

BAB III

AKURASI TELESKOP VIXEN SPHINX

A. Spesifikasi Teleskop Vixen Sphinx

Secara harfiah, teleskop berarti alat yang dapat “melihat jauh”. Teleskop merupakan instrumen optik yang berfungsi mengumpulkan lebih banyak cahaya daripada mata manusia dan dapat memperbesar objek yang jauh.¹

Pada prinsipnya, optik teleskop terdiri dari dua bagian, yaitu objektif dan okuler. Objektif berfungsi memusatkan cahaya bintang pada satu titik api atau fokus. Okuler berfungsi menangkap cahaya yang sudah terpusat ini. Menurut Agustinus Gunawan Admiranto, fungsi pokok teleskop adalah mengumpulkan cahaya, memperbesar bayangan, dan memperbesar daya pisah.²

A.E. Roy dan D. Clarke menyebutkan fungsi utama teleskop secara lebih detail, antara lain:³

1. Untuk memungkinkan pengumpulan cahaya yang mencakup area yang lebih besar sehingga objek yang samar dapat dideteksi dan diukur dengan lebih akurat.

¹ Robbin Kerrod, *Bengkel Ilmu Astronomi*, diterjemahkan oleh Syamaun Peusangan dari *Get a Grip on Astronomy*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2005, hlm. 6.

² Agustinus Gunawan Admiranto, *Menjelajahi Bintang Galaksi dan Alam Semesta*, Yogyakarta: Kanisius, 2009, hlm. 8.

³ A. E. Roy dan D. Clarke, *Astronomy: Principles and Practices*, Bristol: J. W. Arrowsmith, 1978, hlm. 233.

2. Untuk memungkinkan tercapainya sudut resolusi yang lebih tinggi sehingga pengukuran posisi dapat dibuat lebih akurat dan rinci sehingga informasi mengenai objek benda langit dapat direkam.

Teleskop Vixen Sphinx merupakan salah satu teleskop yang dibuat oleh perusahaan Vixen Company yang berpusat di Jepang. Teleskop Vixen Sphinx yang dimaksud dalam skripsi ini adalah teleskop Vixen Sphinx dengan mounting ekuatorial tipe SXW (*SXW Mount*).⁴ Mounting ekuatorial adalah jenis penyangga teleskop yang posisinya didesain sejajar dengan sumbu rotasi bumi. Selain mengikuti gerak rotasi bumi, *mounting* tipe ekuatorial juga bergerak mengikuti gerakan benda langit.⁵

Spesifikasi komponen Teleskop Vixen Sphinx yang dikaji dalam skripsi ini antara lain:⁶

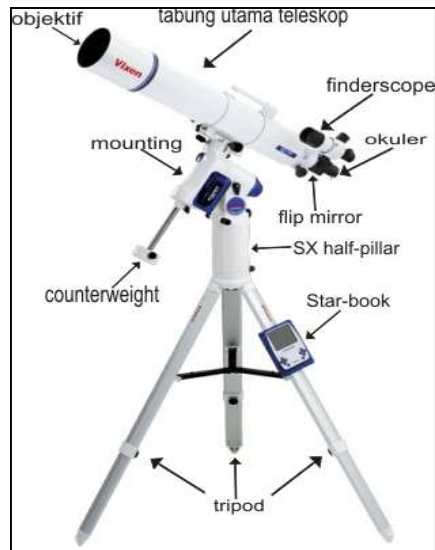
1. *Mounting* ekuatorial tipe SXW (*SXW mount*)
2. Tabung teleskop ED80Sf (D= 80 mm, f= 600 mm)
3. Teleskop pengintai (*finderscope*)
4. Okuler (*eyepiece*)
5. Kaca pembalik (*flip mirror*)
6. STAR BOOK
7. Lensa objektif (*objective lens*)
8. SX-Half Pillar
9. Tripod (*tripod legs*)

⁴ Teleskop Vixen Sphinx dengan jenis mounting ekuatorial memiliki tiga variasi, antara lain tipe SXD, SXW, dan SXC.

⁵ Vixen Company, *Vixen Instruction Manual for SX/SXD Equatorial Mount*, Saitama: Vixen Co., Ltd., 2000, hlm. 4.

⁶ *Ibid.*, hlm. 5.

10. Pemberat (*counterweight*)



Gambar 3.1 : Teleskop refraktor Vixen Sphinx mounting ekuatorial

Sumber: www.vixenoptics.com

Deskripsi STAR BOOK yang digunakan sebagai *remote control* teleskop adalah sebagai berikut:⁷

1. CPU: 32 bit RISC prosesor CS89712
2. Tampilan: STN 4.7-inch Color LCD Screen
3. *Power port*: DC 12 V EIAJ RCF320A Class 4
4. *Equatorial mount connecting port*: D-SUB 9-PIN
5. *LAN connecting port*: 10 BASE-T
6. Suplai tenaga: dari mounting (DC 12 V) selama pengoperasian
7. Baterai: CR2032
8. Dimensi: 195 L x 145 W x 28 T mm

⁷ *Ibid.*, hlm. 6.

9. Database objek benda langit: total 22.735 (*Fixed Star*: 17.635, Objek Messier: 110, NGC/IC: 4.980, 8 planet, Bulan dan Matahari)

B. Akurasi Teleskop Vixen Sphinx untuk Rukyat Hilal

1. Parameter Akurasi Teleskop Vixen Sphinx

Menurut Hanief Trihantoro,⁸ ada dua aspek yang dapat digunakan untuk menilai akurasi teleskop, yakni tipe penyangga dan kualitas komponen optik. Kualitas optik yang dimaksud adalah bagaimana sistem optiknya, apakah ada pelapisan/laminasi, apakah lensanya apokromatis, atau apakah cerminnya non aberasi.⁹

Standar penilaian akurasi tersebut sama sebagaimana yang dinyatakan Muh. Ma'rufin Sudibyo.¹⁰ Ma'rufin menyatakan bahwa penilaian mengenai akurat atau tidaknya teleskop dilihat dari dua aspek, yakni kemampuan optik dan *mounting*.¹¹ Berdasarkan jenis penyangganya, teleskop dibagi menjadi dua macam, yaitu altazimuth dan ekuatorial. Sedangkan berdasarkan jenis komponen optiknya, terdapat tiga macam teleskop, yaitu refraktor (menggunakan lensa sebagai obyektif), reflektor (menggunakan cermin sebagai obyektif), dan katadioptrik.

⁸ Hanief Trihantoro adalah pakar astronomi, alumnus Institut Teknologi Bandung (ITB) yang saat ini menjadi pengelola situs astronomi populer di Indonesia yaitu duniaastronomi.com. Sebelumnya, ia menjabat sebagai pengelola Planetarium Jagad Raya Tenggarong, Kalimantan Timur.

⁹ Hasil wawancara dengan Hanief Trihantoro via pesan Facebook pada tanggal 3 & 4 Februari 2012.

¹⁰ Muh. Ma'rufin Sudibyo adalah pakar astronomi, alumnus Universitas Gajah Mada. Saat ini dia dipercaya sebagai salah satu pengurus Rukyat Hilal Indonesia, sebuah organisasi independen di bidang falak dan Ketua Badan Hisab Rukyat (BHR) Kebumen. Dia juga aktif sebagai pengelola situs astronomi yaitu kafeastronomi.com.

¹¹ Hasil wawancara dengan Muh. Ma'rufin Sudibyo via pesan Facebook pada tanggal 3 & 17 Februari 2012.

a) Aspek penyangga

Ditinjau dari aspek penyangga, teleskop Vixen Sphinx termasuk alat optik rukyat yang memiliki tipe penyangga ekuatorial dimana pergerakannya mengacu pada sistem koordinat ekuatorial, yakni mengacu pada deklinasi dan asensio rekta. Penyangga teleskop dibuat sedemikian rupa sehingga salah satu sumbu tersebut (sumbu polar) dibuat sejajar dengan sumbu bumi. Ketika teleskop digerakkan mengelilingi sumbu ini, teleskop akan mengikuti arah yang sama dengan jalur orbit bintang. Teleskop juga dapat bergerak mengelilingi sumbu yang lain (sumbu deklinasi) untuk menentukan tinggi rendah posisi benda langit dari lingkaran ekuator langit.

b) Aspek komponen optik

Komponen optik utama yang digunakan untuk pengamatan, yakni tabung teleskop ED80Sf ($D= 80 \text{ mm}$, $f= 600 \text{ mm}$) merupakan jenis refraktor apokromatis. Artinya, meskipun secara umum teleskop refraktor memiliki cacat optik aberasi kromatis, namun karena tipe desain optik yang digunakan adalah apokromatis, maka teleskop ini tidak mempunyai cacat optik aberasi kromatis. Dengan demikian, kelemahan yang dimiliki teleskop refraktor pada umumnya tidak dimiliki teleskop Vixen dengan tipe tabung ED80Sf.

Menurut Joko Prasetyo,¹² permasalahan akurasi optik teleskop juga berkaitan dengan kekuatan pembesarannya terhadap objek benda langit dan medan pandangnya. Untuk pengamatan menggunakan mata, pembesaran dapat dihitung dari rasio panjang fokus lensa obyektif dibanding panjang

¹² Joko Prasetyo adalah pengelola Kudus Astro Club (KAC) dan situs Astronomi populer di Indonesia, kafeastronomi.com.

fokus lensa okuler. Jika target hilal dapat masuk di medan pandang berarti akurat dengan nilai terbesar pas di tengah medan pandang.¹³ Tingkat akurasi teleskop dapat dilihat dari beberapa aspek di bawah ini:

(1) Lubang Lensa (*Aperture*)

Ketika kita berbicara mengenai ukuran sebuah teleskop, maka pada dasarnya kita sedang berbicara mengenai lubang lensanya (*aperture*). Lubang lensa ini didefinisikan dengan diameter (biasanya dalam satuan inci, sentimeter, atau millimeter) optik utama pada instrumen. Sebagai contoh, diameter lubang lensa objektif pada teleskop refraktor Galileo adalah sekitar 1,5 inci. Maka, teleskop itu disebut refraktor 1,5 inci. Teleskop reflektor milik Isaac Newton menggunakan cermin berdiameter 1,33 inci. Oleh karenanya, disebut reflektor 1,33 inci.

(2) Panjang Fokal (*Focal Length*)

Panjang fokal adalah jarak dari lensa objektif atau cermin utama menuju titik fokal (*focal point*) atau fokus utama (*prime focus*) dimana sinar-sinar cahaya bertemu. Pada teleskop reflektor dan katadioptrik, panjang fokal teleskop tergantung pada lengkungannya pada cermin teleskop. Semakin dalam lengkungannya cermin, maka panjang fokal akan semakin pendek. Sedangkan panjang fokal pada teleskop refraktor ditentukan oleh lengkungannya lensa objektif dan jenis bahan yang digunakan untuk membuat lensa. Sebagaimana lubang lensa, panjang fokal juga biasanya ditulis dalam satuan inci, sentimeter, dan milimeter.

¹³ Hasil wawancara dengan Joko Prasetyo via pesan Facebook pada tanggal 3 Februari 2012.

(3) Rasio Fokal (*Focal Ratio*)

Dalam buku dan majalah astronomi seringkali ditemukan tulisan “8-inch f/10, 14-inch f/4,5”, atau yang semisal dengan variasi angka yang berbeda. Angka tersebut dinamakan rasio fokal sebuah teleskop. Cara yang cukup sederhana untuk menentukan rasio fokal teleskop yaitu membagi panjang fokal dengan lubang lensa (*aperture*). Oleh karena itu, teleskop dengan *aperture* 8 inci dan panjang fokal 80 inci memiliki rasio fokal (f-ratio) f/10, karena hasil dari $80 \div 8 = 10$.

Secara matematis, perhitungan rasio fokal adalah sebagai berikut:

$$\text{Rasio fokal} = \frac{\text{panjang fokal}}{\text{lubang lensa}}$$

Untuk mencari panjang fokal maupun *aperture*, dapat dilakukan dengan cara mengubah ruas. Sebagai contoh, mencari panjang fokal teleskop dengan spesifikasi 8-inch f/10.

$$10 = \frac{\text{Panjang Fokal}}{8}$$

$$\text{Panjang Fokal} = 10 \times 8 = 80 \text{ inci.}$$

Konsep rasio fokal yang berlaku dalam kamera, yaitu semakin kecil f-rasio, maka gambar yang bisa dilihat akan semakin jelas. Secara umum, konsep ini juga berlaku pada teleskop. Akan tetapi, semakin kecil f-rasio teleskop tidak serta merta dapat menghasilkan gambar yang lebih jelas jika digunakan secara visual.¹⁴

¹⁴ Maksud dari digunakan secara visual di sini adalah pengamat melihat benda langit melalui teleskop secara langsung, tidak melalui detektor.

Sebagai contoh, hasil penampakan objek benda langit yang diamati menggunakan teleskop 8-inch f/5 dan 8-inch f/10 akan terlihat sama jika keduanya menggunakan pembesaran yang sama. Dalam teleskop, faktor yang berpengaruh terhadap terang atau tidaknya penampakan sebuah objek ditentukan oleh *aperture* dan pembesaran.

(4) Pembesaran (*Magnification*)

Pembesaran teleskop dapat diketahui dengan cara membagi panjang fokal teleskop dengan panjang fokal *eyepiece* yang digunakan.¹⁵ Rumus matematis dari pembagian tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Pembesaran} = \frac{\text{panjang fokal teleskop (mm)}}{\text{panjang fokal eyepiece (mm)}}$$

Sebagai contoh, kita memakai *eyepiece* 25 mm untuk teleskop Celestron NexStar 5 yang memiliki panjang fokal 1250 mm. Berdasarkan rumus di atas, maka 1250 mm dibagi 25 mm. Hasilnya, 50 kali pembesaran. Meski kekuatan pembesaran antara 1 teleskop dengan teleskop lain berbeda-beda, tiap teleskop memiliki batasan untuk mencapai pembesaran maksimal. Secara umum, 1 inci yang nampak pada lubang lensa (*aperture*) mewakili 60 kali pembesaran. Sebagai contoh, teleskop Celestron NextStar 5 memiliki diameter 5". Diameter ini (5") kemudian dikalikan 60, sehingga menghasilkan pembesaran maksimal 300 kali.¹⁶

(5) Medan Pandang

¹⁵ Celestron, *NexStar 5^{SE} Instruction Manual*, Torrance: Celestron, 2006, hlm. 28.

¹⁶ *Ibid.*

Medan pandang merupakan ukuran sudut (*angular size*) maksimum yang terlihat melalui sistem optik. Secara umum, jika pembesaran meningkat, medan pandang akan berkurang. Lensa okuler (*eyepiece*) memiliki medan pandang lihat (*apparent field of view*), yaitu sudut maksimum sebagaimana dilihat melalui lensa itu sendiri.

Setelah pembesaran teleskop diketahui, langkah selanjutnya adalah menentukan medan pandang. Penentuan medan pandang ini penting digunakan untuk mengetahui ukuran sudut (*angular size*) benda langit yang sedang diamati. Medan pandang yang sebenarnya (*actual field of view*) dapat diketahui dengan cara membagi medan pandang yang nampak pada *eyepiece* dengan pembesaran teleskop. Rumusnya adalah sebagai berikut:¹⁷

$$\text{Medan pandang sebenarnya} = \frac{\text{medan pandang di eyepiece}}{\text{pembesaran pada teleskop}}$$

Sebagaimana contoh sebelumnya, kita dapat menentukan medan pandang menggunakan *eyepiece* 25 mm yang memiliki medan pandang yang terlihat pada *eyepiece* sebesar 52°. Angka 52° kemudian dibagi 50 (pembesaran). Hasilnya, medan pandang sebenarnya bernilai lebih kurang 1°. Untuk mengubah derajat ke dalam satuan kaki (1 kaki = 0.305 meter) pada jarak 1000 yard (1 yard = 0.914 meter), hasil tersebut (1°) dikali 52,5 sehingga menghasilkan lebar bidang linear sebesar 52,5 kaki pada jarak 1000 yard.¹⁸

¹⁷ Philip S. Harrington, *op.cit.*, hlm. 186.

¹⁸ Celestron, *op.cit.*, hlm. 28-29.

Parameter-parameter di atas dipakai untuk menentukan seberapa besar pembesaran dan medan pandang teleskop yang digunakan untuk menilai tingkat akurasi teleskop. Parameter tersebut dapat dilihat dari spesifikasi-spesifikasi perangkat optik yang dimilikinya. Semakin baik spesifikasi yang dimiliki, akan semakin baik pula tingkat akurasinya.

Perangkat optik teleskop Vixen Sphinx memiliki spesifikasi-spesifikasi sebagai berikut:

(1) Tabung Teleskop ED 80 S ($D= 80$ mm, $f= 600$ mm)

Tabung teleskop Vixen Sphinx yang digunakan sebagai objek penelitian memiliki diameter lensa objektif 80 mm dan panjang fokal 600 mm.

(2) Teleskop Pengintai Objek (*Finderscope*)

Finderscope yang digunakan memiliki diameter lensa objektif 7 mm dan panjang fokal 50 mm. Meskipun termasuk perangkat optik teleskop, *finderscope* hanya digunakan sebagai pembantu pengamat dalam menentukan ketepatan posisi benda langit, bukan untuk keperluan pengamatan. Oleh karena itu, variasi *finderscope* tidak terlalu berpengaruh terhadap akurasi teleskop.

(3) Okuler (*Eyepiece*)

Jenis *eyepiece* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *eyepiece* Vixen 25 mm dengan medan pandang 50° .

Berdasarkan spesifikasi-spesifikasi perangkat optik tersebut, maka dapat diketahui bahwa nilai dari:

(1) Lubang Lensa (*Aperture*)

Teleskop Vixen Sphinx memiliki diameter lensa objektif 80 mm. Dengan demikian, lubang lensa objektifnya sama dengan diameternya yaitu 80 mm.

(2) Panjang Fokal (*Focal Length*)

Teleskop Vixen Sphinx memiliki panjang fokal 600 mm.

(3) Rasio Fokal (*Focal Ratio*)

$$\text{Rasio fokal} = \frac{\text{panjang fokal}}{\text{lubang lensa}} = \frac{600 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 7.5$$

maka, rasio fokal (*f-ratio*) Teleskop Vixen Sphinx adalah $f/7,5$.

(4) Pembesaran (*Magnification*)

$$\text{Pembesaran} = \frac{\text{panjang fokal teleskop (mm)}}{\text{panjang fokal eyepiece (mm)}} = \frac{600 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} = 24 \text{ kali}$$

(5) Medan Pandang

$$\begin{aligned} \text{Medan pandang sebenarnya} &= \frac{\text{medan pandang di eyepiece}}{\text{pembesaran pada teleskop}} \\ &= \frac{50^\circ}{24} \\ &= 2.08^\circ \end{aligned}$$

2. Akurasi Teleskop Vixen Sphinx

Tahap-tahap yang dilakukan untuk menguji akurasi teleskop Vixen Sphinx untuk rukyat hilal antara lain:

- a. Menyiapkan data-data astronomis yang digunakan untuk rukyat hilal.

Hisab yang dipakai menggunakan metode Ephemeris yang dikategorikan

ke dalam hisab *haqiqi* kontemporer yang notabene merupakan hisab paling akurat saat ini. Rukyat hilal dilakukan pada 16 Oktober 2012 TU pada hari Selasa untuk melihat hilal Zulhijah.

- b. Menyiapkan tempat yang digunakan untuk rukyat hilal. Rukyat dilakukan di Menara Al-Husna Masjid Agung Jawa Tengah.
- c. Mempersiapkan alat yang digunakan untuk rukyat, yakni teleskop Vixen Sphinx yang diuji akurasi.

Teknik rukyat hilal menggunakan teleskop Vixen Sphinx melalui tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Menyeting Teleskop untuk Observasi

Tahap penyetingan teleskop untuk observasi hilal adalah sebagai berikut:

- 1) Menyetel tripod dalam kondisi datar dengan cara menaruh *waterpass* di atas tripod. Panjang kaki tripod disesuaikan satu sama lain dengan melihat posisi udara pada *waterpass*. Jika udara sudah berada di tengah, berarti tripod dalam keadaan datar. Bagian tripod yang terdapat tonjolan diletakkan di arah utara sesuai dengan arah kompas Suunto yang sudah ditambahkan dengan koreksi deklinasi magnetik untuk daerah Semarang.
- 2) Memasang *mounting* pada tripod.
- 3) Memasang pemberat pada *mounting*.
- 4) Memasang tabung teleskop pada *mounting*. Gerak tabung disesuaikan agar seimbang dengan cara mengatur posisi pemberat pada *mounting*.

b. Observasi Hilal dengan Teleskop

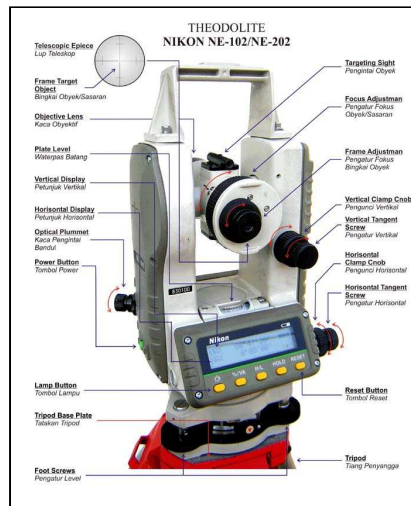
- 1) Memasukkan data-data tempat dan waktu. Data tempat meliputi lintang dan bujur tempat, bujur daerah, sedangkan data waktu meliputi zona waktu dan waktu pengamatan yang terdiri dari jam dan tanggal pengamatan.
- 2) Melakukan kalibrasi dengan cara menyesuaikan gerakan teleskop terhadap posisi bintang. Dalam hal ini bintang yang dipakai untuk kalibrasi adalah matahari. Kalibrasi ini bertujuan agar teleskop dapat bergerak ke arah benda langit secara akurat.
- 3) Memilih data objek benda langit yang akan diamati, yakni bulan (*moon*). Setelah itu, memilih menu "Automatic Slewing" agar teleskop dapat terus mengikuti gerakan bulan secara otomatis.
- 4) Melakukan pengamatan hilal saat matahari terbenam mulai jam 17^j 32^m 48.34^d WIB.

Selama waktu *mukuts* hilal (lama hilal di atas ufuk) yakni 00^j 46^m 22.38^d, awan pekat terus nampak di langit sehingga hilal tidak berhasil dilihat oleh pengamat.

C. Spesifikasi Teodolit Nikon NE-202

Teodolit Nikon NE-202 merupakan salah satu merek teodolit yang dibuat oleh perusahaan Nikon yang berpusat di Jepang. Teodolit Nikon NE-202 yang dimaksud dalam skripsi ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Pengintai objek (*Targetting Sight*)
2. Pengatur fokus objek/sasaran (*Focus adjustment*)
3. Pengatur fokus bingkai objek (*Frame adjustment*)
4. Pengunci vertikal (*Vertical clamp knob*)
5. Pengatur vertikal (*Vertical tangent screw*)
6. Pengunci horizontal (*Horizontal clamp knob*)
7. Pengatur horizontal (*Horizontal tangent screw*)
8. Tombol reset (*Reset button*)
9. Tripod penyangga (*Tripod*)
10. Lup teleskop (*Telescopic eyepiece*)
11. Bingkai objek (*Frame target object*)
12. Lensa objektif (*Objective lens*)
13. Waterpass batang (*Plat level*)
14. Petunjuk vertikal (*Vertical display*)
15. Petunjuk horizontal (*Horizontal display*)
16. Optik pengintai bandul (*Optical plummet*)
17. Tombol power (*Power button*)
18. Tombol lampu (*Lamp button*)
19. Tatakan tripod (*Tripod base plate*)
20. Pengatur level (*Foot screws*)



Gambar 3.2 : Teodolit Nikon NE-202

Sumber: moeidzahid.site90.net

Teropong teodolit Nikon NE-202 memiliki diameter lubang lensa objektif sebesar 45 mm yang dapat digunakan untuk mengamati sebuah objek pada jarak yang dekat maupun jauh. Jarak fokus minimum yang dapat dilihat dengan teropong teodolit adalah 0.7 m (2.3 kaki). Pembesaran teropong maksimal mencapai 30 kali. Medan pandang pada tiap jarak 100 m/ 100 kaki adalah $1^{\circ} 20'$ (2.3 m/2.3 kaki). Akurasi perhitungan sudut yang ditampilkan pada *display* adalah $5''$.¹⁹

]

¹⁹ Untuk melihat sebuah objek yang dekat maupun jauh digunakan pengatur fokus (*focus adjustment*). Caranya adalah dengan memutar pengatur fokus sedemikian rupa hingga objek dapat dilihat dengan jelas. Tripod Data Systems, *NE-203/202Electronic Digital Teodolits*, Corvallis: A Trimble Company, 2005, hlm. 2.

D. Akurasi Teodolit Nikon NE-202 untuk Rukyat Hilal

1. Parameter Akurasi Teodolit Nikon NE-202

Untuk menguji tingkat akurasi teodolit Nikon NE-202, ada dua parameter yang digunakan sebagai acuan. Parameter tersebut antara lain penyangga dan perangkat optik. Teodolit Nikon NE-202 digunakan sebagai pembandingan akurasi teleskop Vixen Sphinx.

a) Aspek penyangga

Ditinjau dari aspek penyangga, teodolit Nikon NE-202 termasuk alat optik yang memiliki tipe penyangga altazimuth yang bergerak sesuai sistem koordinat horizontal. Pergerakannya adalah secara vertikal dan horizontal. Alat optik dengan tipe penyangga seperti ini dapat digerakkan ke atas dan ke bawah (sesuai *altitude* atau tinggi benda langit) dan bergeser secara horizontal (sesuai azimuth atau arah benda langit). Tinggi benda langit (*altitude*) dihitung dari 0° (horizon atau ufuk) hingga 90° (zenith). Sedangkan azimuth dihitung dari 0° di titik utara ke arah timur searah jarum jam hingga 360° jika mencapai titik utara kembali.²⁰

Kekurangan dari penyangga ini, jika pengamat ingin mengikuti gerakan benda langit tertentu, maka dia harus menggerakkan teleskop mengikuti ketinggian (*altitude*) dan azimuth benda langit secara berkesinambungan agar dapat mengikuti benda langit di angkasa. Akan tetapi,

²⁰ Fred Schaaf, *The 50 Best Sights in Astronomy and How to See Them: Observing Eclipses, Bright Comets, Meteor Showers, and Other Celestial Wonders*, New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2007, hlm. 7.

untuk mendapatkan hasil yang benar-benar akurat, cara tersebut sulit dilakukan.²¹

b) Aspek komponen optik

Tipe teropong yang digunakan dalam teodolit Nikon NE-202 adalah refraktor. Namun, teropong ini bukan tipe optik apokromatis. Oleh sebab itu, teropong ini masih memiliki cacat optik yang pada umumnya terdapat pada refraktor, yaitu aberasi kromatis.

Permasalahan akurasi perangkat optik secara umum berkaitan dengan kekuatan pembesaran dan keberhasilannya dalam mengamati objek benda langit. Tingkat akurasi hasil pengamatan itu dipengaruhi beberapa aspek yang menjadi unsur terbentuknya alat optik. Sebagai pembanding tingkat akurasi teleskop Vixen Sphinx, parameter yang digunakan untuk menilai akurasi optik teodolit Nikon NE-202 antara lain lubang lensa (*aperture*), panjang fokal (*focal length*), rasio fokal (*focal ratio*), pembesaran (*magnification*), dan medan pandang (*field of view*). Parameter itu dapat dilihat dari spesifikasi-spesifikasi perangkat optik teodolit.

Spesifikasi perangkat optik teodolit Nikon NE-202 antara lain:

(1) Teropong (D= 45 mm)

Teropong pada teodolit Nikon NE-202 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

(a) Diameter lensa objektif 45 mm

(b) Jarak fokus minimum 0.7 m (2.3 kaki)

²¹ Robbin Kerrod, *op.cit.*, hlm. 13.

(c) Pembesaran teropong maksimal mencapai 30 kali

(d) Medan pandang pada tiap jarak 100 m/ 100 kaki adalah $1^\circ 20'$ ($2.3 \text{ m}/2.3 \text{ kaki}$)²²

(2) Pengintai Objek (*Targetting Sight*)

Pengintai objek pada teodolit dipakai untuk memudahkan pengamat dalam mengarahkan teropong ke objek benda langit.

Berdasarkan spesifikasi-spesifikasi perangkat optik tersebut, maka dapat diketahui bahwa nilai dari:

(1) Lubang Lensa (*Aperture*)

Teodolit Nikon NE-202 memiliki diameter lensa objektif 45 mm. Dengan demikian, lubang lensa objektifnya sama dengan diameternya yaitu 45 mm.

(2) Panjang Fokal (*Focal Length*)

Panjang fokal teodolit Nikon NE-202 tidak tertera pada perangkat optiknya.

(3) Rasio Fokal (*Focal Ratio*)

$$\text{Rasio fokal} = \frac{\text{panjang fokal}}{\text{lubang lensa}}$$

Karena panjang fokal tidak tertera pada perangkat optiknya, maka rasio fokal (*f-ratio*) teodolit Nikon NE-202 tidak dapat diketahui.

(4) Pembesaran (*Magnification*)

²² Untuk melihat sebuah objek yang dekat maupun jauh digunakan pengatur fokus (*focus adjustment*). Caranya adalah dengan memutar pengatur fokus sedemikian rupa hingga objek dapat dilihat dengan jelas. Tripod Data Systems, *NE-203/202Electronic Digital Teodolits*, Corvallis: A Trimble Company, 2005, hlm. 2.

$$\text{Pembesaran} = \frac{\text{panjang fokal teleskop (mm)}}{\text{panjang fokal eyepiece (mm)}} = 30 \text{ kali}$$

(5) Medan Pandang

$$\begin{aligned} \text{Medan pandang sebenarnya} &= \frac{\text{medan pandang di eyepiece}}{\text{pembesaran pada teleskop}} \\ &= 1^\circ 20' \end{aligned}$$

2. Akurasi Teodolit Nikon NE-202

Tahap-tahap yang dilakukan untuk menguji akurasi teleskop Vixen Sphinx untuk rukyat hilal antara lain:

- a. Menyiapkan data-data astronomis yang digunakan untuk rukyat hilal. Hisab yang dipakai menggunakan metode Ephemeris yang dikategorikan ke dalam hisab *haqiqi* kontemporer yang notabene merupakan hisab paling akurat saat ini. Rukyat hilal dilakukan pada 16 Oktober 2012 TU pada hari Selasa untuk melihat hilal Zulhijah.
- b. Menyiapkan tempat yang digunakan untuk rukyat hilal. Rukyat dilakukan di Menara Al-Husna Masjid Agung Jawa Tengah.
- c. Mempersiapkan alat yang digunakan untuk rukyat, yakni teodolit Nikon NE-202 yang digunakan sebagai pembanding tingkat akurasi dengan teleskop Vixen Sphinx.

Teknik rukyat hilal menggunakan teodolit Nikon NE-202 melalui tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Mengukur Azimuth Hilal

Pengukuran azimuth hilal dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Memasang teodolit pada tripod (kaki penyangga)
- 2) Menyetel 3 sekrup di bagian bawah teodolit hingga posisi teodolit benar-benar datar. Datar atau tidaknya teodolit dapat dilihat dari posisi udara di *waterpass* di bagian atas sekrup dan di bagian atas layar. Untuk *waterpass* di bagian atas sekrup, jika udara sudah berada di tengah lingkaran, maka teodolit sudah datar. Untuk *waterpass* di bagian atas layar, jika udara sudah berada di tengah, maka teodolit sudah datar.
- 3) Mengarahkan komponen optik teodolit (teropong) ke ufuk barat, kemudian menyetel diafragma hingga ufuk terlihat paling cerah.
- 4) Memasang kompas Suunto di atas (puncak) teodolit untuk mengetahui arah barat.
- 5) Mengarahkan teodolit ke titik barat dengan cara mengintai lubang kompas. Jika angka kompas sudah menunjukkan angka 270° , maka teodolit sudah mengarah ke titik barat. Karena arah yang ditunjukkan kompas adalah arah magnetik, maka angka 270° ditambah dengan variasi magnet.
- 6) Mengunci teodolit dengan cara mengencangkan klem horizontal agar tidak bergerak secara horizontal.
- 7) Menghidupkan teodolit dengan cara menekan tombol "power".
- 8) Setelah teodolit dihidupkan, di layar akan muncul tulisan:

$$VA = 00^\circ 00' 00''$$

$$HA = 00^{\circ} 00' 00''$$

Ini berarti gerakan horizontal teodolit ($HA = \textit{horizontal angle}$) yang dipakai untuk menentukan azimuth dan gerakan vertikalnya ($VA = \textit{vertical angle}$) yang dipakai untuk menentukan ketinggian, masih belum bergerak.

- 9) Memerhatikan azimuth hilal menurut hasil hisab sistem ephemeris yang sudah disiapkan. Ini untuk mengetahui posisi hilal, apakah posisi hilal berada di sebelah utara titik barat ataukah di selatan titik barat. Karena posisi hilal di selatan titik barat, maka tombol "R/L" ditekan hingga tampil huruf "L".
- 10) Membuka kunci horizontal teodolit (*horizontal clamp*)
- 11) Mengarahkan teodolit sesuai dengan besar sudut azimuth hilal. Besar sudut azimuth tersebut tertera pada layar (*display*) teodolit pada bagian *horizontal angle* (HA). Nilai sudut azimuth hilal dapat diperhalus dengan cara memutar sekrup penyetel horizontal (*horizontal tangent clamp*).
- 12) Mengunci kembali kunci horizontal.

b. Mengukur Tinggi Hilal

- 1) Mengarahkan sasaran teleskop tepat pada ufuk mar'i.
- 2) Angka yang tertera pada layar kemudian dicatat sebagai patokan untuk menentukan tinggi hilal. Gerak vertikal teodolit (*vertical angle*) lalu dikunci dengan kunci vertikal (*vertical clamp*).

- 3) Menekan "0 Set" untuk mengembalikan nilai sudut vertikal menjadi $00^{\circ} 00' 00''$. Nilai $00^{\circ} 00' 00''$ tersebut merupakan ufuk mar'i yang menjadi patokan dalam menentukan tinggi hilal mar'i.
- 4) Menggerakkan komponen optik teodolit (teropong) ke atas hingga angka yang tertera pada display menunjukkan $10^{\circ} 39' 27.12''$ (tinggi hilal di atas ufuk mar'i).
- 5) Mengunci gerak vertikal teropong dengan pengunci vertikal (*vertical clamp*). Nilai sudut ketinggian hilal diperhalus dengan cara memutar sekrup penyetel vertikal (*vertical tangent clamp*).

c. Observasi Hilal dengan Teodolit

- 1) Setelah pengukuran azimuth dan tinggi hilal dilakukan, pengamat menunggu waktu matahari terbenam pada jam $17^j 32^m 48.34^d$ WIB.
- 2) Saat matahari mulai terbenam jam $17^j 32^m 48.34^d$ WIB, pengamat mulai melakukan rukyat hilal melalui komponen optik teropong teodolit. Selama waktu *mukuts* hilal (lama hilal di atas ufuk) yakni $00^j 46^m 22.38^d$, awan pekat terus nampak di langit sehingga hilal tidak berhasil dilihat oleh pengamat.

Secara teori, teleskop Vixen Sphinx memiliki akurasi yang lebih baik untuk keperluan rukyat hilal bila dibandingkan dengan teodolit Nikon NE-202. Akan tetapi, berdasarkan hasil observasi hilal awal bulan Zulhijah 1433 H yang dilakukan penulis, kekuatan optik teleskop Vixen Sphinx masih belum mampu menangkap cahaya lemah hilal yang tertutup oleh mendung.