



Uji Efektivitas Teleskop iOptron Cube-G untuk Pengamatan Hilal

Hariyadi Putraga^{a,1}, Muhammad Dimas Firdaus^{a,b,2}, Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar^{a,3},
Muhammad Hidayat^{a,4}

^aObservatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan 20238, Indonesia

^bMahasiswa Pascasarjana Astronomi Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

¹hariyadiputraga@umsu.ac.id, ²dimas95firdaus@gmail.com, ³arwinjuli@umsu.ac.id,

⁴muhammadhidayat@umsu.ac.id

Abstract: *The use of robotic telescopes in the practice of observing the Hilal in Indonesia is quite widespread. One type of telescope that is widely used by observers is the iOptron Cube. Telescopes with an alt-azimuth mounting type with GPS features can be used easily by observers who observes Hilal on a portable basis. The effectiveness of using this telescope needs to be studied more deeply because pointing accuracy and alt-azimuth tracking mounting capabilities require good computational ability to obtain the expected results. After being tested with two configurations (narrow and wide field of view) and seeing the various supporting features embedded in this telescope, it can be concluded that the iOptron Cube is quite effective for observing Hilal.*

Keywords: *Telescope, Hilal Observation, iOptron Cube, effectiveness*

Abstrak: Penggunaan teleskop robotik dalam praktik pengamatan Hilal di Indonesia sudah cukup marak. Salah satu jenis teleskop yang banyak digunakan oleh para praktisi rukyat adalah iOptron Cube. Teleskop dengan jenis mounting alt-azimut dengan fitur GPS seperti ini dapat digunakan dengan mudah oleh pengamat yang melakukan pengamatan secara portabel. Efektivitas penggunaan teleskop ini perlu dipelajari lebih dalam karena akurasi pointing dan kemampuan tracking mounting alt-azimut memerlukan kemampuan komputasi yang baik untuk memperoleh hasil yang diharapkan. Setelah diujicoba dengan dua konfigurasi (bidang pandang sempit dan lebar) dan melihat berbagai fitur penunjang yang tersemat dalam teleskop ini dapat disimpulkan bahwa iOptron Cube cukup efektif untuk digunakan dalam pengamatan Hilal.

Kata Kunci: Teleskop, Pengamatan Hilal, iOptron Cube, efektivitas

A. Pendahuluan

Pengamatan Hilal di Indonesia sudah menggunakan alat bantu teleskop robotik agar mendapatkan hasil yang baik¹, hal ini tercermin dari pengadaan teleskop di beberapa Pos Observasi Bulan.² Penggunaan instrumen seperti teleskop diharapkan dapat meningkatkan objektivitas pengamatan Hilal.³ Pengamatan Hilal perlu untuk dikembangkan karena berperan dalam penentuan

¹ Farid Ruskanda, “Teknologi Rukyah Secara Objektif”, *Rukyah dengan Teknologi: Upaya Mencari Kesamaan Pandangan tentang Penentuan Awal Ramadhan dan Syawal*, (Jakarta: Gema Insani Press, 1994), 29.

² <https://www.kemenag.go.id/read/kemenag-dorong-pos-observasi-bulan-jadi-wahana-edukasi-falak-v5eoee>, diakses pada 10 Juni 2022

³ Ahmad Junaidi, “Memadukan Rukyatulhilal dengan Perkembangan Sains”, *Madania: Jurnal Kajian Keislaman*, Vol 22, No 1, 2018.

kalender. Kalender Hijriyah memiliki urgensi yang sangat tinggi dalam kehidupan umat muslim.⁴

Dengan banyaknya pilihan teleskop yang ada di pasaran, penulis melihat cukup banyak praktisi *rukyat al-hilal* yang menggunakan jenis teleskop alt-azimuth, yaitu iOptron SmartStar Cube-G (selanjutnya akan disebut iOptron Cube).⁵ Karena data hilal yang ditampilkan lebih sering menggunakan sistem koordinat horizontal (ketinggian dan azimut Hilal), maka banyak praktisi rukyat yang memilih perangkat teleskop yang menggunakan sistem alt-azimuth.⁶

Banyak praktisi rukyat yang menggunakan teleskop jenis ini mengindikasikan bahwa teleskop ini cukup baik dalam pengamatan Hilal. Namun efektivitas dari teleskop ini perlu diuji agar pemilihan instrumen untuk pengamatan Hilal tidak berdasarkan popularitas saja. Efektivitas merupakan hubungan antara luaran dan tujuan yang akan dicapai.⁷ Suatu hal akan dianggap efektif apabila luaran yang diperoleh sesuai dengan tujuan yang diharapkan sejak awal.

Untuk mengukur tingkat efektivitas suatu hal dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan seperti *goal approach*, *system source approach*, dan *internal process approach*.⁸ Pada kesempatan ini penulis akan menggunakan pendekatan hasil dan proses yang dilakukan dalam pengoperasian teleskop. Pendekatan hasil yang dimaksud adalah melihat bagaimana kemampuan *pointing*⁹ dan *tracking*¹⁰ dari *mounting* yang digunakan. Sementara pendekatan proses adalah beberapa hal lain yang mendukung dalam proses pengoperasian teleskop untuk pengamatan Hilal.

Dalam paket penjualan teleskop iOptron Cube berisi sebuah *mounting*, tabung teleskop, tripod, dan beberapa alat pelengkap seperti adaptor, *eyepiece*, *diagonal mirror*, *tray*, dan *hand controller*. Pada buku petunjuk resmi yang dikeluarkan

⁴ Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Kalender: Sejarah dan Arti Pentingnya dalam Kelahidupan*, (Semarang: CB. Bisnis Mulia Konsultama, 2014), 17-18

⁵ Beberapa lokasi pengamatan hilal yang menggunakan teleskop jenis ini adalah di Aceh Besar, Blitar, Jakarta, Sukabumi, Pangkalpinang.

⁶ Moh. Yusuf Faizin, *Studi Komparasi Mounting Altazimuth dan Equatorial untuk Pengamatan Benda Langit (Relevansi dengan pelaksanaan rukyah al-hilal)*, Skripsi: Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, 2019, 110.

⁷ Mahmudi, *Manajemen Kinerja Sektor Publik*, (Yogyakarta: Unit Penerbit dan Percetakan Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen YKPN, 2015), 86.

⁸ Ulber Silalahi, *Asas-asas Manajemen*, (Bandung: Refika Aditama, 2015), 418.

⁹ *Pointing adalah proses teleskop mengarah kepada suatu objek*. Lihat Patrick Wallace, *Pointing Telescope*, <http://www.tpointsw.uk/pointing.htm>, diakses 11 Juni 2022.

¹⁰ *Tracking adalah proses teleskop bergerak pada sumbunya untuk mengikuti objek yang dituju*. Lihat <https://astrobackyard.com/tracking-vs-guiding/>, diakses 11 Juni 2022.

oleh iOptron, teleskop jenis ini memiliki dua varian, varian *E-series* yang tidak dilengkapi *GPS*, dan varian *G-series* yang dilengkapi *GPS*.¹¹

Sumber energi untuk mengoperasikan teleskop ini memiliki dua pilihan, menggunakan listrik AC atau menggunakan baterai AA sebanyak 8 buah. Karena *mounting*-nya dilengkapi dengan kuncian teleskop berupa *Vixen-type dovetail*, maka *mounting* ini dapat difungsikan bersama dengan tabung teleskop lain. Karena fisiknya yang ringkas, teleskop ini banyak dipilih oleh praktisi rukyat, terutama para praktisi yang melaksanakan pengamatan secara portabel.

Berikut adalah spesifikasi dari teleskop iOptron Cube yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1 Fitur teleskop yang digunakan¹²

| No | Fitur |
|----|---|
| 1 | <i>Hand controller GoToNova 8405</i> |
| 2 | Dapat menahan beban sampai 7 pon |
| 3 | ~50.000 database objek langit |
| 4 | Layar LCD dengan 8 baris dengan tombol <i>backlit LED</i> |
| 5 | <i>Dual-axis servomotor</i> dengan <i>optical encoder</i> |
| 6 | 5 tingkat kecepatan untuk GOTO dan <i>tracking</i> |
| 7 | 32-channel <i>GPS</i> |
| 8 | Dapat dioperasikan dengan 8 baterai AA |
| 9 | 12V DC adaptor |
| 10 | <i>USB-port</i> untuk pengoperasian menggunakan komputer |
| 11 | Tripod <i>stainless steel</i> |

Dalam pengamatan Hilal, kemampuan teleskop untuk melakukan *pointing* dan *tracking* sangat penting. Benda langit, termasuk Bulan bergerak dari Timur ke Barat dengan pergerakan utama pada sumbu sudut jam (*hour angle*) dengan sedikit pergerakan pada sumbu deklinasi. Dengan penggunaan teleskop berjenis alt-azimuth diperlukan tingkat komputasi yang sangat tinggi agar proses *pointing* dan *tracking* dapat berjalan baik.¹³

¹¹ iOptron Corp, *Quick Start Guide Smartstar Cube-E series anda G-series*, Amerika Serikat, www.iOptron.com

¹² <https://www.ioptron.com/product-p/8802b.htm> diakses 10 Juni 2022.

¹³ Niels Haagh, *The Modern Alt-Az Telescope Mount- Easi, Fast, and Precise*, <https://telescopemount.org/the-modern-alt-az-telescope-mount-easy-fast-and-precise/>, diakses 12 Juni 2022.

Dalam tulisan ini penulis bermaksud untuk menguji efektivitas teleksop iOptron Cube dalam pengamatan Hilal. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan penulis adalah akurasi *pointing*, kemampuan *tracking*, portabilitas, kemudahan penggunaan, dan efisiensi waktu persiapan. Dalam percobaan yang dilakukan penulis menggunakan teleskop yang tersedia di Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sebagai observatorium yang berperan dalam pengembangan ilmu falak.¹⁴ dengan beberapa modifikasi dari setelan awal.

Tabel 2 Instrumen yang digunakan

| No | Instrumen |
|----|---|
| 1 | <i>Tripod stainless steel</i> bawaan |
| 2 | <i>Mounting iOptron Cube G R-80</i> |
| 3 | <i>Hand controller GoToNova 8405</i> |
| 4 | Tabung Teleskop William Optics Zenithstar 71 ED |
| 5 | <i>Diagonal mirror</i> William Optics |
| 6 | Kamera ZWO ASI130MM |
| 7 | Kamera Nikon D5500 |
| 8 | Filter Matahari ND5 |

B. Metode

Pada kesempatan ini penulis melakukan percobaan yang disesuaikan dengan keperluan para praktisi rukyat, yakni melakukan *sync to target*¹⁵ dan *pointing* ke Matahari, lalu *tracking* ke Matahari dalam beberapa waktu. Setelah itu *pointing* ke Bulan, kemudian *tracking* ke Bulan. Percobaan dilakukan dua kali dengan konfigurasi berbeda. Penggunaan dua konfigurasi berbeda dimaksudkan untuk mengamati dengan bidang pandang¹⁶ yang berbeda, hal ini bertujuan untuk melihat bagaimana akurasi *pointing* dan konsistensi *tracking* benda langit. Percobaan pengamatan dilakukan saat piringan Bulan sudah besar, hal ini dilakukan untuk memudahkan pengamatan.

¹⁴ Muhammad Qorib, dkk. "Peran dan Kontribusi OIF UMSU dalam Pengenalan Ilmu Falak di Sumatera Utara" dalam *Jurnal Pendidikan Islam*, Vol 10, No 2, 2019.

¹⁵ Sync to target merupakan fitur yang tersedia pada hand controller yang berfungsi untuk menyesuaikan koordinat benda langit dengan database yang ada. Lihat iOptron Corp, *SmartStar Cube-G Series Mount and Telescope Instruction Manual*, (Woburn: iOptron Corporation, tt), 20.

¹⁶ Bidang pandang adalah area langit yang dapat diamati melalui teleskop. Lihat Hariyadi Putraga, *Astronomi Dasar*, (Medan: CV. Prima Utama, 2016), 96.

Dua bidang pandang yang digunakan adalah bidang pandang sempit ($< 1^\circ$), dan bidang pandang luas ($> 2^\circ$). Dengan persamaan berikut, dapat dihitung luas bidang pandang yang didapat.

$$FoV(^{\circ}) = \frac{206265 \times \text{panjang sensor (mm)}}{\text{panjang fokus teleskop (mm)}} \times \frac{206265 \times \text{lebar sensor (mm)}}{\text{panjang fokus teleskop (mm)}} \dots (1)^{17}$$

Untuk mengetahui bidang pandang yang akan diperoleh diperlukan spesifikasi dari masing-masing instrumen yang digunakan. Berikut spesifikasi tabung teleskop, dan dua kamera yang digunakan.

Tabel 3 Spesifikasi tabung teleskop¹⁸

| William Optics Zenithstar 71 ED | |
|---------------------------------|------|
| Panjang fokus (mm) | 418 |
| Batas kecerlangan (mag) | 11,1 |
| Diameter (mm) | 71 |
| Rasio bukaan (f/) | 5,9 |
| Berat tabung (kg) | 2,25 |
| Panjang tabung (mm) | 340 |

Tabel 4 Spesifikasi Kamera ZWO ASI130MM¹⁹

| ZWO ASI 130MM | |
|--------------------------------|-----------|
| Megapixel | 1,3 |
| Ukuran pixel (μm) | 5,2 |
| Bit | 8 |
| Resolusi | 1280×1024 |
| Berat kamera (gr) | 100 |

Tabel 5 Spesifikasi kamera Nikon D5500²⁰

| Nikon D5500 | |
|--------------------|-----------|
| Megapixel | 24,2 |
| Ukuran sensor (mm) | 23,5×15,6 |
| Bit | 14 |
| Berat kamera (gr) | 420 |

¹⁷ Martin Griffths, *Observer's Guide to Variable Stars*, (Switzerland: Springer, 2018), 81.

¹⁸ https://www.astroshop.eu/telescopes/william-optics-apochromatic-refractor-ap-71-418-zenithstar-71-ed-ota/p,43873#tab_bar_1_select, diakses 13 Juni 2022

¹⁹ https://www.astroshop.eu/astronomical-cameras/zwo-camera-asi-130-mm/p,44282#tab_bar_1_select, diakses 13 Juni 2022

²⁰ <https://www.nikonusa.com/en/nikon-products/product/dslr-cameras/d5500.html#tab-ProductDetail-ProductTabs-TechSpecs>, diakses 13 Juni 2022

1. Bidang Pandang Konfigurasi I

Pada konfigurasi yang pertama menggunakan kamera dengan ukuran sensor kecil, hal ini bertujuan untuk mendapatkan bidang pandang yang pas dengan ukuran Hilal. Bulan memiliki diameter kurang lebih 30 menit busur, maka diperlukan bidang pandang kurang dari 1 derajat agar mendapatkan piringan Bulan secara menyeluruh dan tajam.



Gambar 1 Konfigurasi I

Konfigurasi pertama adalah tabung teleskop William Optics Zenithstar 71 ED dengan kamera ZWO ASI130MM. Dengan konfigurasi ini maka akan didapatkan luas bidang pandang sebagai berikut:

$$FoV(^{\prime \prime}) = \frac{206265 \times \text{panjang sensor (mm)}}{\text{panjang fokus teleskop (mm)}} \times \frac{206265 \times \text{lebar sensor (mm)}}{\text{panjang fokus teleskop (mm)}}$$

$$FoV(^{\prime \prime}) = \frac{206265 \times (5,2 \times 1,280)}{418,9} \times \frac{206265 \times (5,2 \times 1,024)}{418,9}$$

$$FoV(^{\prime \prime}) = 3277,393'' \times 2621,914''$$

$$FoV(^{\circ}) = 0^{\circ}54'37,40'' \times 0^{\circ}43'41,91''$$

2. Bidang Pandang Konfigurasi II

Pada konfigurasi yang kedua menggunakan kamera dengan ukuran sensor besar, hal ini bertujuan untuk mendapatkan medan pandang yang luas. Tujuan menggunakan medan pandang luas adalah sebagai batas toleransi kemelencengan, sehingga bisa menjadi batas minimal untuk pengaplikasiannya.



Gambar 2 Konfigurasi II

Konfigurasi pertama adalah tabung teleskop William Optics Zenithstar 71 ED dengan kamera Nikon D5500 Dengan konfigurasi ini maka akan didapatkan luas bidang pandang sebagai berikut:

$$FoV(^{\circ}) = \frac{206265 \times \text{panjang sensor (mm)}}{\text{panjang fokus teleskop (mm)}} \times \frac{206265 \times \text{lebar sensor (mm)}}{\text{panjang fokus teleskop (mm)}}$$

$$FoV(^{\circ}) = \frac{206265 \times 23,5}{418,9} \times \frac{206265 \times 15,6}{418,9}$$

$$FoV(^{\circ}) = 11571,32'' \times 7681,39''$$

$$FoV(^{\circ}) = 3^{\circ}12'51,32'' \times 2^{\circ}8'1,39''$$

Langkah-langkah percobaan yang dilakukan:

1. Melakukan *assembling*²¹, yaitu:
 - Memasang tripod
 - Memasang *mounting* pada tripod
 - Menghubungkan sumber listrik
 - Memasang tabung teleskop, kamera dan filter
 - Menghubungkan *hand controller*
2. Melakukan *Levelling* dan *alignment*²²
3. Proses pengambilan data

²¹ iOptron Corp, *SmartStar Cube-G Series Mount and Telescope Instruction Manual*, (Woburn: iOptron Corporation, tt), 7 - 9.

²² iOptron Corp, *SmartStar Cube-G Series Mount and Telescope Instruction Manual*, (Woburn: iOptron Corporation, tt), 12.

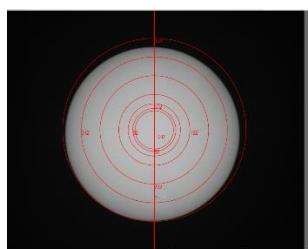
- Menghidupkan teleskop dan menunggu hingga data *GPS* sudah ok. Dengan adanya fitur ini perukyat tidak perlu lagi mengatur lintang, bujur, serta waktu pengamatan dilakukan.
- Mengarahkan teleskop menuju Matahari dengan memilih “*select and slew*”.
- Melakukan sinkronisasi posisi Matahari pada tengah bidang pandang dengan pilihan “*sync to target*”
- Mengembalikan posisi *mounting* pada posisi “*park telescope*”.
- Mengarahkan teleskop menuju Matahari lagi untuk mengetahui kemampuan *pointing* setelah dilakukan *alignment*.
- Melakukan *tracking* terhadap Matahari dengan durasi 120 menit. Durasi 120 menit dipilih untuk menyesuaikan dengan waktu pengamatan yang biasa dilakukan, yaitu setelah asar hingga menjelang magrib. Hal ini bertujuan untuk melihat kemampuan *mounting* untuk melakukan *tracking* Matahari.
- Mengembalikan teleskop pada posisi “*park telescope*”
- Mengarahkan teleskop menuju Bulan dengan pilihan “*select and slew*”
- Melakukan *tracking* Bulan selama 60 menit. Durasi ini dipilih sebagai batas atas pengamatan Hilal, yakni sampai Hilal terbenam.

Prosedur di atas dilakukan menggunakan dua konfigurasi berbeda.

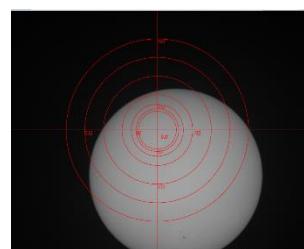
C. Hasil Pengamatan dan Pembahasan

1. Hasil Pengamatan

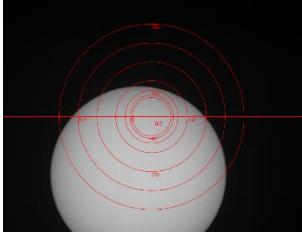
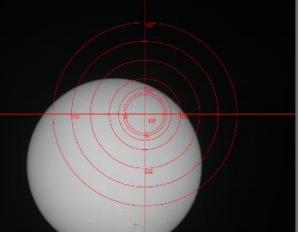
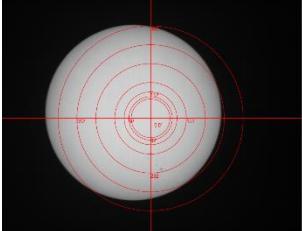
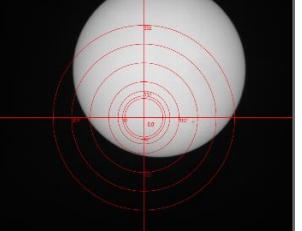
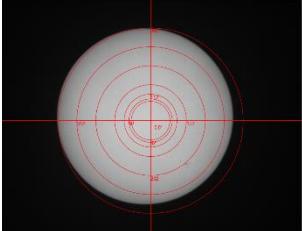
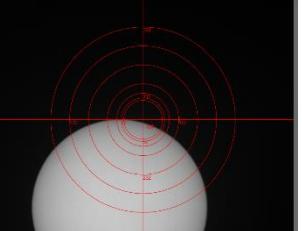
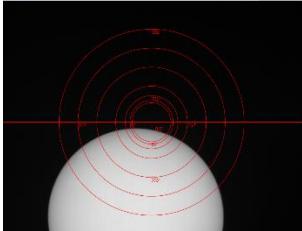
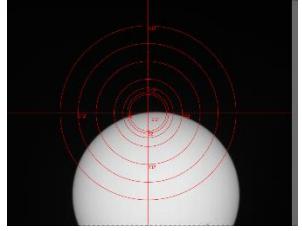
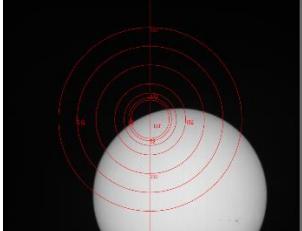
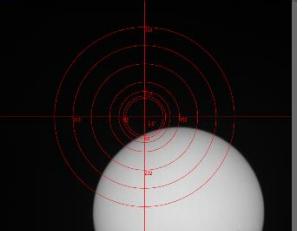
Pengamatan menggunakan konfigurasi pertama dilaksanakan pada hari Senin, 13 Juni 2022. Hasil pengamatan tersebut adalah sebagai berikut:

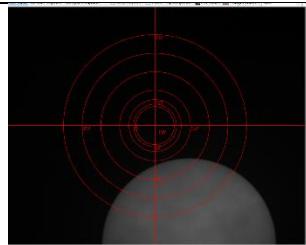


Gambar 3 Sync to target Matahari



Gambar 4 Select and Slew Matahari

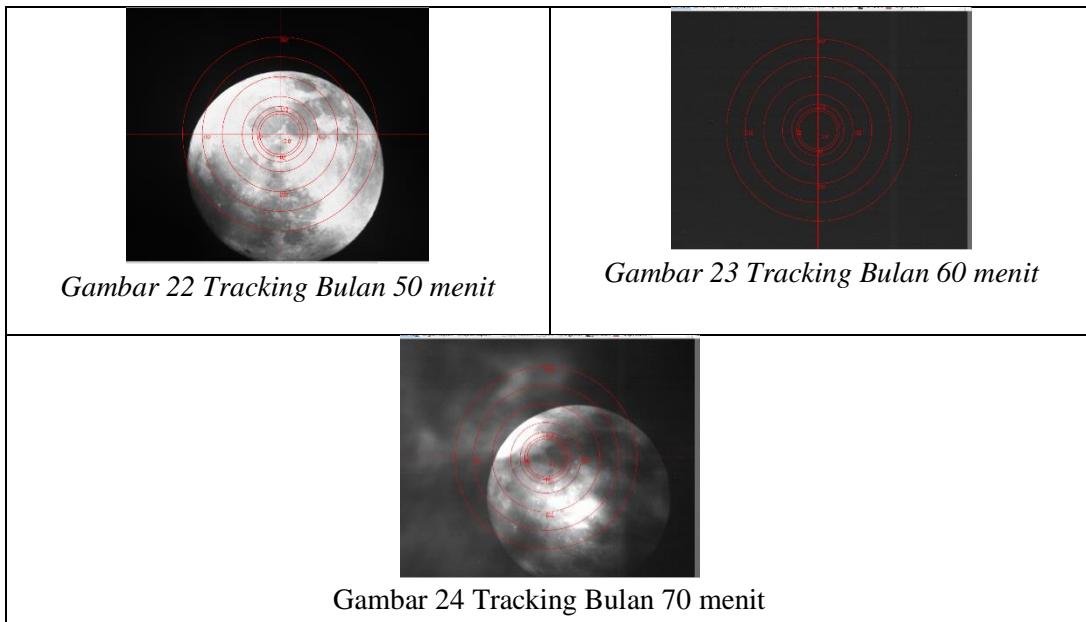
| | | | |
|--|---|--|--|
| |  | |  |
| | <i>Gambar 5 Tracking Matahari 10 menit</i> | | <i>Gambar 6 Tracking Matahari 20 menit</i> |
| |  | |  |
| | <i>Gambar 7 Tracking Matahari 30 menit</i> | | <i>Gambar 8 Tracking Matahari 40 menit</i> |
| |  | |  |
| | <i>Gambar 9 Tracking Matahari 50 menit</i> | | <i>Gambar 10 Tracking Matahari 60 menit</i> |
| |  | |  |
| | <i>Gambar 11 Tracking Matahari 70 menit</i> | | <i>Gambar 12 Tracking Matahari 80 menit</i> |
| |  | |  |
| | <i>Gambar 13 Tracking Matahari 90 menit</i> | | <i>Gambar 14 Tracking Matahari 100 menit</i> |



Gambar 15 Tracking Matahari 110 menit

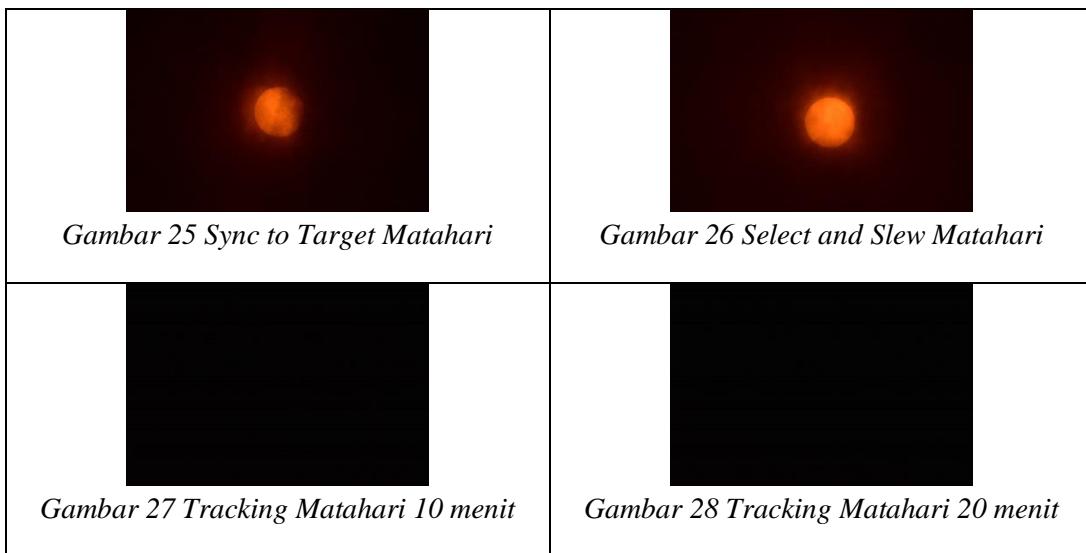
Tabel 6 Pointing dan Tracking Matahari Konfigurasi I

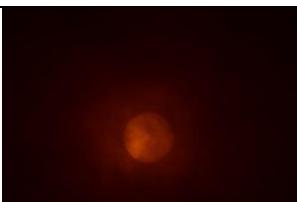
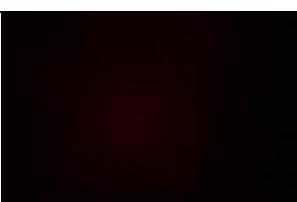
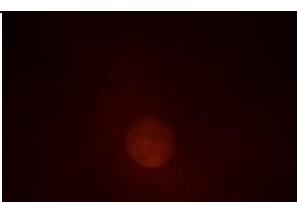
| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
| | <i>Gambar 16 Select and Slew Bulan</i> | | <i>Gambar 17 Sync to Target Bulan</i> | |
| | | | | |
| | <i>Gambar 18 Tracking Bulan 10 menit</i> | | <i>Gambar 19 Tracking Bulan 20 menit</i> | |
| | | | | |
| | <i>Gambar 20 Tracking Bulan 30 menit</i> | | <i>Gambar 21 Tracking Bulan 40 menit</i> | |



Tabel 7 Pointing dan Tracking Bulan Konfigurasi I

Pengamatan menggunakan konfigurasi kedua dilaksanakan pada hari Rabu, 15 Juni 2022. Hasil pengamatan tersebut adalah sebagai berikut:



| | |
|---|--|
|  |  |
| <i>Gambar 29 Tracking Matahari 30 menit</i> | <i>Gambar 30 Tracking Matahari 40 menit</i> |
|  |  |
| <i>Gambar 31 Tracking Matahari 50 menit</i> | <i>Gambar 32 Tracking Matahari 60 menit</i> |
|  |  |
| <i>Gambar 33 Tracking Matahari 70 menit</i> | <i>Gambar 34 Tracking Matahari 80 menit</i> |
|  |  |
| <i>Gambar 35 Tracking Matahari 90 menit</i> | <i>Gambar 36 Tracking Matahari 100 menit</i> |
|  |  |
| <i>Gambar 37 Tracking Matahari 110 menit</i> | <i>Gambar 38 Tracking Matahari 120 menit</i> |

Tabel 8 Pointing dan Tracking Matahari Konfigurasi II

| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |

Tabel 9 Pointing dan Tracking Bulan Konfigurasi II

2. Pembahasan

Setelah dilakukan percobaan untuk mengetahui tingkat akurasi *pointing* dan kemampuan *tracking* dari *mounting* iOptron Cube, dapat dilihat bahwa akurasi *pointing mounting* ini tidak begitu baik. Walupun sudah dilakukan “sync to target”, pada bidang pandang posisi Matahari maupun Bulan tidak konsisten ketika dipilih kembali melalui menu “select and slew”. Kemelencengan untuk Matahari tidak terlalu jauh, piringan Matahari masih masuk ke dalam bidang pandang. Kemelencengan ini diperkirakan ~20 menit busur (dengan asumsi diameter piringan Matahari = 30 menit busur).

Ketika dicoba untuk mengarah ke Bulan, *pointing* dari teleskop memberikan hasil yang tidak memuaskan. Bulan berada di luar bidang pandang dengan jarak yang tidak terlalu jauh. Hanya terlihat semburat cahaya Bulan yang tampak pada bidang pandang. Hal semacam ini akan menjadi masalah untuk pengamatan Hilal dengan elongasi rendah. Cahaya Hilal yang sangat tipis tidak mudah untuk dikesani secara langsung,²³ oleh karena itu apabila kondisi *pointing* seperti ini digunakan Hilal kemungkinan berada di luar bidang pandang kamera.

²³ Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, Hariyadi Putraga,

Untuk mengetahui kemampuan *tracking* Bulan, penulis mencoba melakukan “*sync to target*”. Hal sebelumnya yang terjadi ketika *tracking* Matahari terjadi pula ketika *tracking* Bulan. Teleskop tidak bisa secara konsisten mengikuti pergerakan Bulan. Dengan durasi pengamatan selama 70 menit Bulan masih berada di dalam bidang pandang, walaupun posisinya tidak selalu jatuh pada pixel yang sama. Untuk pengamatan secara langsung hal ini tidak menjadi masalah, namun ketika akan dilakukan *image processing* dengan metode *stacking* maka akan menjadi problem yang harus dihindari.

Dengan konfigurasi pertama yang memiliki bidang pandang sempit teleskop iOptron Cube tidak memberikan luaran yang diharapkan. iOptron Cube tidak memiliki kemampuan cukup baik untuk *pointing* maupun *tracking*. Namun, dengan ukuran yang ringkas dan portabilitas tinggi, hasil seperti ini sudah sangat baik, karena masih dapat mengikuti pergerakan benda langit.

Pada konfigurasi kedua dengan bidang pandang yang lebih luas dilakukan percobaan yang sama. Hasil yang diperoleh pun tetap sama dengan percobaan pertama, yang membedakannya adalah Matahari maupun Bulan tetap berada di dalam bidang pandang, baik ketika dilakukan *pointing* maupun *tracking*. Hal ini dikarenakan bidang pandang yang luas sehingga memberikan toleransi kemelencengan yang lebih besar. Apabila pengamatan hilal menggunakan konfigurasi kedua maka Bulan dapat dipastikan masih berada di dalam bidang pandang, namun tetap sulit untuk dilakukan *image processing* karena posisinya yang tidak konsisten.

Apabila dianalisis dengan pendekatan hasil (*goal approach*), penggunaan iOptron Cube bisa dikatakan efektif untuk pengamatan Hilal dengan beberapa persyaratan. Untuk pendekatan proses ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan efektivitas iOptron Cube untuk pengamatan hilal, diantaranya:

1. Dilengkapi sistem *GPS*

Dengan adanya fitur *GPS* yang terintegrasi di dalam *mounting* sangat memudahkan pengamat dalam *assembling* teleskop. Waktu yang diperlukan untuk menyetel teleskop pun jadi lebih singkat. Adapun kekurangan dari fitur ini adalah pengamatan yang sulit dilakukan di dalam ruangan tertutup. Diperlukan waktu yang lebih lama dan akurasi yang berkurang apabila fitur *GPS* digunakan di dalam ruangan tertutup (beratap).

2. Ukuran yang kompak.

Dengan dimensi yang cukup kecil dan bobot yang ringan memudahkan untuk pengamat yang akan melaksanakan pengamatan secara portabel atau

melakukan pengamatan individual. Hal ini sangat berbeda dengan teleskop jenis lain yang cukup berat untuk dipindahkan.

3. Dapat dioperasikan dengan sumber listrik baterai.

Selain ukuran yang kompak, keberadaan baterai sebagai sumber listrik menjadi nilai tambah apabila pengamatan dilaksanakan di tempat yang belum memiliki akses listrik dengan baik. Beberapa tempat pengamatan hilal merupakan lokasi yang tidak dekat dengan sumber listrik yang memadai, dengan adanya fitur seperti ini akan dapat mempermudah pengamatan di tempat yang ideal.

4. *Hand controller* yang memiliki data objek langit lengkap.

Tidak semua *hand controller* di pasaran terdapat pilihan untuk mengarahkan *mounting* ke Matahari dengan alasan keselamatan. Namun dengan *mounting* iOptron, hal itu dapat dilakukan dengan baik. Pengamatan yang biasa dimulai pada siang hari memerlukan minimal satu benda langit yang terang untuk dijadikan sebagai acuan, dengan adanya pilihan Matahari sebagai acuan maka sangat memudahkan untuk melakukan pengamatan.

5. Mudah digunakan.

Kemudahan pengoperasian teleskop berjenis alt-azimut dapat membantu pengamat yang tidak memiliki wawasan astronomi yang baik. Dengan segala fitur yang tersemat pada *mounting* iOptron Cube, penulis menilai pengoperasian teleskop ini sangat mudah. Pengamat tidak perlu banyak memahami terkait sistem koordinat langit, pengamat tidak perlu mencari koordinat lokasi pengamatan karena sudah ada *GPS*, pengamat tidak perlu melakukan *alignment* terhadap bintang karena ada pilihan *alignment* kepada benda di Tata Surya. Dengan segala fitur itu pengamat dengan wawasan astronomi dasar sudah dapat mengoperasikan teleskop ini dengan baik.

6. Penggunaan *Vixen-type dovetail*.

Dengan *Vixen-type dovetail* maka *mounting* dapat dioperasikan dengan berbagai jenis teleskop lain. Daya bahan beban sampai 7 pon menjadikan *mounting* ini kuat untuk memikul teleskop berbahan logam seperti William Optics Zenithstar 71 ED ditambah kamera DSLR Nikon D5500 yang memiliki total berat 2,67 kg.

7. Harga yang relatif murah.

Melansir dari situs resmi iOptron, untuk seri iOptron Cube SmartStar G-Series R 80 memiliki harga 358USD yang jika dikonversi ke dalam mata uang rupiah dengan kurs Rp14.800,- menjadi Rp5.298.400,-. Harga yang terjangkau untuk teknologi yang terdapat pada teleskop ini.

Dengan menganalisis pendekatan proses (*internal process approach*), banyak hal yang menjadikan teleskop jenis ini efektif untuk pengamatan Hilal. Di beberapa daerah pengamatan Hilal dilakukan secara portabel dan di lokasi yang memiliki keterbatasan sumber listrik. Dengan banyak kemudahan yang ditawarkan, maka wajar banyak praktisi rukyat yang memilih untuk menggunakan teleskop ini.

D. Kesimpulan

Pengamatan Hilal menggunakan teleskop robotik bertujuan agar pengamatan yang dilakukan memiliki kualitas yang lebih baik dan hasil yang diperoleh lebih objektif. Untuk mencapai tujuan tersebut maka instrumen yang digunakan harus secara meyakinkan dapat menghasilkan luaran sesuai dengan ekspektasi. Efektivitas suatu produk dapat diketahui dari percobaan yang dilakukan, dari percobaan tersebut dapat dilihat berapa tingkat keberhasilan yang diperoleh.

Pada kesempatan ini penulis menyimpulkan bahwa dengan menganalisis menggunakan pendekatan hasil dan proses iOptron Cube memiliki efektivitas yang cukup untuk digunakan dalam pengamatan Hilal dengan beberapa catatan. Akurasi *pointing* dan kemampuan *tracking* dari teleskop ini tidak cukup baik, namun jika dipadukan dengan konfigurasi yang tepat hal ini dapat ditoleransi untuk pengamatan langsung.

Daftar Pustaka

- Butar-Butar, Arwin Juli Rakhmadi. (2014). *Kalender: Sejarah dan Arti Pentingnya dalam Kehidupan*. Semarang: CV. Bisnis Mulia Konsultama.
- Faizin, M. Yusuf. (2019). *Studi Komparasi Mounting Altazimuth dan Equatorial untuk Pengamatan Benda Langit (Relevansi dengan pelaksanaan rukyah al-hilal)*, Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Griffths, Martin. (2018). *Observer's Guide to Variable Stars*. Switzerland: Springer.
- Haagh, Niels. *The Modern Alt-Az Telescope Mount- Easi, Fast, and Precise*, <https://telescopemount.org/the-modern-alt-az-telescope-mount-easy-fast-and-precise/>, diakses 12 Juni 2022.
- <https://astrobackyard.com/tracking-vs-guiding/>, diakses 11 Juni 2022.
- https://www.astroshop.eu/astronomical-cameras/zwo-camera-asi-130-mm/p,44282#tab_bar_1_select, diakses 13 Juni 2022
- https://www.astroshop.eu/telescopes/william-optics-apochromatic-refractor-ap-71-418-zenithstar-71-ed-ota/p,43873#tab_bar_1_select, diakses 13 Juni 2022
- <https://www.ioptron.com/product-p/8802b.htm> diakses 10 Juni 2022.
- <https://www.kemenag.go.id/read/kemenag-dorong-pos-observasi-bulan-jadi-wahana-edukasi-falak-v5eoe>, diakses 10 Juni 2022
- <https://www.nikonusa.com/en/nikon-products/product/dslr-cameras/d5500.html#tab-ProductDetail-ProductTabs-TechSpecs>, diakses 13 Juni 2022
- iOptron Corp. (tt.) *SmartStar Cube-G Series Mount and Telescope Instruction Manual*. Woburn: iOptron Corporation.
- Izuddin, Ahmad, Rahman, M. H., & Riza, M. H. (2021). Teleskop Ioptron Cube II dalam Penentuan Arah Kiblat. *AL - AFAQ : Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi*, 3(1), 25–40.
- Junaidi, Ahmad. (2018). Memadukan Rukyatulhilal dengan Perkembangan Sains. *Madania: Jurnal Kajian Keislaman*, 22 (1), 145-158.
- Mahmudi. (2015). *Manajemen Kinerja Sektor Publik*. Yogyakarta: Unit Penerbit dan Percetakan Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen YKPN.
- Putraga, Hariyadi. (2016). *Astronomi Dasar*. Medan: CV. Prima Utama.
- Qorib, Muhammad. (2019). Peran dan Kontribusi OIF UMSU dalam Pengenalan Ilmu Falak di Sumatera Utara. *Jurnal Pendidikan Islam*, 10 (2), 133-141
- Ruskanda, Farid. (1994). “Teknologi Rukyah Secara Objektif” dalam *Rukyah dengan Teknologi: Upaya Mencari Kesamaan Pandangan tentang Penentuan Awal Ramadhan dan Syawal*. Jakarta: Gema Insani Press.
- Silalahi, Ulber. (2015). *Asas-asas Manajemen*. Bandung: Refika Aditama.

Wallace, Patrick. *Pointing Telescope*, <http://www.tpointsw.uk/pointing.htm>,
diakses 11 Juni 2022.