords: *Earth radius, Sun light, Advance earth physics*

PENDAHULUAN

Dalam pembelajaran matakuliah Fisika Kebumihan Lanjut, Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Riau, salah satunya adalah mahasiswa dihadapkan bagaimana mengukur jari jari bumi. Pada umumnya mahasiswa mendapatkan masalah dalam membayangkan bagaimana menentukan jari jari bumi. “Sangat susah dibayangkan bagaimana menentukan jari jari bumi”, itu kalimat yang sering muncul dari mahasiswa ketika ditanya hal yang demikian. Orang pertama kali yang mengukur jari-jari bumi dan sekarang dianggap sebagai ahli matematika yaitu seorang Yunani, Eratosthenes (276–195 SM). Pada penemuannya Eratosthenes menggunakan jarak antara kota-kota Mesir di Alexandria di sisi barat Delta Nil dan Syene di dekat Aswan di selatan Mesir. Dengan mengetahui sudut ketinggian Matahari di masing-masing lokasi yaitu tepat satu hari terpisah. Dengan perkiraan data ini Eraosthenes dapat memperkirakan keliling Bumi. Eratosthenes akhirnya menentukan jari-jari Bumi sekitar 6317 km. Besarnya jari-jari ini hanya sekitar 1% lebih kecil dari jari jari yang diukur hari ini dengan teknologi canggih yaitu 6371 km (Eratosthenes, 2010).

Setelah Eratosthenes berlalu sekian lamanya, teknik pengukuran jari jari bumi berkembang sangat pesat. Pada masa ini sudah banyak cara sederhana lain yang sudah ada

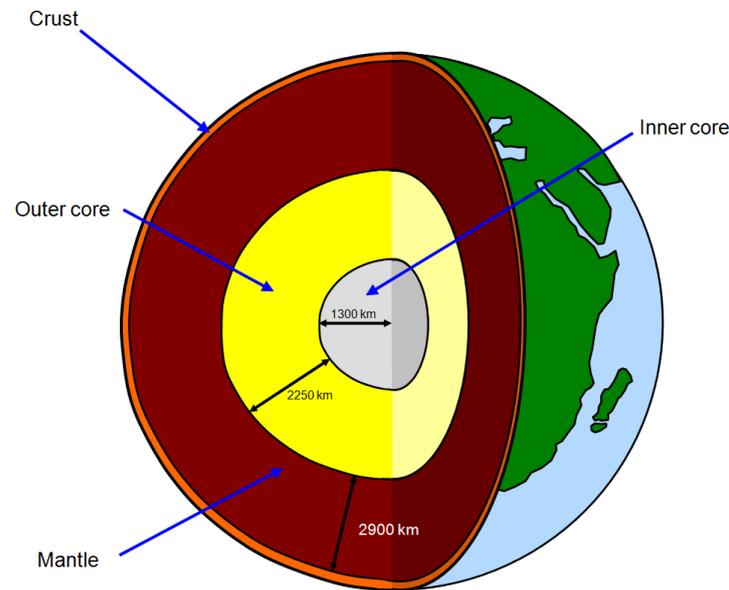
untuk menentukan jari-jari Bumi. Google Earth adalah cara yang bisa dirasakan dengan mudah mengukur jari jari bumi oleh berbagai praktisi. Namun penggunaan Google Earth tidak lah dirasakan secara nyata, karena Google Earth adalah hasil dari foto satelit yang di buat dalam bentuk tiga dimensi (Much Aziz & Atikah, 2014). Namun demikian, ada beberapa cara nyata yang dapat digunakan untuk mengukur jari jari bumi. Gangadharan (2009) melakukan pengukuran jari jari bumi dengan cara melihat ke lautan dari atas pegunungan. Sementara itu Goodman (1993) menentukan besarnya jari jari bumi dengan mendayung sampan diatas danau. French (1982) mengukur jari jari bumi dengan cara melihat horizon yang terbentang panjang. Mungkin masih ada lagi beberapa cara yang digunakan dalam menentukan jari jari bumi. Semua metode yang telah digunakan ini adalah menggunakan kenyataan bahwa Bumi memerlukan satu hari sidereal untuk menyelesaikan satu rotasi penuh, sementara sinar matahari digunakan sebagai referensi (Philip Kristanto, 2000). Gagasan untuk percobaan ini adalah untuk mengurangi kesalahan dan bisa mengumpulkan data di satu lokasi dalam waktu singkat.

Metode yang dibahas dalam makalah ini pada dasarnya mirip dengan merekam waktu matahari terbenam di berbagai tingkat di sebuah gedung tinggi. Sementara jari-jari dan metode Bumi untuk menghitungnya telah dikenal selama ini. Metode ini digunakan untuk memberikan pemahaman yang lebih pada Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Riau pada matakuliah Fisika Kebumihan Lanjut. Perhitungannya mengandalkan geometri sederhana dan hasilnya mendekati nilai yang diterima dari jari-jari Bumi.

METODE

Pada penelitian ini, mahasiswa yang terlibat adalah Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Riau yang mengambil mata kuliah Fisika Kebumihan Lanjut semester genap tahun ajaran 2017-2018. Metode perkuliahan yang digunakan adalah metode Ceramah, dilanjutkan dengan metode demonstrasi, yaitu mendemonstrasikan video penghitungan jari-jari bumi. Penerapan metode demonstrasi dimaksudkan untuk memperjelas pengertian konsep dan memperlihatkan cara melakukan sesuatu atau proses terjadinya (Daryanto, 2010). Setelah itu mahasiswa di berikan tugas menghitung jari jari bumi dengan pengamatan mereka masing masing.

Diawal perkuliahan mahasiswa diberikan materi tentang karakteristik Bumi beserta struktur penyusun bumi seperti Gambar 1. Pada kuliah sebelumnya, mahasiswa diberikan penjelasan bagaimana permukaan bumi ini berubah ubah bentuk dari waktu ke waktu, apa penyebab perubahan bentuk itu, apa implikasi dan manfaatnya. Setelah itu baru dibahas tentang karakteristik bumi.



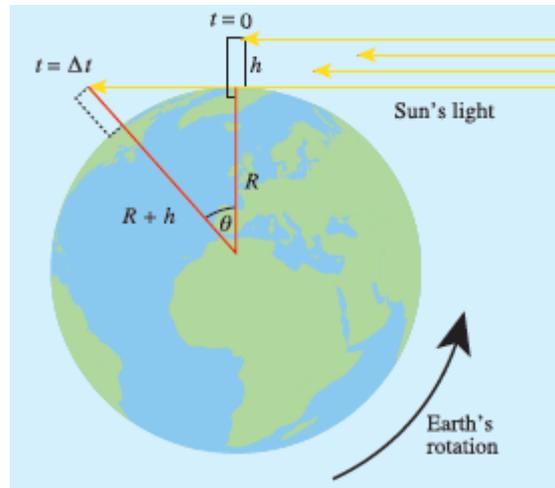
Gambar 1. Bentuk bumi secara umum

Setelah penjelasan tentang karakteristik bumi, kemudian diberikan demonstrasi bagaimana jari jari bumi ini di ukur. Demonstrasi diberikan langsung dengan menggunakan Globe untuk skala kecilnya (Surdin, 2017). Kemudian di lanjutkan dengan memberikan tontonan video cara menentukan jari jari bumi dengan memanfaatkan cahaya tenggelam matahari.

Setelah demonstrasi selesai, mahasiswa diminta untuk melakukan pengamatan sendiri dilapangan di tempat mana saja yang dirasa sesuai untuk melakukannya. Mahasiswa dibagi dalam 7 kelompok yang mana masing masing kelompok terdiri dari 5 orang. Mahasiswa diberikan waktu satu minggu untuk melakukan eksperimennya sendiri. Peralatan yang diperlukan dalam melakukan eksperimen hanya Kamera yang ada di handphone mereka dan dengan menggunakan software pemutaran video yang dapat menghasilkan perlambatan dan analisa sinar yang dinamakan ImageJ.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses perkuliahan diberikan demonstrasi video penghitungan jari jari bumi dengan memanfaatkan sinar matahari tenggelam (Abu Yazid dkk, 2019). Gambar 2 memperlihatkan bentuk bumi serta perputaran bumi relatif terhadap sinar matahari.



Gambar 2. Bentuk bumi serta perputaran bumi relatif terhadap sinar matahari

Konsep pengukuran jari jari bumi dapat dimulai dari Gambar 2. Ketika $t=0$, sinar matahari masih menyinari semua bangunan. Namun setelah beberapa saat kemudian bayangan gelap akan naik ke bangunan sampai akhirnya puncak bangunan juga ikut gelap. Ketika tinggi bangunan diketahui dan waktu gerak sinar dari bawah hingga atas juga dihitung dari pengamatan kamera, maka data data ini bisa digunakan dengan mengetahui besarnya hari sidereal untuk menghitung sudut rotasi bumi selama selang waktu tersebut. Secara matematik dapat digunakan:

$$\frac{\theta}{2\pi} = \frac{\Delta t}{1 \text{ sidereal day}}$$

$$\theta = \frac{\Delta t}{1 \text{ sidereal day}} 2\pi$$

Teorema Pythagoras dapat digunakan untuk menghitung jari-jari Bumi, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Dari nilai yang diperoleh kita dapat menggunakan teorema Pythagoras untuk menghasilkan solusi untuk R , jari-jari Bumi.

$$\cos \theta = \frac{R}{R + h}$$

$$R = \frac{h \cos \theta}{(1 - \cos \theta)}$$

Karena θ akan sangat dekat dengan nol, dan $\cos 0 = 1$, persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi:

$$R = \frac{h}{(1 - \cos \theta)}$$

θ dihitung dari $\theta = 2\pi(\Delta t/T)$, dimana T adalah hari sidereal, yaitu 23 jam, 56 menit dan 4,1 detik (86 164,1 detik) dan Δt adalah waktu saat bayangan muncul di gedung sampai tinggi h. Dengan demikian jari jari bumi R dapat dihitung.

Demonstrasi

Pada demonstrasi digunakan sebuah bangunan tinggi dipilih dengan pandangan yang jelas antara cakrawala tempat Matahari terbenam dan sisi bangunan menghadap ke arah itu. Dua titik yang mudah diidentifikasi dipilih pada bangunan untuk sebagai titik acuan pergerakan bayangan. Demonstrasi dilakukan didalam kelas dengan memutar Video yang merupakan hasil pengamatan langsung dilapangan oleh peneliti. Pada demonstrasi yang dimaksud, semua mahasiswa memperhatikan dan mengamati dengan seksama.

Tugas Eksperimen Mahasiswa

Untuk tugas eksperimen mahasiswa, mahasiswa diminta untuk melakukan eksperimen berkelompok. Satu kelompok terdiri dari 5-7 orang. Pada eksperimen mahasiswa diberikan kebebasan untuk memilih lokasi yang mereka sukai. Semua kelompok yang mahasiswa memilih tower telekomunikasi sebagai bangunan yang akan digunakan dalam pengamatan nya. Dengan alasan, tower telekomunikasi memiliki tinggi yang cukup lumayan. Pada pengamatan mahasiswa mencatat ketinggian cahaya yang akan diamati dari ketinggian referensinya sampai ketinggian yang mereka inginkan. Dalam melakukan penghitungan ketinggian, mereka menggunakan pendekatan trigonometri untuk menentukan ketinggian tower tersebut. Untuk keperluan ini, mahasiswa menggunakan sudut dan juga jarak datar sehingga ketinggian tower dapat diprediksi. Dalam menentukan sudut, mahasiswa menggunakan pointer laser sehingga sudut yang didapat lebih akurat.

Eksperimen ini dilakukan oleh mahasiswa dengan pengamatan beberapa kali karena kendala yang dihadapi adalah sulitnya melihat bayangan yang naik dari bawah hingga keatas tower. Hal ini disebabkan karena cahaya matahari yang di amati kurang jelas. Oleh sebab itu mahasiswa melakukan eksperimen beberapakali untuk memastikan akurasi data yang mereka peroleh. Namun demikian mahasiswa mendapatkan hasil seperti

tabel 1. Pengukuran yang dilakukan mahasiswa berbeda 1.9% dari pengukuran yang ada sekarang ini yaitu 6317.

Tabel 1. Jari-jari bumi hasil perhitungan

| Kelompok | Jari-jari Bumi |
|----------|----------------|
| 1 | 6252.31 |
| 2 | 6241.24 |
| 3 | 6222.72 |
| 4 | 6241.42 |
| 5 | 6262.13 |

KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah didapatkan jari jari bumi sebesar 6243 km, yang mana perhitungan ini berbeda sekitar 1.9% dari perhitungan yang sudah didapatkan di level Internasional. Perbedaan ini disebabkan oleh karena pengamatan cahaya matahari cukup sulit karena cahaya matahari yang diterima oleh bangunan cukup redup.

DAFTAR PUSTAKA

- Eratosthenes. (2010). Eratosthenes' 'Geography' (Princeton, NJ: Princeton University Press) (Engl. transl. D W Roller).
- Gangadharan D. (2009). Measuring the radius of the Earth from a mountain top overlooking the ocean. *Phys. Teach.* 47, 533–5.
- Goodman, F., O. (1993). Measure the Earth's radius while boating - on one of its lakes *Am. J. Phys.* 6, 378–9.
- French A P. (1982). How far away is the horizon? *Am. J. Phys.* 50, 795–9.
- Muslim, M. A. & Pramesti, A. A. (2014). Penyajian Data Pelanggan pada Lima Area PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk. Kandatel Pekalongan Menggunakan Google Earth. *Scientific Journal of Informatics*, 1 (2), 193-200.
- Kristanto, P. (2000). Kolektor Surya Prismatik. *Jurnal Teknik Mesin*, 2 (1), 22 - 28
- Yazid, A., Pramudya, Y., Okimustava & Muchlas. (2019). Pemanfaatan Metode Moving Average dalam Menentukan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sky Quality Meter. *Jurnal Astronomi*, 5 (1). 1-13.
- Daryanto. (2010). *Media Pembelajaran Peranannya Sangat Penting Dalam Mencapai Tujuan Pembelajaran*. Cetakan kedua. Cetakan kelima. Bandung: PT. Sarana Nurani Sejahtera.
- Tjasyono, B. (2016). *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*. Bandung: Remaja Rosdakarya.

Surdin. (2017). Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Pokok Peta, Atlas Dan Globe Melalui Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Think Talk Write (TTW). *Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi*, 1(1), 1-16.