



## UNJUK KERJA *LUX METER* DAN *SKY QUALITY METER* DALAM PENGAMATAN GERHANA MATAHARI CINCIN 26 DESEMBER 2019

Judhistira Aria Utama<sup>1\*</sup>, Cahyo Puji Asmoro<sup>2</sup>, Hendro Setyanto<sup>3</sup>, Nanang Dwi Ardi<sup>4</sup>,  
Taufik Ramlan Ramalis<sup>5</sup>

<sup>1,4</sup>Program Studi Fisika, Departemen Pendidikan Fisika, FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Pendidikan Fisika, FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia

<sup>3</sup> Imah Noong, Lembang

<sup>5</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, Departemen Pendidikan Fisika, FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia

\*Alamat Korespondensi: [j.aria.utama@upi.edu](mailto:j.aria.utama@upi.edu)

### ABSTRAK

Telah dilakukan pengamatan Gerhana Matahari Cincin dan pengukuran iluminansi (*Lux Meter*) serta kecerahan langit (*Sky Quality Meter*) selama terjadinya gerhana, masing-masing oleh Tim Pengamat Gerhana Matahari (TOGEMA) UPI di Kabupaten Siak Riau dan Tim Imah Noong di kota Singkawang Kalimantan Barat. Data pengukuran *Lux Meter* yang telah melalui proses koreksi terhadap jarak zenit Matahari dari cakrawala di Kabupaten Siak dirajah sebagai fungsi waktu. Hal yang sama dilakukan terhadap hasil pengukuran *Sky Quality Meter* yang diperoleh di kota Singkawang. Dengan kecerahan langit terendah senilai 11,65 mag./[ $^{\circ}$ ]<sup>2</sup> yang diperoleh dengan instrumen *Sky Quality Meter*, hal ini menunjukkan bahwa kondisi langit pada saat tersebut masih cukup terang. Diperoleh ambang batas magnitudo objek langit sebesar -2,02 magnitudo, yang berarti diperlukan magnitudo yang lebih terang dari nilai tersebut untuk dapat dikesani dengan mata telanjang pada saat puncak gerhana. Nilai terendah pengukuran *Lux Meter* dan *Sky Quality Meter* masing-masing sebesar 5162 lux (12:15 WIB) dan 11,65 mag./[ $^{\circ}$ ]<sup>2</sup> (12:42 WIB). Berdasarkan prediksi teoretik, gerhana maksimum terjadi pada 12:18 WIB di Kabupaten Siak dan 12:42 WIB di kota Singkawang. Terlihat bahwa hasil pengukuran *Lux Meter* dan *Sky Quality Meter* sama-sama mendekati waktu kejadian menurut perhitungan teoretik. Waktu-waktu terjadinya kontak antara piringan Bulan dan Matahari tidak dapat diperoleh dari profil iluminansi dan kecerahan langit yang diperoleh, namun momentum puncak gerhana dapat dengan mudah dikenali dari perubahan terbesar yang terjadi.

© 2021 Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI

Kata kunci: Gerhana Matahari Cincin, Iluminansi, Kecerahan Langit

### PENDAHULUAN

Musim gerhana pada tahun 2019 dimulai pada awal tahun. Menurut informasi yang tersedia di laman <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/> pada sepanjang tahun 2019 sudah terjadwal lima peristiwa gerhana yang terdiri atas tiga gerhana Matahari (6 Januari, 2 Juli, dan 26 Desember) dan dua gerhana Bulan (21 Januari dan 17 Juli). Dari ketiga peristiwa gerhana Matahari (secara berturut-turut adalah gerhana Matahari sebagian/GMS, gerhana Matahari total/GMT, dan gerhana Matahari cincin/GMC), hanya peristiwa GMC pada akhir tahun yang dapat dinikmati oleh pengamat langit di Indonesia. Demikian pula untuk kedua fenomena gerhana Bulan (berturut-turut gerhana Bulan total/GBT dan

gerhana Bulan sebagian/GBS), hanya gerhana Bulan yang terakhir kali di bulan Juli yang dapat diamati dari wilayah Indonesia.

Fenomena GMC yang terakhir kali dapat diamati dari wilayah Indonesia terjadi pada 26 Januari 2009 silam, yaitu gerhana Matahari ke-51 dari total 71 gerhana Matahari dengan nomor Saros 131. Peristiwa GMT 9 Maret 2016 dengan nomor Saros 130 juga menjadi GMT terakhir yang dapat diamati dari Indonesia, sebelum terulang kembali pada 20 April 2023 yang akan datang dengan jenis yang lebih langka, yaitu gerhana Matahari hibrida (GMT dan GMC sekaligus sebagai akibat kurvatur Bumi).

Selain menjadi atraksi langit yang spektakuler untuk diamati dengan prosedur baku yang menjamin keamanan pengamat, fenomena gerhana Matahari juga telah memicu dilakukannya berbagai eksperimen berkaitan dengan kesejarisan posisi Matahari–Bulan–Bumi di langit. Setyadin dkk. (2016) dan Sholihat dkk. (2016) memanfaatkan peristiwa GMT 9 Maret 2016 dalam mendeteksi adanya anomali kuat medan gravitasi permukaan Bumi, masing-masing menggunakan instrumen bandul matematis dan *Kater's reversible pendulum* dengan bantuan Tracker dalam analisisnya. Hal serupa dilakukan pula oleh Nugraha dkk. (2020) dengan memanfaatkan momentum kesejarisan ketiga benda langit di atas dalam dua peristiwa gerhana Bulan total (GBT) pada 31 Januari dan 28 Juli 2018.

Menggunakan fotometer saku *Sky Quality Meter* (SQM) tipe LU, Wijaya dkk. (2016) mengukur perubahan kecerahan langit sepanjang fase-fase GMT 9 Maret 2016. Analisis terhadap profil kecepatan angin, temperatur, dan tekanan atmosfer pun dilakukan Riza dkk. (2016) menggunakan pengelompokan deret waktu (*time series clustering*).

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pengukuran luminansi (ukuran terang suatu sumber cahaya, dinyatakan dalam satuan Candela per meter persegi

atau yang setara dengannya) dan iluminansi (ukuran banyaknya cahaya yang tiba di suatu permukaan, dinyatakan dalam satuan lux atau yang setara dengannya) selama fenomena GMC 26 Desember 2019, guna mengetahui keandalan alat ukur sederhana yang digunakan dalam menghasilkan besaran-besaran terukur dan mengiden-tifikasi waktu-waktu kontak selama keseluruhan fase gerhana Matahari. Keandalan alat ukur akan ditentukan secara langsung dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap hasil perhitungan model teoretik yang telah diketahui sebelumnya.

## METODE

Metode eksperimen melalui pengukuran *in situ* telah dilakukan menggunakan instrumen *Lux Meter* untuk mengukur iluminansi di Kp. Bunsur, Kab. Siak, Provinsi Riau ( $\phi = 0^{\circ} 55' \text{ LU}$ ,  $\lambda = 103^{\circ} 9' \text{ BT}$ ) dan *Sky Quality Meter* (SQM) dalam pengukuran luminansi di Pantai Samudra Indah, Provinsi Kalimantan Barat ( $\phi = 0^{\circ} 50' \text{ LU}$ ,  $\lambda = 108^{\circ} 52' \text{ BT}$ ). Penempatan instrumen *Lux Meter* yang digunakan ditunjukkan dalam Gambar 1. Kedua lokasi pengamatan di atas sama-sama berada di jalur cincin GMC.



Gambar 1. *Lux Meter* terpasang di sebuah tripod dengan posisi detektor horizontal menghadap ke zenit. Terpasang bersama *Lux Meter* adalah kamera  $360^{\circ}$

*Lux Meter* yang digunakan merupakan produk dari N&T seri NT-1332 yang memiliki layar digital dengan rentang pengukuran 200 lux hingga 200.000 lux. Detektor cahaya instrumen ini menggunakan fotodiode silikon. Dalam pengukuran yang dilakukan, detektor selalu diposisikan horizontal menghadap ke arah zenit.

Instrumen SQM memiliki detektor TAOS TSL 237S (fotodiode silikon). Berdasarkan informasi yang tersaji dalam Kyba dkk. (2011), fotometer SQM memiliki ketidak-pastian pengukuran 10% (0,1 magnitudo per detik busur kuadrat,  $\text{mag}/["]^2$ ). Untuk menghindari saturasi dalam pembacaan luminansi saat pengamatan GMC, SQM diberi tambahan filter Matahari ND5. Selama pengamatan pula, SQM terpasang di teleskop bermotor untuk membuat detektor senantiasa mengarah ke posisi Matahari sambil terhubung ke sebuah laptop untuk merekam data. Referensi terkait proses kalibrasi SQM dapat dijumpai dalam Pravettoni dkk. (2016).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

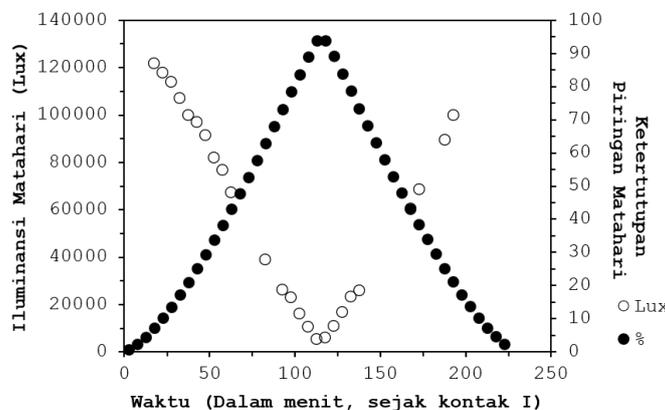
Dalam gerak semu hariannya, posisi Matahari terlihat berubah di bola langit karena rotasi Bumi. Di Kp. Bunsur, fase gerhana sebagian dimulai pada pukul 10:35 WIB saat Matahari berada di ketinggian  $\sim 55^\circ$  di azimuth  $136^\circ$  (azimut  $0^\circ$  berada di arah utara sejati dan pergerakan sudut azimuth ke arah timur). Momentum puncak gerhana berlangsung pada 12:18 WIB dengan ketinggian Matahari saat tersebut

$65,5^\circ$  di azimuth  $187,5^\circ$ . Fase sebagian untuk yang kedua kali, berakhir pada 14:01 WIB ketika posisi Matahari sudah bergeser ke barat meridian di ketinggian  $50^\circ$  dengan sudut azimuth  $230^\circ$ .

Untuk memperoleh hasil pengukuran berupa *direct normal irradiance* (DNI) sepanjang fase GMC, hasil pengukuran *Lux Meter* dengan posisi horizontal (*Global Horizontal Irradiance* – GHI) perlu dikoreksi terhadap jarak zenit Matahari melalui relasi sederhana di dalam Persamaan (1) (Gueymard & Myer, 2008):

$$I_{maks} = I_b / \cos(z) \quad (1)$$

dengan  $I_b$  menyatakan iluminansi yang diukur dengan posisi detektor horizontal menghadap ke zenit dan  $z$  adalah jarak zenit ( $= 90^\circ - h$ ;  $h \equiv$  ketinggian Matahari dari horizon). Ketinggian Matahari dari waktu ke waktu dapat diperoleh dengan menerapkan trigonometri bola yang memerlukan nilai masukan berupa lintang geografis lokasi ( $\phi$ ), deklinasi ( $\delta$ ) Matahari, dan sudut jam (*Hour Angle* – HA; mendeskripsikan berapa jauh Matahari dari meridian). Hasil pengukuran *Lux Meter* yang telah dikoreksi dan hanya menyertakan data yang relatif tidak terganggu kehadiran awan, ditampilkan dalam Gambar 2. Dalam Gambar 2 turut dirajah pula prediksi teoretik persentase ketertutupan piringan Matahari oleh piringan Bulan selama fase-fase gerhana.

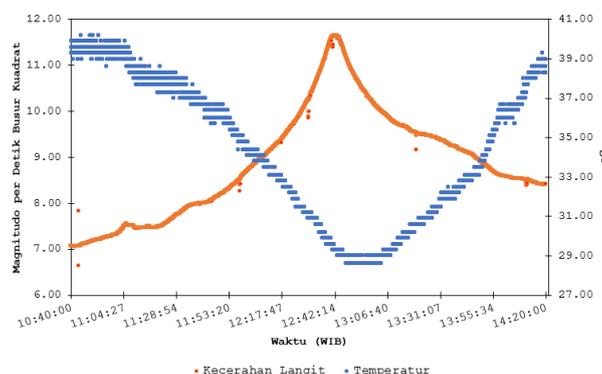


Gambar 2. Hasil pengukuran DNI dan model teoretik ketertutupan piringan Matahari.

Dari Gambar 2 terlihat bahwa hasil pengukuran DNI yang telah dikoreksi memperlihatkan profil yang berlawanan terhadap profil persentase ketertutupan piringan Matahari oleh piringan Bulan yang diperoleh dengan model matematis. Tampak jelas kesesuaian waktu yang dicapai oleh nilai DNI terendah dan fraksi terkecil permukaan Matahari yang menandai momentum puncak gerhana. Nilai DNI terendah (= 5162 lux) yang terekam bertepatan dengan 113 menit sejak awal fase sebagian (= pukul 12:15 WIB). Perhitungan astronomis memprediksi puncak gerhana terjadi pada 12:18 WIB. Ketelitian perhitungan dengan algoritma yang rumit ini mencapai orde detik. Artinya, hasil pendeteksian *Lux Meter* menunjukkan kesesuaian yang baik, dengan hanya berselisih tiga menit (lebih awal) dari waktu aktualnya.

Hasil pengukuran luminansi menggunakan SQM di Pantai Samudra Indah,

Bengkayang, Kalimantan Barat, ditunjukkan dalam Gambar 3. Dari Gambar 3 terlihat bahwa hasil pengukuran SQM memperoleh nilai kecerahan terendah sebesar  $11,65 \text{ mag}/[^\circ]^2$  pada saat 12:42 WIB. Dengan nilai kecerahan langit di atas, kondisi saat puncak gerhana masih cukup terang, bersesuaian dengan nilai batas ambang mata telanjang (*Naked Eye Limiting Magnitude – NELM*) sebesar  $-2,02$ . Artinya, objek langit selain Matahari, harus memiliki nilai magnitudo sebesar  $< -2,02$  magnitudo untuk dapat dikesani dengan mata telanjang pada saat tersebut. Sebagai perbandingan, Sirius ( $\alpha$  *Canis Majoris*) yang merupakan bintang paling terang di langit malam, hanya memiliki magnitudo visual sebesar  $-1,46$ . Hal ini tentu berbeda dengan peristiwa gerhana Matahari total (GMT) saat piringan Matahari tertutup secara sempurna oleh piringan Bulan.



Gambar 3. Profil kecerahan langit dan temperatur di lokasi Pantai Samudra Indah, Bengkayang, Kalimantan Barat

Profil yang berlawanan antara kecerahan langit dan temperatur juga teramati dalam Gambar 3 sebagaimana halnya iluminansi dan persentase ketertutupan piringan Matahari dalam Gambar 2. Di lokasi Samudra Indah, momentum puncak gerhana berlangsung pada 12:42 WIB dengan ketinggian Matahari saat tersebut  $62^\circ$  di azimuth  $209^\circ$ . Pembacaan nilai kecerahan langit terbesar (kondisi langit paling redup) diberikan SQM pada pukul 12:42 WIB, atau sama dengan waktu aktualnya hingga orde menit. Sejak awal fase sebagian hingga puncak gerhana,

dapat diidentifikasi telah terjadi perubahan kecerahan langit sebesar  $4,65 \text{ mag}/[^\circ]^2$  akibat dari  $94\%$  piringan Matahari tertutupi oleh piringan Bulan. Temperatur juga tercatat mengalami perubahan yang drastis; mencapai hingga  $10^\circ \text{ C}$  sepanjang berjalannya proses gerhana. Profil luminansi yang diperoleh dengan SQM tidak menunjukkan kehadiran fitur-fitur khas untuk membantu mengenali momen-momen kontak gerhana.

Tampak jelas ketidaksimetrian profil kecerahan langit pada sebelum dan setelah puncak gerhana, demikian pula untuk profil

temperaturnya. Laju perubahan kecerahan langit berlangsung lebih cepat sebelum puncak gerhana dibandingkan dengan laju perubahan yang terjadi setelah puncak gerhana. Kondisi yang tidak cerah sempurna dengan hadirnya awan di keseluruhan fase-fase gerhana, diduga kuat sebagai penyebabnya (Pramudya & Arkanuddin, 2016). Demikian pula, laju penurunan temperatur sebelum puncak gerhana berjalan lebih lambat daripada laju kenaikannya kembali pascapuncak gerhana. Selain itu juga teramati adanya jeda waktu selama ~20 menit sebelum temperatur kembali meningkat. Dengan menge-sampingkan kemungkinan terganggunya fungsi alat, temuan ini menarik untuk dikaji lebih lanjut.

## PENUTUP

Dengan membandingkan hasil pengukuran iluminansi dan luminansi selama fase-fase GMC terhadap waktu kejadian hasil prediksi model teoretik, terlihat bahwa instrumen SQM memperlihatkan unjuk kerja yang lebih baik daripada *Lux Meter* dalam hal perolehan waktu terjadinya puncak gerhana. Hasil pengukuran yang ditunjukkan SQM mampu mengkonfirmasi prediksi teoretik hingga orde menit. Selain itu, upaya mengidentifikasi waktu-waktu kontak selama keseluruhan fase gerhana Matahari dengan kedua instrumen tidak dapat diperoleh. Ketiadaan fitur-fitur khas dari profil kurva iluminansi maupun kecerahan langit, membuat tidak dapat dilakukannya penentuan waktu-waktu kontak gerhana. Dari nilai kecerahan langit di arah Matahari yang berhasil terekam, diperoleh bahwa meskipun piringan Matahari tertutup hingga 94% oleh piringan Bulan, kondisi saat puncak gerhana masih cukup terang. Kondisi ini tidak serta-merta memudahkan pengamat dalam mengesani kehadiran benda langit lainnya pada saat tersebut, karena masih mensyaratkan nilai ambang magnitudo yang relatif tinggi, yaitu sebesar  $-2,02$  magnitudo.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Observasi Gerhana Matahari (TOGEMA) menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Pendidikan Indonesia atas bantuan finansial yang diberikan, sehingga ekspedisi gerhana ke jalur cincin di Kab. Siak Provinsi Riau dapat terlaksana.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gueymard, C. A., & Myers, D. R. (2008). Validation and ranking methodologies for solar radiation models. In *Modeling solar radiation at the earth's surface* (pp. 479-510). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kyba, C. C., Ruhtz, T., Fischer, J., & Hölker, F. (2011). Cloud coverage acts as an amplifier for ecological light pollution in urban ecosystems. *PLoS one*, 6(3), e17307.
- Nugraha, M. G., ARIANTARA, R. G., NURJANAH, A., NUGROHO, H. S., ARIA, J., UTAMA, D. S., ... & KIRANA, K. H. (2020). Anomalies of earth surface gravity field (g) during total lunar eclipse (TLE) on January 31 and July 28 2018 using video tracker analysis on pendulum harmonic motion. *J. Eng. Sci. Technol.*, 15, 1001.
- Pramudya, Y., & Arkanuddin, M. (2016, November). The sky brightness measurement during the 2016 solar eclipse in Ternate. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 771, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.
- Pravettoni, M., Strepparava, D., Cereghetti, N., Klett, S., Andretta, M., & Steiger, M. (2016). Indoor calibration of Sky Quality Meters: Linearity, spectral responsivity and uncertainty analysis. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 181, 74-86.
- Riza, L. S., Wihardi, Y., Nurdin, E. A., Ardi, N. D., Asmoro, C. P., Wijaya, A. F. C., ... & Nandiyanto, A. B. D. (2016, November). Analysis on atmospheric pressure, temperature,

and wind speed profiles during total solar eclipse 9 March 2016 using time series clustering. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 771, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.

- Setyadin, A. H., Ferahenki, A. R., Ramayanti, S., Sholihat, F. N., Nugraha, M. G., Saepuzaman, D., ... & Kirana, K. H. (2016, October). Optimalisasi Bandul Matematis Menggunakan Tracker Dalam Penentuan Perubahan Percepatan Gravitasi Permukaan Bumi (g) Akibat Gerhana Matahari Sebagian (GMS) 9 Maret 2016. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 5, pp. SNF2016-CIP).
- Sholihat, F. N., Ramayanti, S., Setyadin, A. H., Ferahenki, A. R., Nugraha, M. G., Saepuzaman, D., ... & Kirana,

- K. H. (2016, October). Anomali Medan Gravitasi Permukaan (g) Akibat Gerhana Matahari Sebagian (GMS) 9 Maret 2016 Menggunakan Analisis Tracker Pada Kater's Reversible Pendulum. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 5, pp. SNF2016-CIP).
- Wijaya, A. F. C., Asmoro, C. P., Rochman, A. A., Ramalis, T. R., Utama, J. A., Ardi, N. D., ... & Nurfiani, D. (2016, November). Zenith sky brightness and celestial objects visibility during total solar eclipse on March 9, 2016 at Terentang Beach Bangka Island. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 771, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.