



Analisis kondisi parameter atmosfer dan geografis observatorium astronomi Sunan Ampel Surabaya

Muhamad Arrizal Hasby¹, Ilham Sigit Septianto¹, Annisa Rahmi Kurnia¹, Novi Sopwan¹, Muhammad Akbarul Humam², Ridlo Wahyudi Wibowo²

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

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

23 September 2023

Abstract

As an observatory located in the middle of the city and surrounded by tall buildings, OASA needs to really pay attention to the atmospheric and geographical conditions in its surroundings, with the aim of determining the focus and direction of future development of the observatory. This research examines the conditions of atmospheric parameters around the observatory which include seeing, extinction and sky brightness based on the results of night sky observations. This research also reviews geographical conditions related to the location and topography of OASA as an observatory. Based on observations made on July 21 2023 using the stars Arcturus and Tarazed, the visible value of the atmosphere around OASA is 1.8 arc seconds, with extinction coefficient and sky brightness values of 0.3 and 17.83 MPSAS. The results of this research show that OASA has poor atmospheric quality, especially in the area around the horizon which shows a decrease in the quality of the appearance of celestial objects as they approach the horizon. Apart from that, geographically OASA also has many obstacles around it. horizon, especially on the western horizon at an azimuth position of 277° to 300° , which makes OASA less supportive of the rukyatul hilal observation process.

Keywords: *Atmosphere · Geographic · Observatory · OASA · Surabaya*

PENDAHULUAN

Observatorium Astronomi Sunan Ampel merupakan salah satu observatorium muda yang baru berdiri pada 2021 silam, berada dibawah naungan Fakultas Syariah Hukum UIN Sunan Ampel, OASA lebih banyak berfokus pada penelitian terkait dengan astronomi terapan pada bidang kajian islam. OASA sendiri terletak pada 07.32306 LS ($07^{\circ} 19' 02''$ LS) dan bujur 112.73339 BT ($112^{\circ} 44' 2''$ BT) dengan ketinggian 40 mdpl. Sebagai sebuah observatorium baru, penting bagi OASA untuk mengenal bagaimana kondisi lingkungan sekitarnya, terlebih dengan keberadaan OASA yang berada tepat di tengah tengah perkotaan Surabaya.

✉ Muhamad Arrizal Hasby
muhamad.120290023@student.itera.ac.id
Muhammad Akbarul Humam
m.akbarulhumam@gmail.com
Novi Sopwan
sopwan@uinsby.ac.id

Annisa Rahmi Kurnia
annisa.120290029@student.itera.ac.id
Ilham Sigit Septianto
ilham.120290023@student.itera.ac.id
Ridlo Wahyudi Wibowo
ridlo.wibowo@sap.itera.ac.id

¹ Universitas Islam Negeri Sunan Ampel. Surabaya, Indonesia.

² Institut Teknologi Sumatera. Lampung Selatan, Indonesia.

Terdapat setidaknya beberapa parameter penting yang harus dipertimbangkan oleh sebuah observatorium, diantaranya adalah parameter atmosfer yang berkaitan dengan gangguan-gangguan terhadap pengamatan langit malam akibat adanya pengaruh atmosfer mencakup seeing, ekstingsi atmosfer serta kecerlangan langit dan polusi udara (Muztaba, et al., 2018), serta kondisi geografis yang berkaitan dengan tofografi sekitar observaorium dan kaitannya dengan kebutuhan pengamatan.

Hasil dari pengukuran terhadap parameter astronomi dan kondisi geografis tersebut dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pemilihan instrumen hingga perencanaan dan perancangan bidang fokus penelitian observatorium kedepannya (Muztaba, et al., 2018). Salah satu fokus penelitian utama OASA adalah pada bidang astronomi islam, rukyatul hilal menjadi sebuah kegiatan yang rutin dilakukan OASA disetiap bulannya, namun hasil yang didapatnya sedikit banyaknya tidak sesuai dengan yang diharapkan, pasalnya pada beberapa bulan terakhir OASA banyak mengalami kesulitan dan kendala pada proses rukyat yang dilakukan. Penelitian ini akan mengkaji bagaimana kondisi dan pengaruh parameter atmosfer dan kondisi geografis di sekitar lingkungan observatorium serta urgensinya pada kegiatan rukyatul hilal di Observatorium Sunan Ampel Surabaya.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini merupakan salah satu hasil kajian dari rangkaian kegiatan kerja praktik yang dilakukan oleh beberapa mahasiswa Institut Teknologi Sumatera di Observatorium Sunan Ampel Surabaya pada periode Juni-Juli 2023 lalu. Penelitian Parameter atmosfer dilakukan selama satu malam pada tanggal 21 Juli 2023, penelitian terhadap kondisi geografis dilakukan sekitar 10 hari sebelumnya pada tanggal 11 Juli 2023. Penelitian dilakukan di Observatorium Astronomi Sunan Ampel Surabaya yang berlokasi di lantai 10 gedung Pascasarjana UINSA pada 07.32306 LS (07° 19' 02" LS) dan bujur 112.73339 BT (112° 44' 2" BT) pada ketinggian 40 meter diatas permukaan laut.

Instrumen

Parameter atmosfer yang kaji dilakukan berdasarkan data hasil pengamatan langit malam menggunakan beberapa instrumen milik Observatorium Astronomi Sunan Ampel Surabaya. Penelitian dilakukan dengan menggunakan teleskop EvoStar 100ED Apo Refractor dengan spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, detektor yang digunakan adalah ZWO ASI462MC dengan detail spesifikasi seperti pada Tabel 2

Tabel 1. Spesifikasi Teleskop

Informasi Optik	Spesifikasi
True Aperture (mm)	100
Focal Length (mm)	900
F/Ratio	9
Dawes Limit	1.16
Rayleigh Limit	1.4
Limiting Mag.	12.5
Minimum Magnification	14
Maximum Magnification	197

Tabel 2. Spesifikasi Kamera

Informasi Sensor	Spesifikasi
Sensor	Sony IMX462
Pixel Size	2.9 μm
Resolution	1936 x 1096

Kombinasi teleskop dan detektor yang digunakan menghasilkan citra dengan skala plat sebesar $0.664''/\text{pixel}$ dan *Field of View* sebesar $0.36^\circ \times 0.2^\circ$. Kombinasi dari keduanya dirasa cukup untuk melakukan pengamatan langit malam dengan kepentingan pengukuran parameter atmosfer karena memiliki FoV yang tidak terlalu kecil. Penelitian terkait dengan kondisi geografis sekitar observatorium ini dilakukan dengan menggunakan bantuan instrumen *Theodolite* yang digunakan untuk menentukan azimuth lokasi dengan ketelitian yang cukup tinggi. Filter matahari buatan yang menyesuaikan ukuran lensa *Theodolite* juga digunakan untuk mempermudah pembidikan terhadap matahari pada proses penentuan arah utara sejati observatorium.

Seeing

Metode pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan citra trail atau pergerakan bintang dengan menonaktifkan fungsi *tracking* pada mounting teleskop. Tujuannya tentunya adalah untuk melihat bagaimana pergerakan bintang selain dari pergerakan yang seharusnya akibat adanya rotasi bumi. Objek yang digunakan pada pengamatan ini yaitu Bintang Arcturus. Proses akuisisi data dilakukan menggunakan perangkat lunak ASI STUDIO, hasil citra pengamatan kemudian diolah menggunakan perangkat lunak AstroImageJ guna dilakukan proses reduksi citra sehingga didapat citra yang bersih dari sekumpulan *noise*. Posisi citra pada frame kemudian diploting, dan pergerakan bintang pada sumbu y yang telah diubah ke dalam detik busur menggunakan skala plat instrumen dilihat sebagai dampak dari turbulensi atmosfer. Regresi dilakukan guna mendapatkan nilai selisih antara nilai asli dengan nilai dari kurva, hasilnya kemudian dilakukan fitting Kembali sehingga didapatkan nilai standar deviasi (σ) sebagai nilai seeing, untuk mendapatkan pengukuran nilai seeing dalam detik busur hasil standar deviasi dapat dikaitkan dengan nilai lebar penuh pada setengah-maksimum (FWHM) distribusi Gaussian pada panjang gelombang λ tertentu sebagai berikut (Goehrmann, et al., 1999)

$$FWHM = 2.355\sigma \quad (1)$$

Hasil FWHM yang didapat kemudian dinyatakan sebagai nilai seeing yang berhasil teramati.

Ekstingsi Atmosfer

Pengukuran ekstingsi atmosfer dilakukan dengan melihat perubahan nilai kecerlangan objek seiring dengan penurunan ketinggian objek, pengamatan dilakukan dengan menggunakan objek bintang Tarazed, kecerlangan langit diamati di ketinggian antara 60° hingga 20° dengan interval pengambilan citra di setiap penurunan ketinggian sebesar 5° , hasil citra yang didapat kemudian diolah menggunakan perangkat lunak AstroImageJ untuk diketahui berapa nilai magnitude instrument yang berhasil diukur, hasilnya kemudian dilihat korelasinya dengan nilai massa udara yang dapat dihitung menggunakan nilai sudut zenith dengan persamaan berikut

$$X = \sec z - 0,0018167(\sec z - 1) - 0,002875 (\sec z - 1)^2 - 0,0008083 (\sec z - 1)^3 \quad (2)$$

Nilai koefisien ekstingsi kemudian dapat diketahui dengan melakukan regresi terhadap nilai magnitude instrument dengan nilai massa udara. Nilai koefisien pada kurva regresinya kemudian dinyatakan sebagai nilai koefisien ekstingsi (Palmer & Davenhall, 2001)

$$m = kX + m_0 \quad (3)$$

dengan nilai m adalah magnitude instrument, k adalah koefisien ekstingsi, X adalah airmass dan m_0 adalah magnitude instrument jika efek atmosfer dihilangkan atau tidak ada.

Kecerlangan Langit (*Sky Brightness*)

Nilai kecerlangan langit didapat dari magnitudo instrument saat efek atmosfer dihilangkan yang didapat pada pengukuran nilai parameter ekstingsi. Nilai magnitude titik nol atau *zero point magnitude* perlu diketahui terlebih dahulu dengan melibatkan nilai magnitude bintang katalog, nilai ini lalu dikurangi nilai intensitas langit dari citra lain saat teleskop dipointing ke arah zenith yang diperoleh untuk mendapatkan nilai kecerlangan langit. (Space Telescope Science Institute, n.d.) Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\text{Sky Brightness} = m_{zp} - 2.5 \log(10) I_{sky} \quad (4)$$

Nilai kecerlangan langit kemudian dapat dikonversi menjadi nilai magnitudo bintang teredup yang dapat diamati menggunakan mata telanjang atau lebih dikenal sebagai Naked Eye Limiting Magnitude (NELM). (Schaefer, 1990)

$$NELM = 7.93 - 5 \log \left(10^{\left(4,316 - \left(\frac{Bm_{psas}}{5} \right) \right)} + 1 \right) \quad (5)$$

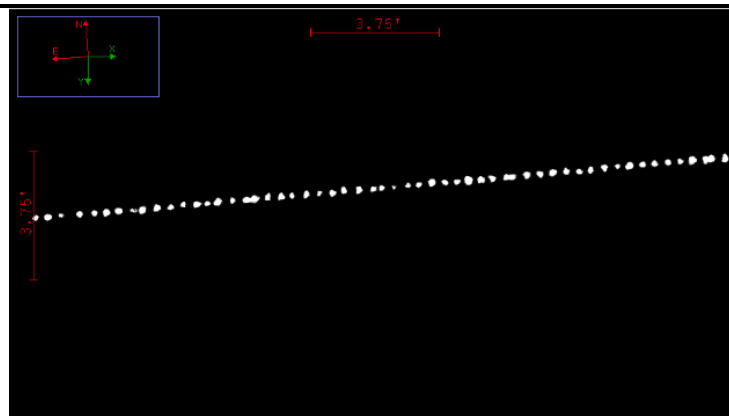
Parameter Geografis

Penelitian dilakukan dengan mengamati horizon bagian barat OASA dengan mempertimbangkan halangan yang ada rentang horizon yang diamati antara 240° hingga 300° . Untuk mendapatkan nilai azimuth yang lebih teliti, penelitian dilakukan dengan menggunakan bantuan *Theodolite*.

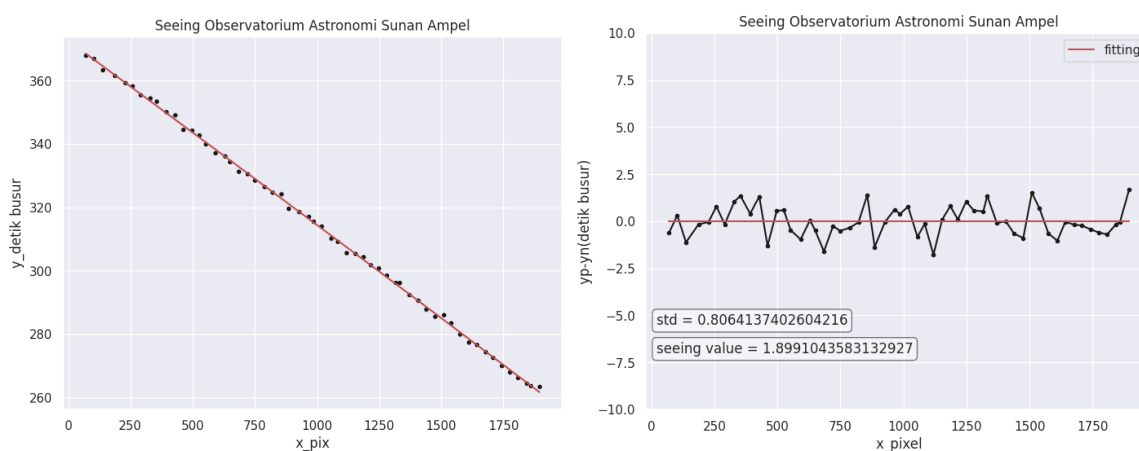
HASIL DAN PEMBAHASAN

Seeing

Dalam pengamatan astronomi, seeing adalah degradasi citra objek astronomi karena turbulensi di atmosfer yang menyebabkan objek terlihat kabur, berkelap-kelip, atau mengalami distorsi. Seeing dinyatakan dalam satuan detik busur, atau $1/3.600$ derajat. (Festiyed, et al., 2002) Situs observatorium terbaik memiliki seeing antara 0,5 dan 1 detik busur. (Vernin & Munoz-Tunon, 1992)



Gambar 1. Citra hasil stacking bintang Arcturus saat tracking dimatikan



Gambar 2. Fitting Kurva posisi bintang arturus untuk mendapatkan nilai seeing

Berdasarkan hasil pengamatan langit malam menggunakan bintang tarazed, dihasilkan plot posisi bintang seperti yang disajikan pada gambar 2, sumbu x merupakan posisi bintang pada sumbu x di citra dalam satuan pixel, sumbu y merupakan posisi bintang pada citra dalam satuan yang telah dikonversi menjadi detik busur. Terlihat terdapat perubahan posisi bintang pada sumbu y seiring pergerakan bintang pada sumbu x, posisi bintang pada sumbu y kemudian dilakukan fitting guna mendapat nilai selisih antara nilai asli dengan nilai kurvanya, selisih ini kemudian dilakukan regresi lagi guna mendapatkan nilai standar deviasi yang diinginkan, berdasarkan persamaan FWHM maka dapat kita ketahui nilai seeingnya adalah sebesar 1.8 detik busur.

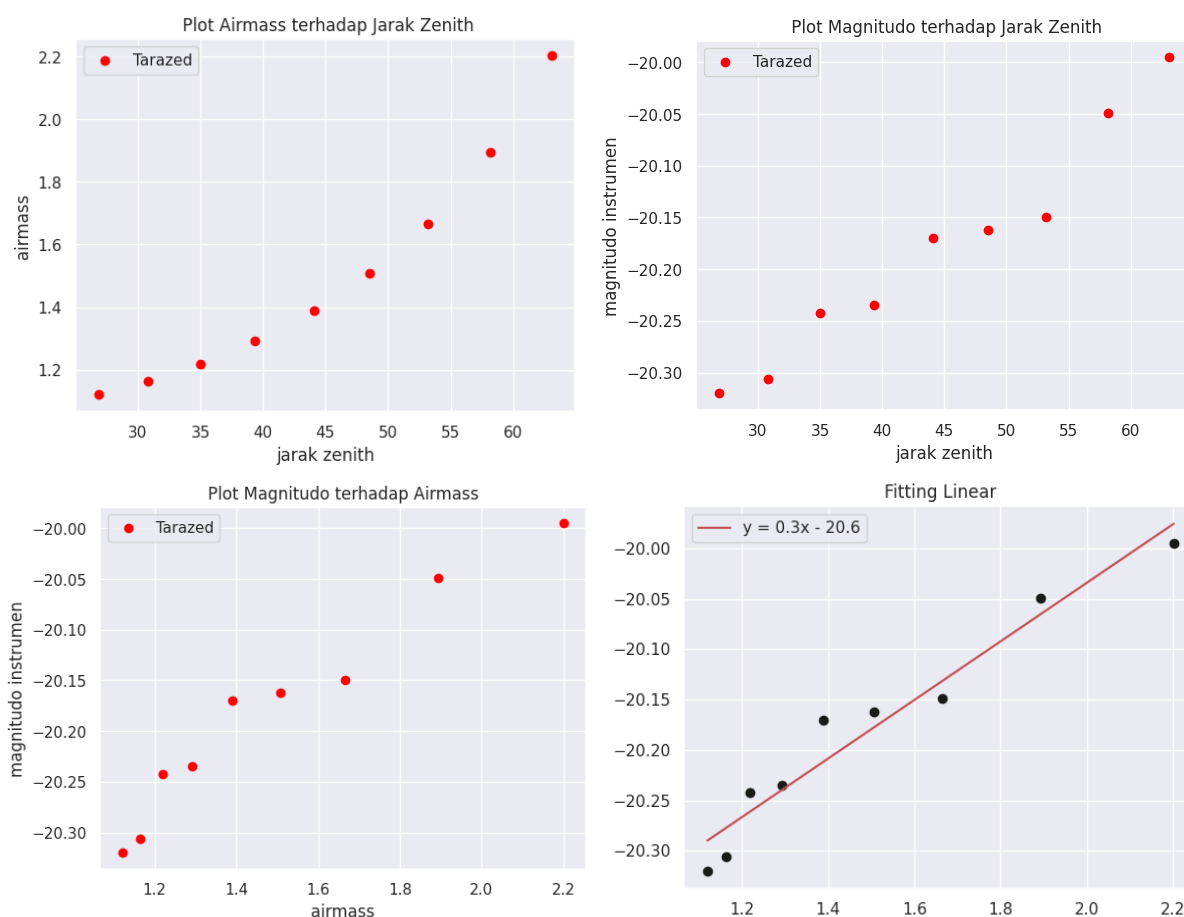
Seeing sendiri dipengaruhi oleh turbulensi atmosfer, dinamika atmosfer yang terkadang tidak dapat diprediksi serta sifat atmosfer itu sendiri yang dinamis dan tidak homogen membuat gangguan perubahan kenampakan citra objek langit jika dilihat dari bumi, Muka gelombang sejajar dari sumber cahaya titik di langit akan terdistorsi ketika menerobos atmosfer Bumi, akibat variasi spasial dan temporal indeks bias sepanjang lintasannya sampai ke permukaan Bumi (Mahasena, et al., 2013). Perubahan kenampakan ini dapat berupa distorsi citra, osilasi, kedipan hingga blur. (Abel, 2018)

Nilai seeing yang berhasil diukur di OASA sendiri termasuk ke dalam nilai seeing kelas menengah, jika dibandingkan dengan hasil pengamatan seeing di Gunung Timau, Nusa Tenggara Timur yang menghasilkan nilai sebesar 0.5 hingga 1.65 detik busur (Mahasena, et al., 2013) dan standar nilai seeing yang baik yang ditetapkan oleh vermin dan munoz (1992) tentu

nilai ini bukanlah nilai yang baik untuk sebuah observatorium. Letak OASA yang berada ditengah tengah perkotaan yang dikelilingi oleh gedung gedung tinggi membuat turbulensi di atmosfer bawahnya menjadi cukup tinggi, tentunya hal ini berdampak langsung pada kenampakan objek langit di sekitar observatorium pada Panjang gelombang visual.

Ekstingsi Atmosfer

Parameter ekstingsi dalam pengamatan astronomi adalah ukuran yang menggambarkan seberapa banyak cahaya dari objek langit yang diserap oleh atmosfer Bumi saat melewatinya. Parameter ini mempengaruhi kecerlangan objek langit yang diamati dari permukaan Bumi, sehingga objek langit tampak lebih redup daripada jika diamati dari luar atmosfer. Parameter ekstingsi bergantung pada panjang gelombang cahaya, sudut zenit (sudut antara arah vertikal dan arah objek langit), dan kondisi atmosfer seperti kelembaban, polusi, dan debu. (Richmond, n.d.), Hasil pengamatan langit malam menggunakan bintang tarazed menunjukkan adanya pengaruh ketinggian objek terhadap nilai kecerlangannya.



Gambar 3. Kurva hubungan airmass terhadap jarak zenith, magnitudo instrumen terhadap jarak zenith, dan magnitudo terhadap nilai airmass

Pada gambar 3. Dapat dilihat adanya hubungan antara nilai massa udara dengan magnitudo instrumen yang didapatkan, semakin besar nilai massa udara, maka nilai magnitudo instrumen yang nampak akan semakin besar, dengan kata lain kecerlangan objek yang terlihat berbanding terbalik dengan nilai massa udara. Nilai masa udara terendah berada di 0° sudut zenith atau pada ketinggian 90° dengan nilai massa udara sebesar 1, semakin menjauh dari zenith maka nilai

massa udaranya akan semakin besar, hal ini diakibatkan karena bentuk bumi yang bulat seperti bola, atmosfer yang menyelimuti bumi juga mengikuti bentuk bumi, sehingga jika objek berada di sekitar horizon maka cahaya yang masuk ke bumi perlu melewati lapisan atmosfer bumi yang lebih tebal jika dibandingkan objek yang berada di zenith pengamat.

Nilai koefisien ekstingsi di OASA yang berhasil diukur adalah sebesar 0.3, perbedaan yang cukup besar antara nilai magnitudo objek saat berada di sekitar horizon menunjukkan nilai massa udara yang cukup besar, selain akibat bentuk bumi yang membola, penurunan magnitudo instrumen yang cukup besar di sekitar horizon juga dapat disebabkan karena adanya polusi cahaya akibat cahaya artifisial disekitar horizon pengamat. Tentunya hal ini dapat sangat mengganggu proses pengamatan di sekitar observatorium, apalagi kaitannya dengan pengamatan rukyatul hilal yang pada prosesnya akan lebih berfokus pada daerah disekitar horizon barat.

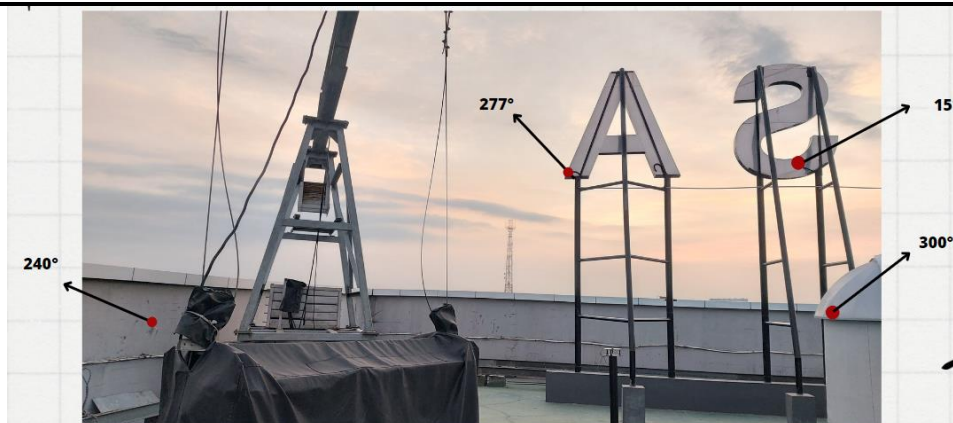
Kecerlangan Langit

Kecerlangan langit mengacu pada persepsi visual langit dan bagaimana ia menyebarkan dan menyebarkan cahaya. Fakta bahwa langit tidak sepenuhnya gelap di malam hari mudah terlihat. Jika sumber cahaya (misalnya Bulan dan polusi cahaya) dihilangkan dari langit malam, hanya cahaya bintang langsung yang akan terlihat. Kecerlangan langit sangat bervariasi sepanjang hari, dan penyebab utamanya juga berbeda. Sumber kecerlangan intrinsik langit malam termasuk cahaya udara hamburan sinar matahari tidak langsung , hamburan cahaya bintang , dan polusi cahaya. (Barentine, 2022)

Nilai kecerlangan langit OASA yang berhasil dihitung menunjukkan nilai sebesar 17.83 mpsas, hasil ini seiras dengan hasil pengamatan sebelumnya yang kerap dilakukan menggunakan instrumen *Sky Quality Meter* yang menunjukkan nilai di sekitar 16 hingga 18 mpsas, nilai kecerlangan langit ini kemudian dapat dikonversi menjadi nilai magnitudo bintang teredup yang dapat diamati menggunakan mata telanjang atau lebih dikenal sebagai Naked Eye Limiting Magnitude (NELM) menggunakan persamaan yang telah disebutkan sebelumnya, nilai NELM yang berhasil dihitung adalah sebesar 3.82, pada skala bortle, nilai ini dapat digolongkan sebagai kelas *Inner City Sky*. Pada kelas ini diindikasikan terdapat polusi cahaya yang sangat tinggi hingga di zenith pengamat. Bintang-bintang yang membentuk rasi bintang yang familiar tidak terlihat. Rasi bintang redup seperti rasi bintang Cancer dan Pisces tidak dapat terlihat di daerah tersebut. (Raisal, Putraga, Hidayat, & Rakhmadi, 2021) Benda langit yang dapat dilihat menggunakan mata telanjang hanya Bulan, planet dan bintang terang seperti Sirius. (Bortle, 2001)

Parameter Geografi

Dalam pemilihan tempat rukyat baik dari pemerintah maupun masyarakat umum memiliki kriteria masing-masing. Salah satu tokoh yang membuat kriteria tempat rukyat adalah Thomas Djamaluddin. Beliau menyatakan kategori lokasi yang layak sebagai tempat observasi hilal adalah lokasi yang memenuhi beberapa kriteria yaitu memiliki luas medan pandang terbuka 28,5° Lintang Utara (LU) hingga 28,5° Lintang Selatan dari arah barat, bebas dari potensi penghalang fisik dan non fisik Bebas dari potensi gangguan cuaca dan secara letak astronomi tempat tersebut memang ideal untuk dilakukan observasi hilal. (Constantinia, 2018)



Gambar 4. Pemandangan horizon barat observatorium astronomi sunan ampel

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan bantuan *theodolite*, diketahui bahwa OASA secara geografis memiliki banyak halangan disekeliling horizonnya, terutama di ufuk barat pada posisi azimuth 240° hingga 300° , atas hasil ini berdasarkan syarat kriteria kelayakan tempat rukyatul hilal maka dapat disimpulkan bahwa OASA kurang begitu mendukung proses pengamatan rukyatul hilal, namun objek yang menutupi horizon barat OASA ini kebanyakan merupakan objek buatan, sehingga OASA sebenarnya masih dapat mengusahakan medan pandang yang optimal dalam konteks pengamatan hilal.

SIMPULAN

Sebagai sebuah observatorium, penting bagi oasa untuk mengetahui bagaimana kondisi lingkungan sekitarnya, hasil penelitian yang dilakukan di OASA menunjukkan nilai parameter atmosfer yang tidak terlalu baik untuk sebuah observatorium, dengan nilai seeing yang berhasil terukur sebesar 1.8 detik busur dan nilai koefisien ekstingsi sebesar 0.3 serta kecerlangan langit sebesar 17.8 mpsas, termasuk ke dalam skala bortle *Inner-City Sky* menjadi indikasi bahwa parameter atmosfer disekitar OASA sangat tidak ideal untuk dilakukan pengamatan tingkat lanjut. Hasil ini ditambah dengan kondisi horizon di sekitar OASA yang terdapat banyak objek yang menghalangi medan pandangnya membuat OASA kurang layak dijadikan sebagai tempat pengamatan rukyatul hilal sekalipun. Penelitian ini dapat dikatakan sebagai kajian permukaan, perlu dilakukan kajian dan riset lebih mendalam terkait hal yang sama dengan menggunakan metode dan instrumen yang lebih baik, selain itu pengamatan dapat dilakukan dalam durasi waktu yang lebih lama dan berkelanjutan guna mendapat hasil yang benar benar merepresentasikan kondisi parameter atmosfer dan geografi di sekitar observatorium.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih yang sangat besar kami ucapkan kepada pihak Observatorium Astronomi Sunan Ampel karena telah memberikan kesempatan bagi kami untuk melakukan penelitian dan belajar banyak hal terkait dengan ilmu astronomi, besar harapan kami kedepan OASA dapat terus berkembang menjadi salah satu observatorium yang berkontribusi banyak pada perkembangan bidang astronomi di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, P. G. (2018, November 22). *Astronomical Seeing Part 2*. Retrieved from British Astronomical Association: <https://britastro.org/2018/astronomical-seeing-part-2>
- Barentine, J. (2022). Night Sky Brightness Measurement, Quality Assessment and Monitoring. *Instrumentation and Methods for Astrophysics*, 1-26.
- Bortle, J. E. (2001). Introducing the Bortle Dark Sky Scale. . *Sky & Telescope*, 126-130.
- Constantinia, A. (2018). *Studi Analisis Kriteria Tempat Rukyatul Hilal Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)*. Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Festiyed, Hamdi, Irwan, L.Malasan, H., Adi, T. W., & Nuraini, N. (2002). *Studi Dinamika Meteorologi Berdasarkan Pengamatan Astronomi di GAW Bukit Koto Tabang Sumatera Barat*. . Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Gochermann, J., Wargau, W. F., Tappert, C., Schmidt-Kaler, T., Stobie, R. S., Marang, F., . . . Rucks, P. (1999). Seeing Conditions at Sutherland Results of the 1992/93 Seeing Campaign. *Experimental Astronomy*, 1-15.
- Mahasena, P., Akbar, E. I., Yusuf, M., Hidayat, T., Dermawan, B., Herdiwijaya, D., . . . Yulianty, Y. (2013). Pengukuran Seeing di Sekitar Gunung Timau, Nusa Tenggara Timur. *Seminar HAI 2013 – 90 Tahun Observatorium Bosscha* (pp. 1-3). Bandung: Bosscha.
- Muztaba, R., Putri, A. N., Pratiwi, N., Putro, W. S., Birastrri, W., & Malasan, H. L. (2018). Survei Situs Pembangunan Observatorium Astronomi Itera Lampung Di Tahura War, Gunung Betung. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2018*, 26-25.
- Palmer, J., & Davenhall, A. (2001). *The CCD Photometric Calibration Cookbook*. Oxfordshire: Rutherford Appleton Laboratory.
- Raisal, A. Y., Putraga, H., Hidayat, M., & Rakhmadi, A. J. (2021). Pengukuran Kecerahan Langit Arah Zenit di Medan dan Serdang Bedagai Menggunakan Sky Quality Meter. (*Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah*, 51-58.
- Richmond, M. (n.d.). *Atmospheric effects: extinction and seeing*. Retrieved from spiff.rit.edu: <http://spiff.rit.edu/classes/phys445/lectures/atmos/atmos.html#extinct>
- Schaefer, B. E. (1990). Telescopic Limiting Magnitudes. *The Astronomical Society of The Pacific*, 212-229.
- Space Telescope Science Institute. (n.d.). *5.1 Photometric zeropoint*. Retrieved from HST Data Handbook for WFPC2: https://www.stsci.edu/hst/wfpc2/Wfpc2_dhb/wfpc2_ch52.html
- Vernin, J., & Munoz-Tunon, C. (1992). Optical seeing at La Palma Observatory. I - General guidelines and preliminary results at the Nordic Optical Telescope. *Astronomy and Astrophysics*, 811-816.