



Perbandingan diameter sudut dan selisih jarak tampak bulan menggunakan persamaan matematis ZACAAS untuk *Afocal Astrophotography* pada fenomena *Sturgeon Moon* dan *Blue Moon* sebagai bahan materi lembar kerja peserta didik

Muhammad Zahran¹, Devi Siska¹, Ripa Khodijah¹, Judhistira Aria Utama², Cahyo Puji Asmoro², Arief Rizqiyanto Achmad³

Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional Fisika (Sinafi 9.0)

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

23 September 2023

Abstract

The Cakrawala UPI Research Center (Cakrawala Sky-Discern Station), situated in Bandung, conducted a scientific investigation of the supermoon phenomenon, often referred to as the sturgeon moon and blue moon. The primary objective of this study was to ascertain the variations in angular diameter and visible distance between these phenomena in comparison to a standard full moon. Three sets of images were captured on the dates June 3, August 1, and August 31, 2023, employing consistent methodologies, instruments, and geographical locations. The instrumentation utilized included a Samsung Galaxy A12 smartphone camera, a Sky-Watcher Telescope N 130/650 Starquest EQ (a reflector telescope), and a 25mm eyepiece. It's noteworthy that all images were concurrently obtained. The distinctions among these phenomena were analyzed using specialized astronomy software, AstroimageJ. Our analysis involved calculating the difference in pixel diameter, acquired from AstroimageJ, and estimating the variance in visible distance through the application of the small angle theorem. The angular diameters, computed utilizing the mathematical equation known as ZACAAS, for the dates June 3, August 1, and August 31, were 1864", 1942", and 1969", respectively. Correspondingly, the visible distances were determined to be 368,658 km, 356,164 km, and 355,033 km. Based on this empirical data, we confidently assert that, within the context of this particular astronomical phenomenon, the blue moon exhibits macro characteristics, while the sturgeon moon displays micro attributes, owing to its larger angular diameter and shorter visible distance. These findings, derived from authentic astronomical observations conducted using the afocal astrophotography technique, hold potential for integration into educational materials for students studying astronomy.

Keywords: Supermoon · Sturgeon moon · Blue moon · Angular Diameter · Visible Distance · small angle theorem

PENDAHULUAN

Menurut <https://moon.nasa.gov/> pada bulan Agustus 2023 akan ada dua bulan purnama. Bulan purnama pertama terjadi pada tanggal 1 Agustus 2023 dan yang kedua terjadi pada 30 Agustus

✉ Muhammad Zahran
ukkcakrawalaupi@upi.edu
zahranr54@upi.edu

¹ Cakrawala UPI. Bandung, Indonesia.

² Lab. Bumi Antraiksa UPI. Bandung, Indonesia.

³ Kangwon National University. Chuncheon-si, Gangwon-do, Republic of Korea.

How to Cite: Zahran, M., Siska, D., Khodijah, R., Utama, J.A., Asmoro, C.P., Achmad, A.R. (2023). Perbandingan diameter sudut dan selisih jarak tampak bulan menggunakan persamaan matematis ZACAAS untuk *Afocal Astrophotography* pada fenomena *Sturgeon Moon* dan *Blue Moon* sebagai bahan materi lembar kerja peserta didik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 2(1), 446-452. <http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>

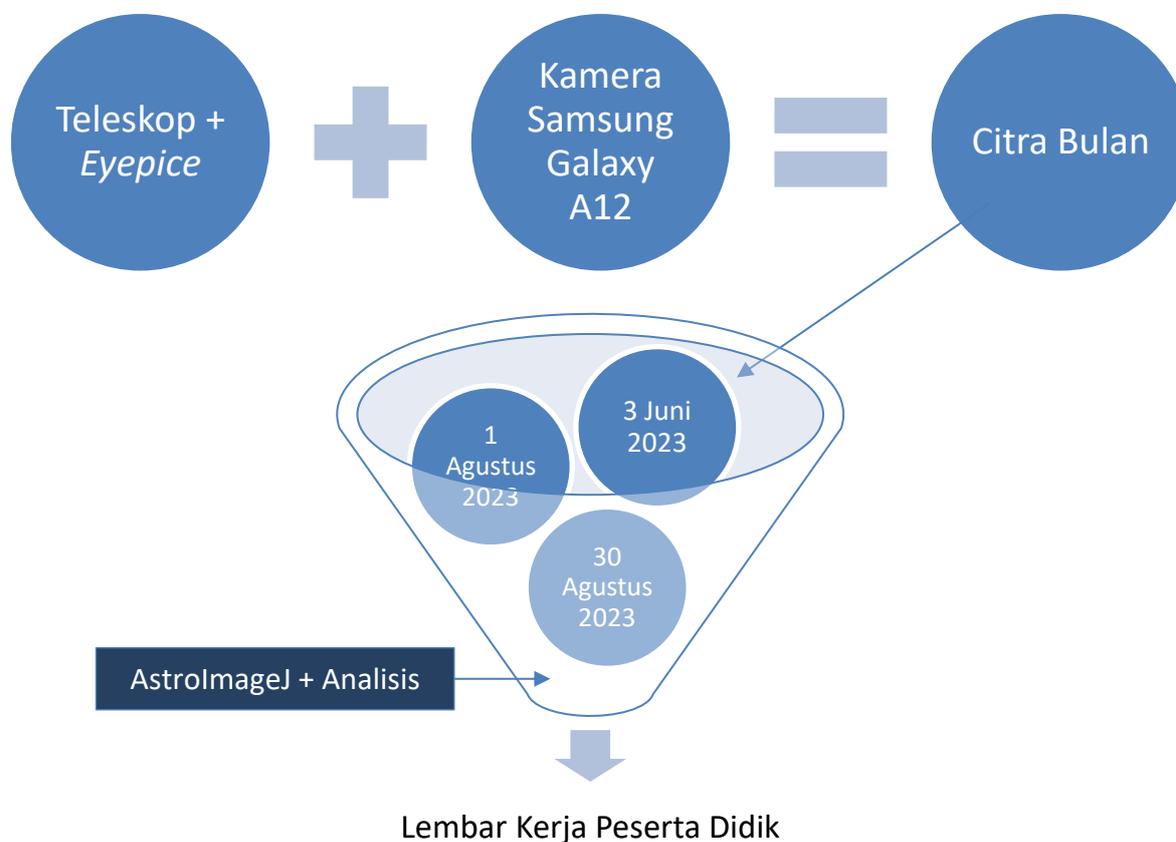
2023. NASA juga menegaskan bahwa keduanya adalah *supermoon*. Dikatakan *supermoon* mengacu pada seorang astrolog bernama Richard Nolle pada 1979, yang menyatakan bahwa bulan baru atau bulan purnama yang berada di 90% perigee (jarak terdekat bulan di orbit eliptiknya terhadap bumi) disebut sebagai *supermoon*. Kedua *supermoon* ini memiliki julukan tersendiri. Bulan purnama yang pertama (1 Agustus 2023), menurut Almanak Maine Farmer, disebut sebagai *Sturgeon Moon*. Bulan purnama yang kedua disebut sebagai *Blue Moon*. *Blue Moon* adalah sebutan bulan purnama yang kedua ketika terdapat dua bulan purnama dalam satu bulan masehi. Fenomena ini merupakan fenomena yang jarang terjadi, dari NASA/JPL-Caltech, menyatakan bahwa *Super blue moon* dapat terjadi dalam rata-rata 10 tahunan (bervariasi dari dua bulan sampai dengan dua dekade), *super blue moon* selanjutnya akan terjadi pada Januari dan Maret 2037. *Super blue moon* merupakan fenomena yang jarang dibicarakan dibandingkan dengan fenomena astronomi lainnya seperti gerhana bulan. Namun, tidak menutup kemungkinan mempelajari fenomena ini lebih lanjut. Terdapat beberapa hal yang dapat dipelajari dari fenomena ini, seperti perubahan besar tampak bulan, selisih jarak tampak, kecerahan bulan, fisiologi manusia dan hewan, serta oseanografi (D’Orazio-Bradfield, dkk., (2023); Haddout, dkk., (2015); Portugal, dkk., (2019); Riama, dkk., (2021)).

Untuk mendeteksi perubahan besar tampak bulan antara fenomena *supermoon*, *super blue moon*, dan bulan purnama (biasa), dibutuhkan citra dari ketiganya. Citra tersebut kemudian dianalisis menggunakan *software* astronomi dengan salah satu parameter yang dapat mengindikasikan perubahan besar tampaknya, seperti diameter atau luasan. Citra diperoleh menggunakan teknik dan instrumen tertentu. Tentunya, teknik dan instrumen ini harus konsisten dan tidak diberikan perlakuan yang berbeda dalam pengambilan ketiga citra sehingga spesifikasi citra yang dihasilkan juga sama dan tidak berbeda satu sama lain. Teknik yang mungkin digunakan dan yang paling sederhana adalah *afocal astrophotography*. *Afocal astrophotography* adalah teknik mengarahkan dan menyelaraskan sebuah lensa kamera ke *eyepiece* suatu teleskop (Haworth, 2005). Instrumen yang dapat digunakan adalah kamera, teleskop, dan *software* astronomi. Kamera yang digunakan bisa kamera apa saja, dari DSLR sampai dengan kamera *smartphone*. Teleskop yang digunakan disarankan teleskop yang diketahui spesifikasinya, dari panjang fokus hingga bukaanannya. *Software* yang dapat digunakan adalah *software* yang dapat mengolah citra astronomi dan memberikan informasi saintifik seperti pixel citra ataupun koordinat titik dalam citra. Dari beberapa uraian di atas, penulis berfokus pada studi perubahan besar tampak bulan dan selisih jarak tampak fenomena *sturgeon moon* dan *blue moon* untuk mengenalkan pada pembaca analisis sederhana dari fenomena astronomi.

Hasil deteksi di atas juga nantinya akan dibuat sebagai suatu materi belajar dalam lembar kerja peserta didik yang berdasarkan fenomena alami. Diharapkan dari proses dan hasil deteksi tersebut di atas, peserta didik dapat melakukan secara mandiri, memperoleh citra astronomi apapun dan mengolahnya untuk memperoleh informasi saintifik serta sekaligus meningkatkan keterampilan-keterampilan yang relevan seperti keterampilan mengobservasi, menganalisis, dan menyimpulkan, beberapa keterampilan yang dibutuhkan dalam pembelajaran sains (Elvanisi, dkk., (2018); Rosa, (2017); Sayekti, dkk., (2017)).

METODE

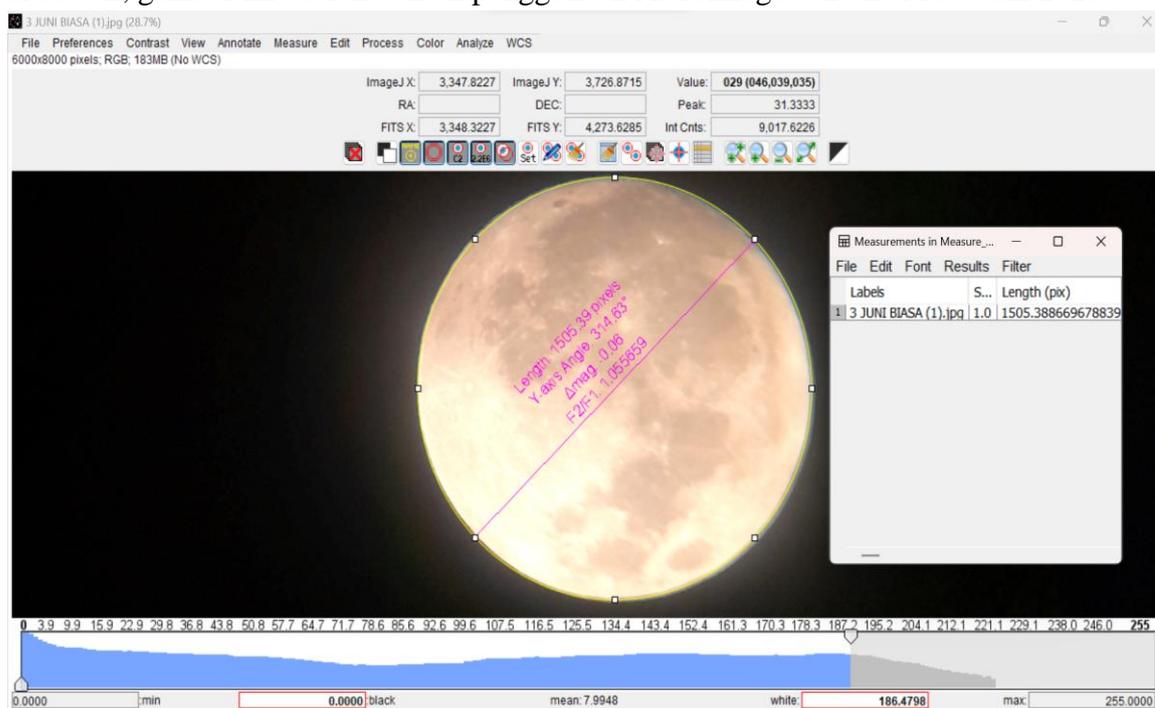
Jenis penelitian ini adalah observasi, dilakukan di 3 waktu berbeda, dan di lokasi yang sama. Objek yang diamati adalah Bulan. Waktu dilakukannya observasi dilaksanakan sekitar pukul 19.00 WIB pada tanggal 3 Juni, 1 Agustus, dan 30 Agustus 2023, di Cakrawala *Sky-Discern Station* (stasiun pengamatan langit Cakrawala, $\phi = 6^{\circ}51'18,72''$ LS dan $\lambda = 107^{\circ}35'2''$ BT). Instrumen yang digunakan adalah teleskop, kamera *smartphone*, laptop, dan *software* AstroimageJ. Teleskop yang digunakan adalah teleskop pemantul dengan panjang fokus 650 mm dilengkapi dengan *eyepiece* 25 mm. Kamera *smartphone* yang digunakan adalah kamera Samsung Galaxy A-12 dengan panjang fokus maksimal kamera 35 mm, dan *pitch size* 1,1 μm . Alur penelitian data dapat dilihat pada gambar 1 di bawah.



Gambar 1. Alur diagram penelitian

Penelitian dilakukan berdasarkan langkah-langkah berikut, pertama teleskop dan *eyepiece* dipasang di lokasi pengamatan, kemudian teleskop diarahkan ke bulan hingga posisi bulan nampak di tengah *eyepiece*. Kedua, citra bulan diperoleh menggunakan kamera Samsung Galaxy A12 melalui *eyepiece*, teknik ini diklasifikasikan sebagai *afocal astrophotography* (Haworth, 2005). Citra yang diperoleh memiliki hasil yang sama untuk panjang fokus, *shutter speed*, dan ISO. Ketiga, rangkaian pemerolehan citra dilakukan selama 3 kali, di waktu yang telah dituliskan di atas.

Keempat, setiap citra yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan *software* AstroimageJ. Dari *software* AstroimageJ diperoleh informasi panjang pixel, pixel yang diukur adalah pixel diameter bulan. Untuk memperoleh pixel diameter bulan, citra bulan terlebih dahulu diidentifikasi bentuknya menggunakan *oval shape* pada AstroimageJ. Setelah identifikasi selesai, akan tampak titik-titik di sekitar keliling bulan. Titik-titik tersebut apabila dihubungkan akan melalui titik pusat bulan, sehingga panjang terbesar dari kombinasi kedua titik yang melalui pusat bulan diasumsikan sebagai diameter bulan. Dapat dilihat pada gambar 2 di bawah, gambar ini adalah contoh penggunaan AstroimageJ untuk citra 3 Juni 2023.



Gambar 2. AstroImageJ untuk 3 Juni 2023

Kelima, panjang pixel kemudian ditransformasi ke dalam diameter sudut menggunakan persamaan matematis ZACAAS. ZACAAS adalah persamaan matematis yang diusulkan untuk teknik *afocal astrophotography*, persamaan ini dipengaruhi oleh penelitian Achmad, dkk. (2017) yang menggunakan persamaan *Plate scale* dan *Pitch width* untuk memperoleh panjang sudut prominensa dan korona matahari. Pada penelitiannya, Achmad, dkk. (2017) menggunakan teknik *prime focus astrophotography*, di mana sensor kamera digital dihubungkan langsung dengan teleskop tanpa menggunakan *eyepiece* (Niederriter, dkk., 2012). Pada *prime focus astrophotography* persamaan yang digunakan oleh Achmad, dkk. (2017) dapat digunakan, namun pada penelitian ini, model matematis yang digunakan berbeda dan perlu koreksi dari persamaan yang digunakan Achmad, dkk. (2017). Model matematis yang ditawarkan itu dinamakan ZACAAS kependekan dari *Zahran-Aria-Cahyo-Arief-Afocal-Solution*. Achmad, dkk. (2017) menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$(\text{"}) = \frac{206265''}{F} \square pw \tag{1}$$

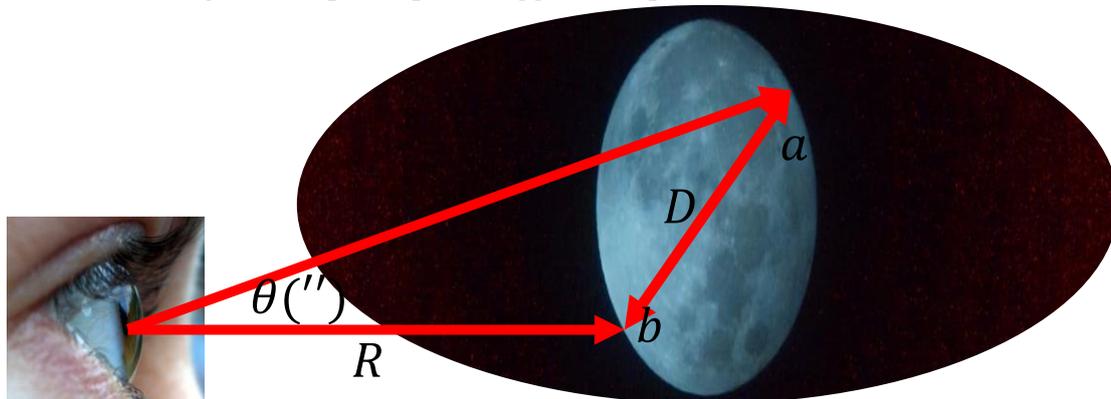
(") panjang sudut dalam arcsec, pw dinyatakan sebagai *pitch width* didefinisikan sebagai jarak antarpixel pada sensor kamera (μm), F panjang fokus teleskop (mm) (Achmad, dkk. 2017). Persamaan yang diusulkan (ZACAAS) sebagai berikut.

$$(") = \frac{206265"}{f_{ab}f_{ak}}(f_{ab} + f_{ak})(pw)(r_{ZACAAS}) \quad (2)$$

Persamaan di atas telah memperhitungkan kinerja teleskop, *eyepiece*, dan kamera *smartphone* yang digunakan untuk suatu citra. r_{ZACAAS} adalah rasio panjang fokus kamera yang digunakan untuk citra terhadap panjang fokus maksimalnya. Hasil ZACAAS kemudian digunakan untuk mendapatkan data jarak tampak seperti yang dilakukan oleh Asmoro, dkk. (2019). Asmoro, dkk. (2019) meneliti tentang gerhana matahari cincin untuk memperoleh rasio diameter sudut matahari dan bulan menggunakan ImageJ (versi umum dari AstroimageJ). Asmoro, dkk. (2019) menggunakan teorema sudut kecil dalam menentukan diameter sudut matahari dan bulan, sebagai berikut.

$$\theta = \frac{D}{R} \quad (3)$$

Persamaan ini dapat diperoleh dengan analisis sederhana menggunakan gambar 3. Ketika melihat bulan jarak titik a dan b terlihat sangat kecil, sehingga θ juga sangat kecil. Oleh sebab itu, untuk menentukan jarak tampak dapat menggunakan persamaan teorema sudut kecil.



Gambar 3. Gambaran teorema sudut kecil

Di mana, θ adalah diameter sudut, D adalah diameter asli objek, dan R adalah jarak objek dari bumi (jarak tampak). θ diperoleh dari ZACAAS dan dikonversi ke radian. Penelitian Asmoro, dkk. (2019) menentukan D dan R melalui data yang tercatat dari database astronomi. Penelitian ini menggunakan persamaan di atas, namun bertujuan untuk menentukan R . D yang digunakan Asmoro, dkk. (2019) untuk bulan adalah 3475 km, juga digunakan pada penelitian ini.

Data yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah data diameter sudut dan selisih jarak tampak. Diameter sudut dari suatu citra bulan dapat dinyatakan dalam satuan arcsec, besar kecil diameter sudut yang diperoleh bermakna pada besar kecil bulan yang terlihat pada saat pengambilan citra. Diameter sudut berbanding terbalik dengan jarak tampak. Semakin besar diameter sudut, jarak tampak akan semakin kecil. Pada sudut pandang fenomena bulan Agustus 2023 ini, citra yang memiliki diameter sudut paling besar akan diklasifikasikan sebagai *macro*

moon dan citra yang memiliki diameter sudut paling kecil akan diklasifikasikan sebagai *micro moon*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis AstroimageJ diperoleh data-data pixel diameter sudut 3 Juni, 1 Agustus, dan 30 Agustus 2023. Kemudian data-data pixel berturut-turut menggunakan persamaan matematis ZACAAS (2) diperoleh diameter sudut dari ketiga citra tersebut. Diameter sudut yang diperoleh kemudian disubstitusikan ke (3) teorema sudut kecil untuk memperoleh jarak tampak.

Tabel 1. Hasil analisis citra pada AstroimageJ

Citra Bulan	Piksel	Pw (mm)	Diameter sudut (")	Diameter sudut (°)	Jarak tampak (km)
3 Juni	1505	1,6555	1864	0,517	384490
1 Agustus	1568	1,7248	1942	0,539	369041
30 Agustus	1590	1,749	1969	0,547	363935

Berdasarkan tabel 1, didapatkan harga diameter sudut dalam arcsec dan derajat busur berturut-turut untuk citra 3 Juni, 1 Agustus, dan 30 Agustus sebesar: $1864''/0,52^\circ$, $1942''/0,53^\circ$, dan $1969''/0,54^\circ$. Citra 30 Agustus atau citra *blue moon* adalah citra yang paling besar diameter sudutnya dan paling kecil jarak tampaknya. Citra *blue moon* kemudian dapat diklasifikasikan sebagai *macro moon*. Citra yang lebih kecil adalah citra *sturgeon moon* pada 1 Agustus. Citra ini kemudian diklasifikasikan sebagai *micro moon*. Perbandingan diameter sudut *sturgeon moon* dan *blue moon* terhadap diameter sudut bulan purnama biasa adalah: untuk *sturgeon moon* 1,041x bulan purnama biasa, untuk *blue moon* 1,056x bulan purnama biasa. Selisih jarak tampak antara *sturgeon moon* dan *blue moon* adalah 5106 km dengan *blue moon* lebih dekat ke bumi.

Seperti yang dilakukan oleh Utama, dkk. (2018) dalam penelitiannya untuk mengestimasi jarak bumi-bulan dihasilkan galat dengan membandingkan nilai hitung dengan nilai faktualnya. Nilai hitung diperoleh pada tabel di atas, nilai faktual diperoleh menggunakan *software Stellarium* karya Zotti, dkk. (2021). Berdasarkan Stellarium, nilai faktual untuk jarak tampak ketiga citra (3 Juni, 1 Agustus, dan 30 Agustus) adalah 369441 km, 355725 km, dan 354598 km. kemudian galat untuk data-data di atas adalah: Galat untuk jarak tampak *blue moon*, *sturgeon moon*, dan bulan purnama biasa sebesar 2,57%, 3,61%, 3,91%. Galat untuk diameter sudut *blue moon*, *sturgeon moon*, dan bulan purnama biasa sebesar 2,63%, 3,74%, 4,07%. Galat pada jarak tampak lebih kecil dibandingkan galat pada diameter sudut. Galat ini dapat dimaknai sebagai sejauh mana data diameter sudut yang diperoleh menggunakan ZACAAS tersebar dari nilai diameter sudut bulan faktualnya begitu juga dengan nilai jarak tampak sebenarnya. Untuk citra 30 Agustus galatnya paling rendah, yaitu 2,63% dan 2,57% harga yang menandakan bahwa model matematis ZACAAS adalah model yang cocok untuk diterapkan.

SIMPULAN

Diameter sudut yang diperoleh untuk purnama/*Full moon* (3 Juni), *Sturgeonmoon* (1 Agustus), dan *Bluemoon* (30 Agustus) adalah $1864''/0,52^\circ$, $1942''/0,53^\circ$, dan $1969''/0,54^\circ$. Dengan Galat masing-masing berturut-turut sebesar 4,07%, 3,74%, dan 2,63%. Galat untuk jarak tampak

ketiga fenomena adalah 2,57%, 3,61%, dan 3,91%. Selisih jarak tampak *Sturgeonmoon* dan *Bluemoon* diperoleh adalah 5106 km dengan *Bluemoon* lebih dekat ke Bumi. Fakta-fakta yang diperoleh dari penelitian fenomena *supermoon* ini menjadi bahan yang bagus untuk dijadikan materi pembelajaran pada lembar kerja peserta didik

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Cakrawala UPI dan Pihak Laboratorium Bumi Antariksa yang telah memberdayakan fasilitas serta ide untuk studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A. R., Asmoro, C. P., Rochman, A. A., Utama, J. A., & Wijaya, A. F. C. (2017). *The Analysis of Digital Picture of Total Solar Eclipse on March 9, 2016 at Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa*. June.
- Agrawal, D. C. (2015). *Micro moon versus macro moon: Brightness and size*. July, 1–17.
- Asmoro, C. P., & Achmad, A. R. (2021). The analysis of the 2019 annular solar eclipse with simple instruments for developing student worksheet. *Journal of Physics: Conference Series*, 2098(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2098/1/012030>
- Chuck Niederriter, Mario Belloni; *Astrophotography on the Cheap. Phys. Teach.* 1 December 2012; 50 (9): 520–522. <https://doi.org/10.1119/1.4767479>
- D’Orazio-Bradfield, A., Taylor, J., Scali, V., Espinosa, J., Lucerna, A., & Schuitema, H. (2023). Perigee Full Moons (“ Supermoons ”) and its Effect on Emergency Department Behavioral Health Volume and Total Volume Mathews Journal of Emergency Medicine. *Mathews Journal of Emergency Medicine*, 08(02), 1–5.
- Haddout, S., Igouzal, M., & Maslouhi, A. (2016). Analytical and numerical study of the salinity intrusion in the Sebou river estuary (Morocco) & ndash; Effect of the “super Blood Moon” (total lunar eclipse) of 2015. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(9), 3923–3945. <https://doi.org/10.5194/hess-20-3923-2016>
- Haworth, D. (2005). *Afocal Photography with Digital Cameras. In: Digital Astrophotography: The State of the Art. Patrick Moore’s Practical Astronomy Series. Springer, London.* https://doi.org/10.1007/1-84628-256-X_2
- Portugal, S. J., White, C. R., Frappell, P. B., Green, J. A., & Butler, P. J. (2019). Impacts of “supermoon” events on the physiology of a wild bird. *Ecology and Evolution*, 9(14), 7974–7984. <https://doi.org/10.1002/ece3.5311>
- Riama, N. F., Sari, R. F., Sulistya, W., Rahmayanti, H., Pratama, K. R., Pratama, B. E., & Suryo, A. W. (2021). Coastal inundation modeling and mapping for North Jakarta coast during a supermoon period. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 32(3), 375–390. <https://doi.org/10.3319/TAO.2021.04.02.01>
- Utama, J. A., Nurfitriani, D., Asmoro, C. P., & Rizqiyanto, A. (2018). *Umbra Bumi dan Jarak Bumi-Bulan dalam Peristiwa Gerhana Bulan Total 31 Januari & 28 Juli 2018*. 239–244.
- Zotti, G., Hoffmann, S. M., Wolf, A., Chéreau, F., & Chéreau, G. (2020). *The Simulated Sky: Stellarium for Cultural Astronomy Research. Journal of Skyscape Archaeology*, 6(2), 221–258. <https://doi.org/10.1558/jsa.17822>