

## Pengukuran Sudut Elongasi Bulan Berdasarkan Citra Bulan saat *Waning Crescent* pada Tanggal 2 Januari 2019 di Imah Noong Lembang Bandung

Ratih Niela Wulandari\*, Sutrisno, dan Atsnaita Yasrina

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5, Malang, 65145, Indonesia.

\*Email: nielaratih@gmail.com

---

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan merumuskan persamaan dan menentukan nilai sudut elongasi bulan ketika fase *waning crescent* tanggal 2 Januari 2019 menggunakan analisis *software ImageJ* dan perhitungan geometri. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil citra bulan menggunakan teleskop IOPTRON CUBE serta kamera ZWO ASI130MM. Kemudian menganalisis citra bulan untuk memperoleh nilai sudut elongasi dengan menghitung luas proyeksi citra bulan yang disinari matahari. Melalui penentuan geometri sudut yang dibentuk oleh sinar datang matahari terhadap luas bulan dan pengamat di bumi, maka diperoleh persamaan sudut elongasi bulan dengan asumsi bahwa sudut yang dibentuk oleh sinar datang matahari terhadap garis perpanjangan sabit bulan membentuk sudut siku-siku sehingga diperoleh nilai sudut elongasi bulan ketika fase *waning crescent* pada tanggal 2 Januari 2019 menggunakan analisis *software ImageJ* dan perhitungan geometri adalah  $25,15^\circ$ . Hasil tersebut menunjukkan bahwa bulan berada dalam keadaan sabit. Sehingga metode pengukuran ini memiliki hasil yang sesuai.

**Kata Kunci:** sudut elongasi, astrometri, bulan, *software ImageJ*.

---

### 1. Pendahuluan

Bulan merupakan satu-satunya satelit alami bumi. Pergerakan bulan mengelilingi bumi memiliki berbagai macam fase yang dapat diamati dari bumi [1]. Salah satu fasenya adalah *waning crescent*. Fase bulan berkaitan dengan sudut elongasinya. Sudut elongasi bulan merupakan sudut yang terbentuk antara matahari, bumi, dan bulan diamati dari bumi. Perhitungan sudut elongasi bulan termasuk ke dalam ilmu astrometri yaitu cabang ilmu astronomi yang mempelajari kedudukan dan pergerakan benda langit [2]. Peran elongasi bulan diantaranya yaitu sebagai salah satu faktor yang diperhitungkan dalam penentuan awal bulan hijriah serta hal yang diperhitungkan bagi profesi di bidang kelautan. Sudut elongasi bulan biasanya diukur dengan mengumpulkan informasi posisi bulan dan matahari seperti *azimuth* dan *altitude*. Namun dengan memanfaatkan citra digital bulan dan menghitung luas daerah bulan yang disinari matahari juga dapat diukur sudut elongasi bulan tersebut. Berdasarkan asumsi bahwa cakram objek itu bundar, maka terminatornya adalah proyeksi dari lingkaran besar yang membatasi belahan objek yang diterangi [3]. Sehingga setiap orang dapat mengukur sudut elongasi bulan. Salah satu *software* yang dapat menghitung luas benda dari citra digital yaitu *software ImageJ* [4]. Luas daerah *waning crescent* dinilai dapat diproyeksikan menjadi dua dimensi dengan mudah. Bulan berada di posisi *waning crescent* dan dapat diamati secara jelas yaitu pada tanggal 2 Januari 2019. Tujuan dari penelitian ini adalah merumuskan persamaan sudut elongasi bulan untuk fase *waning crescent* yang diukur pada tanggal 2 Januari 2019 serta menentukan nilai sudut elongasi bulan ketika fase *waning crescent* tanggal 2 Januari 2019 menggunakan analisis proyeksi luas sabit bulan dengan *software ImageJ* dan perhitungan geometri.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Pengambilan Data

Langkah pertama meletakkan *Mizwala Qibla Finder* di tempat pengamatan untuk menentukan arah mata angin sejati. Peletakkan *Mizwala Qibla Finder* di tempat yang datar menggunakan *water pass*. Langkah ini dilakukan ketika siang hari atau ketika ada sinar Matahari.

Langkah kedua yakni melihat informasi *azimuth* matahari saat itu menggunakan aplikasi *Mizwandroid*. Dilanjutkan dengan langkah ketiga yakni memutar bidang level *Mizwala Qibla Finder* supaya bayangan *gnomon* berhimpitan dengan nilai *azimuth* matahari saat itu sehingga arah mata angin sejati telah diketahui dari *Mizwala Qibla Finder*. Langkah keempat yakni menandai arah mata angin sejati dengan benang dan mengikatnya pada paku agar tidak bergeser/permanen.

Langkah kelima yakni meletakkan tripod sesuai arah mata angin dengan salah satu kaki tripod berada di selatan dan dilanjutkan dengan pemasangan *mounting* pada tripod. Langkah keenam yakni memasang tabung teleskop, mengatur keseimbangannya, dan menyambungkan adapter ke sumber listrik.

Langkah ketujuh, membuka *software SharpCap* pada laptop. Teleskop diarahkan ke bulan menggunakan *remote* dengan cara menekan tombol menu → *select and slew (enter)* → *planets* → *sun* → *moon (enter)*. Memutar fokus teleskop untuk menghasilkan citra bulan yang fokus. Mengatur *exposure* kamera agar citra bulan tidak saturasi menggunakan *software SharpCap* dengan histogram yang dihasilkan berkisar antara 60% hingga 80%. Langkah terakhir yakni klik menu *capture* pada *software SharpCap*.

### 2.2. Uji Software ImageJ

Citra bulan yang didapatkan dianalisis menggunakan *software ImageJ* untuk mengetahui luas proyeksi sabitnya. Namun sebelum menghitung luas proyeksi sabit, dilakukan uji terhadap *software ImageJ* untuk mengetahui ketepatan perhitungan *software ImageJ*. Uji dilakukan dengan menghitung luas sebuah tempat cermin berbentuk persegi panjang yang disertai pita di bagian bawahnya.

Perhitungan luas tempat cermin menggunakan *software ImageJ*, mula-mula buka *software ImageJ* pada laptop. Selanjutnya memilih menu *file* → *open* untuk me-load gambar tempat cermin. Langkah yang kedua yakni menentukan skala pada gambar dengan cara klik ikon *straight* pada *taskbar* lalu menempatkan kursor di titik 0 cm penggaris. Tarik garis lurus dari titik 0 cm penggaris ke titik 1 cm penggaris kemudian klik *analyze* → *set scale*. Masukkan angka 1 pada kolom *known distance* dan mengganti satuan cm pada kolom *unit of length* sehingga akan muncul skala gambar.

Langkah yang ketiga yakni membuat gambar menjadi citra biner dengan cara klik menu *process* → *binary* → *make binary*. Selanjutnya menentukan luas benda dengan cara klik menu *analyze* → *tools* → *ROI manager*. Pilih gambar *wand (tracing) tool* pada *taskbar* → klik kursor di daerah gambar tempat cermin → klik *add (t)* pada kotak dialog *ROI manager* → klik *measure* pada kotak dialog *ROI manager* sehingga muncul hasil luas tempat cermin di kotak dialog *results*. Langkah yang terakhir yakni menyimpan hasil pengukuran luas dengan cara memilih menu *file* → *save as* → *save*.

### 2.3. Menentukan Pusat Piringan Bulan

Langkah pertama, buka *software ImageJ* pada laptop. Kemudian pilih menu *file* → *open* untuk me-load data berupa gambar bulan hasil tangkapan kamera saat pengambilan data. Membuat lingkaran yang melingkupi sisi luar bulan dengan klik gambar oval pada menu *taskbar*.

Langkah kedua, menyesuaikan garis kuning lingkaran dengan tepi bulan dilanjutkan dengan membuat garis kuning menjadi lingkaran sempurna dengan klik menu *edit* →

*selection* → *fit circle*. Untuk mengetahui koordinat pusat lingkaran, klik *analyze* → *set measurements* → memberi centang *centroids* dan *shape descriptors*.

Langkah ketiga yakni menentukan koordinat pusat bulan dengan cara klik *analyze* → *measure*. Selanjutnya akan muncul koordinat X dan Y pada *results* dan mencatatnya.

#### 2.4. Menentukan Skala Gambar

Menentukan skala pada gambar dengan cara klik gambar *straight* pada *taskbar* kemudian menempatkan kursor di koordinat pusat bulan sesuai nilai X dan Y pada *results*. Tarik garis lurus dari koordinat pusat bulan ke tepi bulan, kemudian klik *analyze* → *set scale*. Langkah selanjutnya memasukkan diameter bulan sesungguhnya yaitu 1736 km pada kolom *known distance* dan mengganti satuan km pada kolom *unit of length* sehingga akan muncul berapa skala gambar.

#### 2.5. Menentukan Luas Proyeksi Bulan Sabit (LW)

Mula-mula membuat gambar menjadi citra biner dengan cara klik menu *process* → *binary* → *make binary*. Selanjutnya menentukan luas benda dengan cara klik menu *analyze* → *tools* → *ROI manager*. Pilih gambar *wand (tracing) tool* pada *taskbar* → klik kursor di daerah gambar tempat cermin → klik *add (t)* pada kotak dialog *ROI manager* → klik *measure* pada kotak dialog *ROI manager* sehingga muncul hasil luas tempat cermin di kotak dialog *results*. Langkah yang terakhir yakni menyimpan hasil pengukuran luas dengan cara memilih menu *file* → *save as* → *save*.

#### 2.6. Menentukan Besar Sudut Elongasi

Melalui asumsi bahwa sudut  $\alpha$  dan sudut  $\beta$  membentuk sudut siku-siku, maka

$$\alpha + \beta = 90^\circ \tag{1}$$

sehingga

$$\alpha = 90^\circ - \beta \tag{2}$$

Untuk

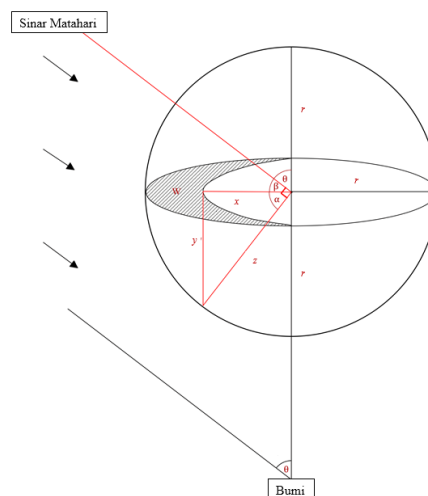
$$\beta + \theta = 90^\circ \tag{3}$$

sehingga

$$\beta = 90^\circ - \theta \tag{4}$$

Jika luas lingkaran adalah  $\pi R^2$  maka

$$\text{Luas } \frac{1}{2} \text{ lingkaran} = \frac{1}{2} \pi R^2 \tag{5}$$



**Gambar 1.** Proyeksi sinar matahari yang mengenai bulan.

Sehingga untuk lingkaran besar dengan jari-jari  $r$ ,

$$\text{Luas } \frac{1}{2} \text{ lingkaran besar} = \frac{1}{2} \pi r^2 \quad (6)$$

dan untuk lingkaran kecil dengan jari-jari  $x$ ,

$$\text{Luas } \frac{1}{2} \text{ lingkaran kecil} = \frac{1}{2} \pi x^2 \quad (7)$$

Luas sabit bulan (LW) dapat kita hitung dengan menggabungkan persamaan (6) dan persamaan (7),

$$\begin{aligned} \text{LW} &= \text{Luas } \frac{1}{2} \text{ lingkaran besar} - \text{Luas } \frac{1}{2} \text{ lingkaran kecil} \\ &= \frac{1}{2} \pi r^2 - \frac{1}{2} \pi x^2 \\ &= \frac{1}{2} \pi (r^2 - x^2) \\ &= \frac{1}{2} \pi (r^2 - (z \cos \theta)^2) \end{aligned} \quad (8)$$

Sementara  $z = r$  sehingga

$$\begin{aligned} \text{LW} &= \frac{1}{2} \pi (r^2 - (r \cos \theta)^2) \\ \text{LW} &= \frac{1}{2} \pi r^2 (1 - (\cos \theta)^2) \\ \frac{2\text{LW}}{\pi r^2} &= 1 - (\cos \theta)^2 \\ \frac{2\text{LW}}{\pi r^2} &= \sin^2 \theta \\ \sin \theta &= \sqrt{\frac{2\text{LW}}{\pi r^2}} \\ \theta &= \sin^{-1} \sqrt{\frac{2\text{LW}}{\pi r^2}} \end{aligned} \quad (9)$$

Persamaan (9) adalah persamaan sudut elongasi bulan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Uji Software ImageJ

Uji *software ImageJ* dilakukan pada sebuah tempat cermin berwarna hitam berbentuk persegi panjang dengan lebar 15 cm dan pajang 21,5 cm serta terdapat pita di bagian bawahnya dengan panjang 2,2 cm dan lebar 1,3 cm. Sehingga diketahui bahwa luas keseluruhan dari tempat cermin ini adalah 332,86 cm<sup>2</sup>. Sedangkan luas tempat cermin disertai pitanya yang didapatkan dari perhitungan menggunakan *software ImageJ* adalah 365,152 cm<sup>2</sup>, sehingga ketepatan *software ImageJ* untuk menghitung luas benda berdasarkan uji ini adalah 91,16%.

#### 3.2. Analisis Gambar

Citra bulan berbentuk sabit yang diperoleh dari pengamatan dianalisis menggunakan *software ImageJ* untuk mengetahui luas proyeksi sabit dalam satuan km<sup>2</sup>. Radius bulan dalam gambar digunakan untuk memberi skala dalam perhitungan luas sabit. Radius bulan

dalam gambar dapat diketahui dengan menentukan titik koordinat pusat bulan dalam gambar terlebih dahulu. Setelah lingkaran sudah sesuai dengan piringan bulan, maka koordinat pusat bulan dapat ditentukan dengan hasil koordinat X yaitu 3252,071 sedangkan Y yaitu 2566,886 sehingga diperoleh skala gambar sebesar 0,194 pixel/km. Skala ini digunakan oleh *ImageJ* dalam proses perhitungan. Hasil luas proyeksi sabit bulan di kotak dialog *results* sebesar 854595,94 km<sup>2</sup>.

### 3.3. Menentukan Sudut Elongasi Bulan

Untuk dapat menentukan nilai sudut elongasi ( $\theta$ ) dari variabel-variabel yang telah diketahui yaitu radius bulan ( $r$ ) dan luas proyeksi sabit bulan ( $LW$ ), maka sudut elongasi bulan ketika fase *waning crescent* pada tanggal 2 Januari 2019 pukul 05:06:00 WIB dapat ditentukan menggunakan (9) dengan memasukkan nilai radius bulan ( $r$ ) dan nilai luas sabit bulan ( $LW$ ). Didapatkan luas sabit bulan ( $LW$ ) sebesar 854595,94 km<sup>2</sup>. Sedangkan diketahui radius bulan ( $r$ ) sebesar 1736 km. Sudut elongasi bulan dapat dihitung dengan memasukkan nilai luas proyeksi sabit bulan dan radius bulan ke (9).

$$\begin{aligned}\theta &= \sin^{-1} \sqrt{\frac{2LW}{\pi r^2}} \\ \theta &= \sin^{-1} \sqrt{\frac{2(854.595,94 \text{ km}^2)}{\pi(1.736 \text{ km}^2)}} \\ \theta &= \sin^{-1} \sqrt{0,180618292} \\ \theta &= \sin^{-1}(0,424992108) \\ \theta &= 25,15^\circ\end{aligned}\tag{10}$$

Jadi, sudut elongasi bulan ketika fase *waning crescent* tanggal 2 Januari 2019 sebesar 25,15°. Sudut tersebut menunjukkan bahwa bulan berada di posisi yang mendekati atau hampir konjungsi. Pada posisi tersebut bulan berada dalam fase sabit tua (*waning crescent*). Sehingga nilai sudut elongasi yang didapatkan ini sesuai dengan keadaan ketika diambil citra bulan.

## 4. Kesimpulan

Persamaan sudut elongasi bulan ( $\theta$ ) ketika fase *waning crescent* pada tanggal 2 Januari

2019 adalah  $\theta = \sin^{-1} \sqrt{\frac{2LW}{\pi r^2}}$ . Berdasarkan penelitian dan analisis data yang dilakukan,

diperoleh nilai sudut elongasi bulan ketika fase *waning crescent* pada tanggal 2 Januari 2019 menggunakan analisis *software ImageJ* dan perhitungan geometri adalah 25,15°. Hasil nilai tersebut menunjukkan bahwa bulan berada dalam keadaan sabit. Sehingga metode pengukuran ini memiliki hasil yang sesuai. Berdasarkan metode dan analisis yang dilakukan pada penelitian ini dapat disarankan sebaiknya menemukan  $\alpha + \beta = 90^\circ$  untuk persamaan pengukuran sudut elongasi. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan sebaiknya pengukuran dilakukan tidak hanya pada satu fase bulan.

## Daftar Rujukan

- [1] A. G. Admiranto, *Eksplorasi Tata Surya*. Bandung: Mizan Pustaka, 2017.
- [2] Pringgodigdo, *Ensiklopedi Umum*. Yogyakarta: Kanisius, 1977.
- [3] J. Kovalevsky and P. K. Seidelmann, *Fundamental of Astrometry*. United Kingdom: Cambridge University Press, 2004.