

DOI: doi.org/10.21009/0305020131

ANOMALI MEDAN GRAVITASI PERMUKAAN (G) AKIBAT GERHANA MATAHARI SEBAGIAN (GMS) 9 MARET 2016 MENGGUNAKAN ANALISIS *TRACKER* PADA *KATER'S REVERSIBLE PENDULUM*

Fitri Nurul Sholihat¹⁾, Suci Ramayanti¹⁾, Anggi Hanif Setyadin¹⁾, Ardi Rizkia Ferahenki¹⁾, Muhamad Gina Nugraha^{1*)}, Duden Saepuzaman¹⁾, Achmad Samsudin¹⁾, Judhistira Aria Utama¹⁾, Hana Susanti¹⁾, Kartika Hajar Kirana²⁾

¹⁾Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI, Jl. Dr. Setiabudhi no.229, Bandung 40154

²⁾Departemen Fisika FMIPA UNPAD, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363

*)Email: muhamadginanugraha@upi.edu

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui anomali medan gravitasi permukaan (g) akibat gerhana matahari sebagian. Besar medan gravitasi permukaan bumi dapat diperoleh menggunakan periode ayunan bandul. Pengambilan data dilakukan selama tiga hari yaitu pada tanggal 8, 9, dan 10 Maret 2016 dari pukul 07:00 – 08:00 WIB di Bandung dengan koordinat 6°51'48"LS, 107°35'40"BT. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Kater's reversible pendulum* dengan simpangan kurang dari 3° sehingga gerak ayunan dapat dipandang ayunan harmonik. Gerak ayunan bandul direkam menggunakan kamera resolusi tinggi (*high definition*) dengan kecepatan pengambilan gambar 24 *frame* per detik (*fps*), video dianalisis menggunakan *tracker* sehingga diperoleh periode ayunan bandul. Hasil penelitian menunjukkan nilai medan gravitasi permukaan bumi pada tiga hari pengamatan berturut-turut sebesar 10,33153834, 10,18560435, dan 10,32046468. Berdasarkan hasil penelitian terjadi anomali medan gravitasi permukaan bumi (g) akibat gerhana matahari sebagian dengan nilai medan gravitasi yang menurun saat terjadinya gerhana.

Kata Kunci: *Gerhana, Tracker, Kater's Reversible Pendulum*

Abstract

This study was conducted to determine the gravitational field of the Earth's surface anomaly (g) due to the partial solar eclipse. Large gravity field of Earth's surface can be obtained using a pendulum swing period. Data were collected for three days on 8, 9, and 10 March, 2016 from at 6:00 to 9:00 pm in Bandung with coordinates 6°51'48 " LS, 107°35'40" BT. The tools used in this research was *Kater's reversible pendulum* with a deviation of less than 3° so that the motion can be regarded swing harmonics. Pendulum swinging motion is recorded using high resolution cameras (*High definition*) with a shooting speed 24 of frames per second (*fps*), the video is analyzed using the *tracker* in order to obtain the period of a pendulum swing. The results show the value of the gravitational field of the Earth's surface on a three-day consecutive sampling of 10,33153834, 10,18560435, and 10,32046468. According to the research there are anomalies in the gravitational field of the Earth's surface (g) due to the partial solar eclipse with the value of the gravitational field which decreases the time of the eclipse.

Keywords: *Eclipse, Tracker, Kater's Reversible Pendulum*

1. Pendahuluan

Matahari, bumi, dan bulan merupakan tiga dari jutaan objek astronomi yang ada di alam semesta. Objek astronomi ini tidak diam begitu saja di tempat mereka namun mereka mengorbit pada lintasan tertentu. Revolusi bumi bersama bulan mengelilingi

matahari bersamaan dengan bulan yang mengelilingi bumi memungkinkan ketiga benda langit ini berada pada posisi satu garis lurus yang disebut sebagai gerhana. Salah satu gerhana yang terjadi adalah gerhana matahari. Gerhana matahari merupakan posisi matahari, bulan, dan bumi berada pada satu garis lurus sehingga posisi bulan menghalangi cahaya

matahari sampai ke bumi. Bumi, bulan, dan matahari masing-masing memiliki medan gravitasi yang akan menimbulkan gaya tarikan antara benda langit tersebut. Medan gravitasi ini pertama kali ditemukan oleh Newton ketika memperhatikan apel yang jatuh dari sebuah pohon. Newton menyatakan bahwa setiap titik massa akan menarik titik massa lain oleh adanya gaya yang diproyeksikan sepanjang garis lurus yang menghubungkan kedua titik tersebut [1]. Ketika posisi ketiga benda langit ini berada pada satu garis lurus maka akan terdapat vektor medan gravitasi antara bumi, bulan, dan matahari. Akibatnya terjadi perubahan pada besar medan gravitasi di bumi. Fenomena gerhana matahari merupakan fenomena alam yang jarang terjadi sehingga akan menimbulkan perubahan yang mendadak pada bumi, seperti perubahan suhu, tekanan udara, orang-orang yang tiba-tiba tidak bergerak, dan perubahan lainnya yang dapat berpengaruh kepada medan gravitasi permukaan bumi [2]. Gravitasi bumi juga dipengaruhi oleh gerakan bumi, apabila terjadi peningkatan permukaan bumi dapat menyebabkan penurunan kecil pada gravitasi dan begitu pula sebaliknya. Adanya redistribusi massa bawah tanah akibat gerakan juga dapat menjadi penyebab berubahnya gravitasi bumi [3]. Hal inilah yang menjadi dasar dalam pengukuran perubahan medan gravitasi di permukaan bumi ketika terjadinya gerhana matahari dibandingkan dengan ketika tidak terjadinya gerhana matahari. Salah satu cara menentukan medan gravitasi permukaan adalah dengan osilasi harmonis sederhana dari ayunan bandul.

Penelitian mengenai perubahan medan gravitasi permukaan bumi selama terjadi gerhana matahari telah dilakukan beberapa kali oleh ilmuwan di seluruh dunia. Maurice Allais pada tahun 1954 pernah mengamati pengaruh gerhana matahari terhadap medan gravitasi bumi dan beliau percaya bahwa gerhana matahari dapat mempengaruhi medan gravitasi bumi [4]. Kemudian ilmuwan melakukan penelitian menggunakan bandul dan menemukan bahwa terjadi perubahan medan gravitasi pada daerah yang dilalui jalur gerhana matahari. Beberapa daerah di Indonesia merupakan jalur yang dilalui gerhana matahari pada 9 Maret 2016 ini sehingga perubahan medan gravitasi bumi sangat mungkin terjadi apabila dikaitkan dengan penemuan para ilmuwan tersebut.

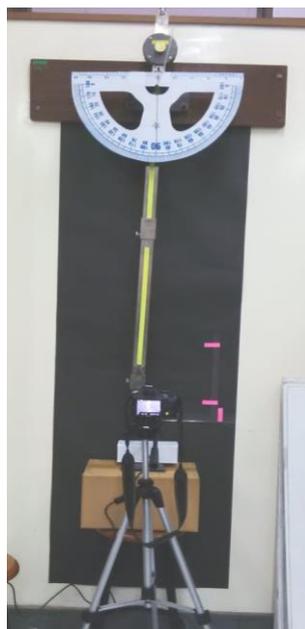
Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan penelitian tentang perubahan medan gravitasi permukaan akibat terjadinya gerhana matahari. Diantara penelitian tersebut menyatakan bahwa terjadi peningkatan medan gravitasi permukaan ketika terjadinya gerhana matahari total [5]. Akan tetapi pengukuran tersebut dilakukan menggunakan bandul matematis yang dipandang memiliki kemungkinan terjadinya kesalahan cukup besar. Pada penelitian sebelumnya tersebut, bandul matematis juga ditempatkan pada ruang terbuka sehingga efek konik dan rotasi pada bandul sangat mungkin terjadi. Cara menentukan periode ayunan bandul selama terjadinya

gerhana matahari juga tidak dijelaskan oleh peneliti. Oleh karena itu kami melakukan perbaikan pengukuran medan gravitasi permukaan ini menggunakan bandul fisis (*Kater's reversible pendulum*) sehingga efek konik dan rotasi dapat diatasi. Bandul diayunkan dengan sudut ayunan yang sangat kecil yaitu kurang dari 3^0 sehingga ayunan bandul merupakan osilasi harmonik sederhana. Ayunan bandul direkam menggunakan kamera yang mempunyai resolusi tinggi. Perhitungan periode ayunan bandul dilakukan menggunakan aplikasi *tracker*. *Tracker* merupakan aplikasi untuk menganalisis video yang didirikan oleh *Open Source Physics (OSP) Java Framework*. Penentuan periode menggunakan aplikasi ini dipandang lebih teliti karena dengan mengkalibrasi skala, menentukan koordinat, dan menentukan titik pusat massa yang akan dianalisis maka aplikasi ini dapat bekerja sendiri sesuai dengan karakteristik titik pusat massa yang telah ditentukan. Apabila periode ayunan bandul dan panjang batang bandul fisis diketahui maka medan gravitasi permukaan dapat diketahui.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini besar medan gravitasi permukaan Bumi (g) akibat gerhana matahari sebagian diperoleh dengan menggunakan periode bandul. Bandul dalam penelitian ini menggunakan alat *Kater's reversible pendulum*, yaitu bandul fisis (*physical pendulum*) yang merupakan benda tegar digantungkan sehingga benda dapat berayun dalam bidang vertikal terhadap sumbu yang melalui benda tersebut [6].

Pengambilan data dilakukan selama 3 hari berturut-turut, yaitu pada tanggal 8, 9 dan 10 Maret 2016 pada pukul 07:00 sampai 08.00 WIB yang bertempat di Bandung dengan koordinat $6^{\circ}51'48''$ LS, $107^{\circ}35'40''$ BT di Laboratorium Fisika Dasar Universitas Pendidikan Indonesia. Bandul di atur sedemikian rupa dan dilengkapi dengan busur yang digunakan untuk melihat sudut simpangan bandul. Selain itu pada bandul juga ditempelkan warna mencolok sebagai titik massa untuk memudahkan menganalisis data menggunakan aplikasi *tracker*. Bandul fisis diset seperti gambar 1 berikut.



Gambar 1. *Kater's reversible pendulum dilengkapi dengan busur dan titik massa diberi warna mencolok*

Gerak ayunan bandul pada alat *Kater's reversible pendulum* direkam oleh kamera yang memiliki resolusi tinggi (*high definition*) dengan kecepatan pengambilan gambar *24 frame per secon (fps)* dan video hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan *Tracker* agar didapatkan periode ayunan bandul. *Tracker* merupakan *Software* untuk menganalisis video yang dikembangkan oleh *Open Source Physics (OSP)* dengan kerangka *Java*. *Software* ini dirancang dengan berbagai fitur, termasuk pelacakan objek terhadap posisi, kecepatan dan percepatan, grafik, beberapa kerangka acuan, titik kalibrasi, garis profil untuk analisis spektrum dan pola, serta model partikel dinamis. Penggunaan aplikasi *tracker* ini sudah banyak digunakan dalam menentukan parameter objek yang bergerak [7,8].

Video yang telah direkam dengan kamera diunduh ke dalam *Tracker* untuk di analisis. Pertama-tama, video tersebut diberi sumbu koordinat (*axis*) dan tongkat kalibrasi (*calibration stick*). Kemudian memulai *trek* dengan memilih titik massa yang

bentuknya disesuaikan dengan bandul fisis tersebut, dalam penelitian ini bandul fisis diberi tanda lingkaran agar memudahkan dalam proses pengetrekan. Setelah itu, tekan tombol *ctrl+shift* untuk melakukan *track* secara otomatis. Dari pengetrekan tersebut dihasilkan sejumlah data dan grafik. Data yang telah diperoleh dari *Tracker* disalin ke *Microsoft Excel* untuk diolah agar memperoleh periode dan percepatan gravitasi. Dalam penelitian ini bandul fisis disimpangkan dengan sudut yang kecil yaitu 3° , sehingga besar periode bandul fisis sebagai berikut.

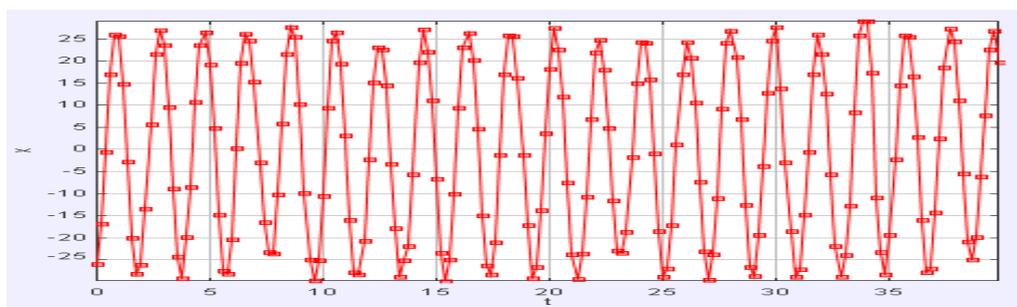
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \tag{1}$$

Dimana l adalah panjang lempengan pipih dan g adalah percepatan gravitasi. Sehingga dari persamaan tersebut, data yang telah diperoleh dari *Tracker* dapat ditentukan besar percepatan gravitasinya dengan mengetahui nilai l (panjang *Kater's reversible pendulum*) dan T (periode) secara statistik, persamaannya adalah :

$$g = 4\pi^2 \left(\frac{l}{T^2} \right) \tag{2}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini lakukan untuk mengetahui besar medan gravitasi bumi akibat gerhana matahari sebagian dengan menggunakan bandul fisis *kater's reversible pendulum*. Bandul fisis di simpangkan 3° kemudian dihitung periodenya dengan merekam pergerakan bandul fisis menggunakan kamera beresolusi tinggi. Video pergerakan bandul diambil selama 1 jam yang kemudian dibagi setiap lima menit. Hasil pengolahan data menggunakan *tracker* akan menghasilkan grafik $x = f(t)$ sebagai berikut.

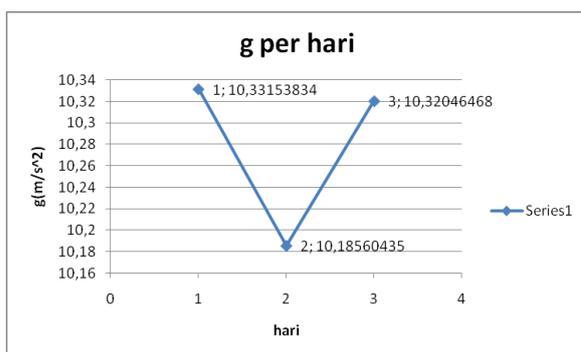


Grafik 1. *Grafik simpangan terhadap waktu*

Dari tracker diperoleh data simpangan (x) beserta waktu (t) yang ditempuh pergerakan bandul fisis tersebut. Periode diperoleh dengan menghitung selisih waktu ketika simpangan terjauh hampir sama. Pada grafik 1, dapat dilihat bahwa simpangan terjauh dari ayunan bandul tidak konstan. Periode yang diambil adalah periode ketika simpangan terjauh bandul relatif sama atau ayunan bandul dipandang bergerak harmonik sederhana. Ketika ayunan bandul dipandang bergerak harmonik sederhana maka periode ayunan bandul dipandang sama. Titik pertama sampai titik keempat pada grafik memiliki simpangan terjauh relatif sama. Kemudian periode dihitung melalui selisih waktu antara titik tersebut. Periode yang diperoleh kemudian dirata-ratakan setiap lima menit. Kemudian dari data hasil rata-rata periode, maka besar medan gravitasi permukaan bumi rata-rata setiap lima menit dapat diperoleh. Setelah diperoleh data medan gravitasi permukaan bumi rata-rata setiap lima menit maka medan gravitasi permukaan bumi rata-rata selama satu jam dapat ditentukan. Berikut ini adalah hasil pengolahan data rata-rata medan gravitasi bumi selama satu jam per hari yang ditunjukkan melalui tabel 1.

Tabel 1. Hasil rata-rata medan gravitasi permukaan bumi

No	Hari/ Tanggal	Rata-Rata Medan Gravitasi Permukaan (g)
1.	Selasa/ 8 Maret 2016	10,33153834
2.	Rabu/ 9 Maret 2016	10,18560435
3.	Kamis/ 10 Maret 2016	10,32046468

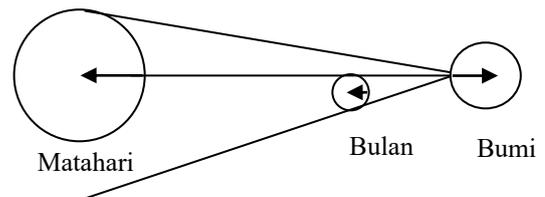


Grafik 2. Grafik medan gravitasi permukaan terhadap hari

Percobaan menunjukkan bahwa pada saat terjadi gerhana matahari 9 Maret 2016, medan gravitasi permukaan bumi mengalami perubahan dibandingkan sehari sebelum dan sehari sesudah terjadinya gerhana matahari. Hasil percobaan pada hari selasa atau sehari sebelum gerhana matahari diperoleh rata-rata besar

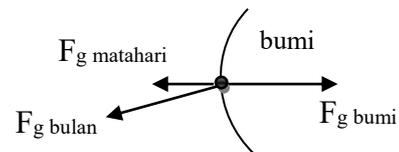
medan gravitasi permukaan bumi sebesar 10,33153834, pada hari Rabu ketika terjadi gerhana matahari sebesar 10,18560435, dan pada hari Kamis sehari setelah terjadinya gerhana matahari sebesar 10,32046468. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa medan gravitasi permukaan bumi rata-rata menurun pada hari terjadinya gerhana matahari.

Penurunan rata-rata medan gravitasi permukaan bumi pada saat terjadinya gerhana matahari disebabkan oleh adanya resultan gaya antara matahari, bulan, dan bumi. Arah medan gravitasi matahari, bulan, dan bumi adalah menuju ke pusat seperti yang ditunjukkan gambar 1.



Gambar 1. Gerhana matahari sebagian dan gaya gravitasi matahari, bulan, dan bumi.

Berdasarkan gambar di atas, suatu tempat di permukaan bumi akan mengalami gaya tarik dari matahari, bulan, dan bumi. Resultan gaya tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2. Resultan gaya yang bekerja di suatu tempat di permukaan bumi.

Dari gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa resultan gaya tarik gravitasi bulan dan matahari lebih besar dibandingkan gaya tarik gravitasi bumi di suatu tempat di permukaan bumi. Hal inilah yang menyebabkan hasil pengukuran medan gravitasi permukaan bumi menurun akibat terjadinya gerhana matahari.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yang, X (2002) yang juga menemukan adanya penurunan medan gravitasi bumi akibat adanya gerhana matahari walaupun dalam orde yang sangat kecil. Adanya pergerakan bumi disebutkan sebagai faktor penyebab terjadinya perubahan besar medan gravitasi permukaan bumi.

Hasil penelitian menunjukkan besar medan gravitasi permukaan bumi diperoleh di angka 10. Hal ini disebabkan oleh spesifikasi alat yang digunakan menghasilkan hasil perhitungan di angka 10 bukan 9,8 m/s² yang merupakan rata-rata medan gravitasi permukaan bumi.

4. Simpulan

Percobaan dilakukan untuk mengetahui apakah ada pengaruh terjadinya gerhana matahari terhadap medan gravitasi permukaan bumi. Mengingat bahwa gerhana matahari hanya mungkin terjadi pada bulan baru dan tergantung posisi bulan dan bumi terhadap matahari. Akibat adanya perubahan posisi matahari, bulan, dan bumi ketika terjadinya gerhana matahari, memungkinkan terjadinya perubahan pada nilai medan gravitasi permukaan bumi ketika gerhana matahari terjadi. Hal ini disebabkan oleh adanya gaya tarik gravitasi dari benda langit yang ada di sekitar bumi yaitu bulan dan matahari. Medan gravitasi masing-masing dari bulan dan matahari akan menarik benda lain disekitarnya untuk jatuh menuju benda tersebut. Hasil percobaan yang ditunjukkan secara ringkas oleh Table 1 membuktikan bahwa terjadi perubahan medan gravitasi selama gerhana matahari.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada seluruh tim peneliti beserta staf dosen atas kerjasama dan diskusi yang membangun dan mendukung terlaksananya penelitian hingga menghasilkan tulisan ini.

Daftar Acuan

- [1] Newton, I (1846). *Mathematical Principles of Natural Philosophy*. New York :45 Liberty Street.
- [2] Phil McKenna. (2009). *Eclipse Sparks Hunt for Gravity Oddity*. Beijing: NewScientist.
- [3] Yang, X & Wang, Q. Gravity Anomaly thE Mohe Total Solar Eclipse and New Constraint on Gravitational Shielding Parameter, *Astrophysics and Space Science*. 282(2002), p. 245-253.
- [4] Can an Eclipse Change Gravity? [Online]. Tersedia di: www.windows2.universe.org/headline_universe/gravity_eclipse.html.
- [5] Zainuddin, M.Z, et all. Acceleration due to Gravity Changes during Solar Eclipse Phases, *IEEE International Conference on Space Science and Communication*. (2011), p. 170-173.
- [6] Halliday & Resnick. (1977.). *Fisika*, Jilid 1 Edisi ketiga. Terjemahan Pantur Silaban. Jakarta: Erlangga.
- [7] Afifah, Nur, dkk. *Metode Sederhana Menentukan Percepatan Gravitasi Bumi Menggunakan Aplikasi Tracker Pada Gerak Parabola Sebagai Media dalam Pembelajaran Fisika Sma*. Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015, p. 305-308.
- [8] Marliani, Fitri, dkk. *Penerapan Analisis Video Tracker dalam Pembelajaran Fisika SMA Untuk Menentukan Nilai Koefisien Viskositas Fluida*. Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015, p. 333-336.

