

Parameter Fisis Hilal Dalam Tinjauan Model Kastner

Judhistira Aria Utama

Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional Fisika (Sinafi X) & International Physics Conference (IPC)

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

9 November 2024

Abstrak

Dalam makalah ini dipaparkan perjalanan penerapan model visibilitas Kastner dalam penentuan kriteria visibilitas hilal dan waktu optimum dalam kegiatan observasi hilal. Kriteria visibilitas yang dimaksud meliputi kriteria dengan modus pengamatan mata telanjang dan berbantuan alat. Untuk waktu optimum berada dalam jendela waktu sejak Matahari terbenam hingga terbenamnya Bulan pada saat observasi hilal dilakukan. Diperoleh bahwa kurva fungsi visibilitas hilal pada modus observasi dengan mata telanjang mencapai nilai maksimumnya pascaterbenam Matahari. Kondisi saat fungsi visibilitas hilal mencapai nilai positif terbesarnya ini didefinisikan sebagai “best time” atau waktu terbaik dalam mengamati hilal. Khusus untuk kasus hilal yang hanya dapat diamati dengan bantuan alat, model Kastner memprediksi kebolehjadian mengamati hilal tanpa harus menunggu terbenamnya Matahari. Berdasarkan data yang tersedia, telah diperoleh kriteria visibilitas hilal untuk wilayah tropis dan konsep “best time” dapat dirumuskan sebagai sebuah persamaan linier sederhana.

Kata Kunci: *Best Time · Kriteria Visibilitas · Model Kastner · Visibilitas Hilal*

PENDAHULUAN

Umat Islam menduduki peringkat ke dua dalam hal populasi dengan jumlah mencapai hingga 1,8 miliar pemeluk di seluruh dunia. Untuk keperluan ibadahnya, umat Islam menggunakan kalender berbasis pergerakan Bulan (*moon*) mengorbit Bumi. Periode kembalinya Bulan ke fase yang sama secara berturut-turut selama (rata-rata) 29,53 hari, membuat penanggalan lunar yang dikenal sebagai penanggalan Hijriyah ini tidak mungkin memiliki bulan (*month*) dengan usia yang lebih singkat maupun lebih panjang daripada 29 hari.

Penanggalan Gregorian yang berbasis pergerakan Bumi mengorbit Matahari (dari permukaan Bumi, yang teramati adalah Matahari bergerak di bola langit) mengadopsi nilai rata-rata siklus tahun tropis, yang membuat penanggalan ini dikenal pula sebagai penanggalan aritmatika. Sementara, kalender Hijriyah yang juga menjadi kalender religius dibangun berdasarkan fenomena astronomi faktual, yaitu hasil pengamatan Bulan sabit muda yang terbentuk setelah fase konjungsi (*hilal*) untuk menandai pergantian bulan. Adakah keteraturan alam yang menghasilkan kondisi sedemikian rupa sehingga hilal dapat diamati, baik dengan modus pengamatan mata telanjang maupun berbantuan alat?

✉ Judhistira Aria Utama
j.aria.utama@upi.edu

Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung, Indonesia.

How to Cite: Utama, J.A. (2024). Parameter Fisis Hilal Dalam Tinjauan Model Kastner. *Prosiding Seminar Nasional Fisika & International Physics Conference*, 3(1), 1-5.

<https://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi/>

Teramatinya hilal pascakonjungsi menjadi penanda berakhirnya bulan Hijriyah yang sedang berjalan untuk berganti menjadi bulan yang baru. Ketika posisi hilal berdekatan dengan posisi Matahari, ia menjadi sulit untuk diamati. Menurut Danjon (1932), pada saat jarak sudut (elongasi) Bulan dan Matahari kurang dari 7° , hilal tidak akan dapat diamati. Studi teoretik dengan pendekatan fotometri oleh Sultan (2003) menunjukkan bahwa batasan elongasi yang disebut sebagai limit Danjon di atas dapat diatasi untuk kondisi atmosfer yang bersih dan konfigurasi geometri Matahari – Bulan yang sempurna (beda azimut $DAZ = 0^{\circ}$ pada saat Matahari terbenam). Makalah ini bertujuan memperoleh kriteria visibilitas hilal untuk wilayah tropis dengan memanfaatkan model (Kastner, 1976) dan memprediksi waktu terbaik untuk mengamati hilal.

Hoffman (2003) merangkum beragam kriteria visibilitas hilal sejak era Babilonia hingga sekarang. Berdasarkan data pengamatan hilal sejak tahun 1859 hingga tahun 2000-an, Odeh (2004) membangun kriteria visibilitas yang berlaku global. Peneliti lain, seperti Ahmed & Aziz (2014), Alferay et al., (2018), Utama et al., (2019), Utama & Siregar, (2013) membangun kriteria yang berlaku untuk kawasan yang spesifik. Parameter fisis yang digunakan dalam kriteria-kriteria yang tersedia merepresentasikan dua hal, yaitu luminansi (ukuran kecerahan/*brightness*) Bulan/hilal dan kecerahan langit senjanya. Luminansi hilal dapat direpresentasikan melalui penggunaan parameter umur hilal sejak fase konjungsi (kondisi ketika Matahari dan Bulan berada di bujur ekliptika yang sama di bola langit) ke waktu terbenamnya Matahari di lokasi pengamatan. Sebagai indikator yang lebih baik dapat pula digunakan elongasi (jarak sudut antara Matahari dan Bulan), fraksi iluminasi (persentase permukaan Bulan yang memantulkan sinar Matahari), atau tebal-tengah sabit Bulan. Sementara untuk merepresentasikan kecerahan langit senja lazim digunakan parameter *lag time* (beda waktu terbenam antara Matahari dan hilal di lokasi pengamatan). Semakin lama *lag time* yang tersedia, semakin gelap pula kondisi langit senja pada saat hilal mudah untuk dapat diamati. Adanya kebergantungan kecerahan langit senja terhadap lintang geografis pengamat, membuat parameter beda tinggi antara Matahari dan hilal pun digunakan sebagai alternatif.

Terdapat lima faktor yang harus dipertimbangkan dalam membangun suatu model fisis (fotometri) dalam memprediksi visibilitas untuk pertama kali pascakonjungsi (A. H. Sultan, 2007). Tiga faktor yang relatif mudah untuk dikalkulasi meliputi konfigurasi geometri Matahari-Bumi-Bulan, lebar-tengah sabit Bulan, dan serapan cahaya Bulan oleh atmosfer, sementara dua faktor lain yang lebih kompleks melibatkan fenomena hamburan cahaya di atmosfer dan psiko-fisiologi penglihatan mata manusia.

Faktor kecerahan langit senja dapat pula dinyatakan secara eksplisit dalam menghadirkan prediksi visibilitas *hilal*. Kecerahan langit senja dapat diukur langsung selama waktu pengamatan berjalan (Ahmed, 2017; Hasanzadeh, 2012; A. H. Sultan, 2003) maupun dihitung memanfaatkan model matematis yang dapat dijumpai di dalam sejumlah literatur (lihat misalnya, (Belokrylov et al., 2011; Faid et al., 2018; Kastner, 1976; Schaefer (1987))). Model kecerahan langit senja dari Kastner (1976) telah dipilih dengan pertimbangan kesederhanaannya. Berdasarkan studi Utama & Efendi (2012), model ini mampu menghadirkan prediksi yang sesuai dengan klaim-klaim sejumlah kasus *hilal* dan Bulan sabit tua (fase Bulan sebelum konjungsi) di Indonesia. Di dalam makalah ini, prediksi model Kastner (1976) dikonfrontasikan dengan berbagai laporan keberhasilan mengamati *hilal* yang telah terpublikasi

untuk menghasilkan kriteria visibilitas hilal dan memperoleh prediksi waktu terbaik pengamatan hilal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menggunakan konsep kontras relatif (rasio antara kontras dengan ambang kontras Blackwell), A. ~H. Sultan (2006) mendapati bahwa untuk konfigurasi geometri yang sempurna (beda azimuth terbenam antara Bulan – Matahari, $DAZ = 0^0$) di lokasi dengan elevasi ~ 2000 m di atas permukaan laut, ketinggian Bulan untuk dapat diamati pertama kalinya pascakonjungsi adalah 2^0 terlepas dari berapapun nilai elongasi Bulan – Matahari. Memanfaatkan data laporan kesaksian mengamati hilal di Indonesia yang dihimpun oleh KEMENAG RI (1962 – 1997) dan LP2IF RHI dalam kurun waktu 2007 – 2008 dan telah mengalami proses seleksi menggunakan model kecerahan langit senja dari Kastner (1976), hasil yang tidak berbeda didapatkan pula oleh Utama & Siregar (2013). Berdasarkan data yang tersedia, Utama & Siregar (2013) memperoleh bahwa tidak bergantung pada berapa lama dicapainya nilai kontras maksimum sejak Matahari terbenam, rata-rata nilai ketinggian Bulan di atas horizon adalah $2,1^0$. Studi dengan melibatkan jumlah data wilayah tropis yang lebih banyak (KEMENAG RI, 1962 – 2011; LP2IF RHI, 2007 – 2009; M.S. Odeh, 1859 –2005) memberikan hasil yang tidak berbeda dari studi sebelumnya (Utama & Hilmansyah, 2013).

Utama & Hilmansyah (2013) memperoleh nilai-nilai minimal berbagai parameter fisis yang diperlukan untuk visibilitas hilal. Hasil tersebut ditampilkan dalam Tabel 1 berikut ini dan telah diusulkan sebagai kriteria visibilitas hilal untuk wilayah tropis.

Tabel 1. Nilai rata-rata parameter fisis saat dicapainya kontras maksimum

Parameter Fisis	Mata Telanjang	Binokuler/Teleskop
Ketinggian (a , derajat)	1,92	2,29
Beda tinggi (ARCV, derajat)	11,45	9,99
Elongasi (ARCL, derajat)	12,57	10,20
Beda azimuth (DAZ, derajat)	4,96	2,20
Umur pascakonjungsi (jam)	24,07	20,84
Lag (menit)	48	41
Tebal tengah–sabit (w , menit busur)	0,40	0,25

Penting untuk dicatat bahwa nilai-nilai dalam Tabel 1 merupakan nilai rata-rata yang bersumber dari data otentik berupa kesaksian mengamati hilal pada saat kontras (rasio nilai kecerahan hilal terhadap nilai kecerahan langit senja dan langit malam) maksimum dicapai. Kontras maksimum tersebut dicapai beberapa menit setelah Matahari terbenam, sehingga bila dihindaki memperoleh kriteria visibilitas hilal untuk kondisi pada saat Matahari tepat terbenam, nilai ketinggian (a) dalam Tabel 1 di atas akan lebih besar daripada yang tertulis. Utama et al., (2019) menunjukkan bahwa nilai ketinggian (a) dan elongasi (ARCL) yang diperoleh pada saat Matahari terbenam untuk wilayah tropis masing-masing senilai $3,5^0$ dan $7,1^0$. Nilai yang diperoleh ini relatif tidak berbeda jauh dengan nilai yang dihasilkan dalam naskah akademik dari Tim 6 (yang beranggotakan enam pakar astronomi dari berbagai institusi) yang telah diadopsi sebagai kriteria visibilitas pengganti MABIMS, yaitu 3^0 dan $6,4^0$, masing-masing untuk ketinggian hilal dan elongasi. Meski terlihat mirip, Utama et al., (2019) memberikan catatan terhadap kriteria visibilitas baru yang diadopsi Kementerian Agama RI ini.

Hanya hilal dengan ketinggian $\sim 2^0$ pada saat kontras maksimum yang akan dapat diamati baik dengan modus mata telanjang maupun berbantuan alat (binokuler/teleskop). Utama (2013) mendefinisikan saat kontras mencapai maksimum tersebut sebagai waktu terbaik (*best time*) untuk mengamati hilal dan memperoleh persamaan sederhana untuk memprediksikan tibanya waktu tersebut, yaitu berbentuk:

$$T_{best} = T_{sunset} + \left\{ \left[(24/25) \times Lag \right] - (41/4) \right\} \quad (1)$$

Dibandingkan dengan prediksi Yallop (1997) tentang tibanya waktu terbaik, hasil yang diberikan persamaan (1) berada dalam rentang 5 – 20 menit lebih akhir (Utama, 2013). Menggunakan hasil Yallop (1997), diprediksi bahwa *lag time* tersingkat yang membuat masih dimungkinkannya hilal diamati adalah 0 menit. *Lag time* senilai 0 menit berarti bahwa Matahari dan Bulan terbenam bersamaan. Dengan demikian, bagaimana mungkin bila Bulan terbenam bersamaan dengan Matahari akan membuat hilal dapat diamati? Sementara, bila menggunakan persamaan (1), *lag time* tersingkat yang masih membuat hilal dapat diamati adalah senilai ~ 11 menit. Saat ini memang belum ada data pengamatan yang bisa dijadikan bukti pendukung atas kebenaran prediksi di atas. Seiring dengan bertambahnya data observasi diharapkan prediksi di atas dapat diverifikasi.

Penelitian lanjutan yang akan dilakukan menggunakan model Kastner (1976) ini adalah memerinci kriteria visibilitas untuk wilayah selain tropis dengan beragam modus pengamatan (mata telanjang dan berbantuan alat). Hal ini mengingat bahwa tidak ada kriteria visibilitas yang berlaku global karena kecerahan langit senja diketahui memiliki kebergantungan pula terhadap lintang geografis. Upaya dalam mengesani sosok hilal secara *real time* telah dilakukan pula melalui pemanfaatan komputer dengan menerapkan algoritme tertentu (Utama dkk., 2023).

SIMPULAN

Telah dihasilkan kriteria visibilitas hilal untuk wilayah tropis dengan modus pengamatan mata telanjang dan berbantuan alat menggunakan model Kastner. Waktu terbaik untuk mengamati hilal dapat diketahui dengan persamaan baru yang telah dihasilkan sebagai alternatif dari persamaan Yallop. Persamaan baru yang dihasilkan lebih realistis daripada persamaan yang dikenal sebelumnya.

REFERENCES

- Ahmed, A. K. (2017). New Moon's Visibility Criterion Based on Photometric Data. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6(12), 1855–1858. <https://doi.org/10.21275/ART20179088>
- Ahmed, A. K., & Aziz, A. H. A. (2014).). Young Moon Visibility Criterion Based on Crescent Illumination and Sky Brightness Contrast Model. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 21(9), 1–4.
- Alferay, T., Alsaab, S., Alshehri, F., Alghamdi, A., Hadadi, A., Alotaibi, M., Almutari, K., & Mubarki, Y. (2018). Analysis of Observations of Earliest Visibility of the Lunar Crescent. *The Observatory*, 138(1267), 267–291.
- Belokrylov, R. O., Belokrylov, S. V., & Nickiforov, M. G. (2011). Model of the Stellar Visibility During Twilight. *Bulgarian Astronomical Journal*, 16, 50–72.
- Danjon, A. (1932). *Jeunes et Vieilles Lunes* (Vol. 46). L'Astronomie.

- Faid, M. S., Shariffa, N. N. M., Hamidi, Z. S., Kadir, N., Ahmad, N., & Wahab, R. A. (2018). Semi-Empirical Modelling of Light Polluted Twilight Sky Brightness. *Jurnal Fizik Malaysia*, 39(2), 30059–30067.
- Hasanzadeh, A. (2012). Study of Danjon limit in moon crescent sighting. *Astrophysics and Space Science*, 339(2), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s10509-012-1004-y>
- Hoffman, R. E. (2003). Observing the new Moon. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 340, 1039–1051.
- Kastner, S. O. (1976). Calculation of the twilight visibility function of near-sun objects. *The Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 70(4). <https://adsabs.harvard.edu/full/1976JRASC..70..153K>
- Odeh, M. Sh. (2004). New Criterion for Lunar Crescent Visibility. *Experimental Astronomy*, 18(1–3), 39–64. <https://doi.org/10.1007/s10686-005-9002-5>
- Sultan, A. H. (2006). “Best time” for the visibility of the lunar crescent. *The Observatory*, 126, 115–118.
- Sultan, A. H. (2007). First visibility of the lunar crescent: beyond Danjon’s limit. *The Observatory*, 127(1), 53–59.
- Sultan, A. H. (2003). *Hijri Calendar & Lunar Visibility: Physical Approach*.
- Utama, J. A., & Efendi, R. (2012). *Reliability Test of Kastner Visibility Function on Lunar Crescent Observational Data in Indonesia*.
- Utama, J. A., Simatupang, F. M., & Amsor. (2019). The new hilaal visibility criterion for tropical region. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280(2), 022073. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/2/022073>
- Utama, J.A. (2013). Konsep “Best Time” dalam Observasi Hilal Menurut Model Visibilitas Kastner, dalam Prihantoso, K., Darmawan, D., Priyambodo, E., et al. Eds. Prosiding Seminar Nasional, Yogyakarta: Jurusan Fisika
- Utama, J. A., & Siregar, S. E. (2013). USULAN KRITERIA VISIBILITAS HILAL DI INDONESIA DENGAN MODEL KASTNER. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 9(2). <https://doi.org/10.15294/jpfi.v9i2.3040>
- Utama, J. A., Zuhudi, A. R., Prasetyo, Y., Rachman, A., Sugeng Riadi, A. R., Nandi, & Riza, L. S. (2023). Young lunar crescent detection based on video data with computer vision techniques. *Astronomy and Computing*, 44, 100731. <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2023.100731>