

PENENTUAN KEMUNCULAN FAJAR SUBUH MENGGUNAKAN NILAI KECERLANGAN LANGIT DI OIF UMSU DENGAN METODE *FITTING* POLINOMIAL ORDE 4

Ajraini Nazli¹, Arwin Juli Rakhmadi², Muhammad Hidayat³, Hariyadi
Putraga⁴

^{1, 3, 4} Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

² Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

ajraininazlikhan@gmail.com¹, arwinjuli@umsu.ac.id², dayatc4@gmail.com³

hariyadiputraga@umsu.ac.id⁴

Received 13 Maret 2023; revised 13 Mei 2023; accepted 9 Juli 2023.

ABSTRAK

Kemunculan fajar subuh dapat diidentifikasi melalui perubahan kecerlangan langit. Perubahan tersebut dilihat pada saat terjadi peningkatan kecerlangan langit pada kurva cahaya. Berbagai studi yang dilakukan dalam penentuan waktu subuh menunjukkan perbedaan nilai posisi Matahari yang menjadi acuan masuknya waktu subuh. Studi yang telah dilakukan menggunakan data dan metode tertentu. Untuk menambah referensi data dan hasil pengamatan dari studi awal waktu subuh, penelitian ini menggunakan data pengamatan kecerlangan langit di Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (OIF UMSU) pada bulan Maret 2022 menggunakan *Sky Quality Meter* (SQM). Metode yang digunakan untuk menentukan titik peningkatan kecerlangan langit yang menandakan kemunculan fajar adalah *fitting* polinomial berderajat 4. Nilai rata-rata *solar dip* dari 17 hari pengamatan adalah $14,26^\circ \pm 0,8^\circ$ di bawah horizon. **Kata kunci:** dip, fajar, *fitting* polinomial, subuh.

ABSTRACT

The appearance of fajr can be identified by changes in the brightness of the sky. The changes are seen when the value of the sky brightness increases on the light curve. Various studies conducted show differences in the position of the Sun that become the reference for *shubuh* prayer time. The Studies have been conducted using certain data and methods. This study uses sky brightness observation data at the Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (OIF UMSU) in March 2022 using the Sky Quality Meter (SQM). The aim of the study is adding more data observation to become a reference of islamic fajr study. The method to determine the point of increasing sky brightness which indicates the appearance of fajr is a 4th degree

Penentuan Kemunculan Fajar Subuh Menggunakan Nilai Kecerlangan Langit di OIF UMSU dengan Metode Fitting Polinomial Orde 4

polynomial fitting. The average solar dip from 17 days of observation is $14.26^\circ \pm 0.8^\circ$ below the horizon.

Keywords: dip, fajar, polynomial fitting, *shubuh*.

PENDAHULUAN

Waktu salat bergantung pada fenomena astronomi. Objek langit yang menjadi patokan waktu salat adalah Matahari (Setiawan & Rakhmadi, 2019), termasuk di dalamnya penentuan waktu subuh. Indikasi masuknya waktu subuh berdasarkan kemunculan fajar *shadiq* atau disebut sebagai fajar asli. Tanda kemunculan fajar *shadiq* adalah menyebarnya cahaya keputih-putihan di ufuk dimana intensitasnya semakin tinggi sampai Matahari terbit (Butar-Butar, 2022). Penentuan kemunculan fajar tersebut dapat menggunakan pola perubahan kecerlangan langit dimana pada saat fajar terjadi peningkatan intensitas cahaya. Dalam astronomi, ada tiga tipe fajar yang distandarisasi oleh Royal Greenwich Observatory (RGO). Ketiga fajar tersebut didefinisikan berdasarkan posisi matahari di bawah horizon. Tipe fajar tersebut, antara lain: fajar astronomi (Matahari berada pada posisi 18° - 12° di bawah horizon), fajar nautika (Matahari berada pada posisi 12° - 6° di bawah horizon), dan fajar sipil (Matahari berada pada posisi 6° - 0° di bawah horizon) (Shariff *et al.*, 2013).

Berbagai studi yang dilakukan dalam penentuan waktu subuh menunjukkan perbedaan nilai posisi Matahari yang menjadi acuan masuknya waktu subuh. Saksono (2017) melakukan penelitian dengan mengambil data di Depok, Jawa Barat dan memperoleh bahwa awal masuk waktu subuh pada saat posisi Matahari 13.4° di bawah horizon. Basthoni & Setyanto (2022) menunjukkan kemunculan fajar di dua lokasi berbeda, yaitu lokasi dengan polusi cahaya yang rendah dan tinggi. Posisi Matahari di lokasi yang minim polusi cahaya menunjukkan posisi Matahari yang lebih dalam, yaitu $20,01^\circ$ di bawah horizon sedangkan posisi Matahari di lokasi dengan polusi cahaya tinggi adalah $13,12^\circ$ di bawah horizon. Herdiwijaya (2020) melakukan pengukuran di 7 lokasi berbeda yang kemudian merekomendasikan awal masuk waktu subuh untuk Indonesia pada saat posisi Matahari diantara 17° dan $18,5^\circ$.

Berbagai studi melakukan pengukuran kecerlangan langit di lokasi yang berbeda dan menggunakan metode yang juga berbeda. Untuk menambah referensi data pengamatan dan matematis untuk studi awal waktu subuh, penelitian ini melakukan pengukuran kecerlangan langit di Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (OIF UMSU; 03°34' LU dan 98°43' BT) (Qorib *et al.*, 2019) dan memanfaatkan metode *fitting* polinomial untuk menentukan perubahan kecerlangan yang menunjukkan kemunculan fajar subuh.

METODE PENELITIAN

Meskipun kecerlangan langit merupakan kumpulan dari sumber-sumber cahaya di langit seperti airglow, cahaya bintang, bahkan polusi cahaya namun saat kemunculan fajar, terjadi peningkatan cahaya yang dapat diidentifikasi dengan baik.

Salah satu metode untuk menentukan kecerlangan langit adalah menggunakan Sky Quality Meter (SQM). Alat ini dapat menangkap kecerlangan langit pada rentang panjang gelombang visual. SQM dapat secara langsung mengkonversi nilai kecerlangan langit dalam satuan magnitudo per detik busur (mpdbp). Oleh karena itu, pemakaian SQM sangat mudah dan praktis. Selain itu, ketidakpastian pembacaan kecerlangan langit menggunakan SQM hanya 0,1 mpdbp (Craine *et al.*, 2008; Arumaningtyas, 2017). Atas dasar faktor-faktor tersebut, dalam penelitian ini, pengukuran kecerlangan langit menggunakan SQM yang diarahkan ke zenit. SQM yang digunakan adalah SQM LU-DL dimana SQM tipe ini menggunakan lensa dengan medan pandang 20°. Medan pandang yang sempit menjadikan pengamatan dapat terbebas dari pengaruh cahaya yang memberikan noise pada pembacaan kecerlangan langit seperti cahaya lampu yang terpendar ke arah langit di arah horizon (Birriel & Adkins, 2010). Pengukuran kecerlangan langit menggunakan sistem otomatisasi, yaitu menyambungkan SQM dengan raspberry pi. Data pengamatan setiap malam akan tercatat di folder lokal dan database mysql. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengamatan pada bulan Maret 2022. Dari 24 data yang diperoleh, terdapat 17 data yang bebas dari *noise* dan akan digunakan dalam pengolahan data. Setiap data dari hasil pengamatan SQM menampilkan waktu pengamatan UT dan lokal, temperatur, frekuensi, dan

nilai kecerlangan langit dalam mpdbp. Data yang akan digunakan lebih lanjut adalah waktu pengamatan lokal dan nilai kecerlangan langit untuk melihat perubahan kecerlangan langit dari waktu ke waktu. Kedua data tersebut digunakan untuk membangun kurva cahaya, yaitu plot perubahan intensitas cahaya terhadap waktu.

Untuk menentukan peningkatan cahaya yang merupakan tanda kemunculan fajar, sangat penting untuk mengidentifikasi titik peningkatan intensitas pada kurva cahaya. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan titik peningkatan tersebut, antara lain *moving average* (Raisal *et al.*, 2019), *fitting* polinomial, maupun gabungan antara *moving average* dan *fitting* polinomial (Rochman *et al.*, 2019). Penelitian ini menggunakan metode *fitting* polinomial, yaitu memanfaatkan model polinomial yang cocok dengan grafik data. Supaya pemodelan akurat, jendela kurva cahaya yang dibangun dibatasi pada rentang waktu yang sempit. Penggunaan persamaan polinomial orde 4 adalah fungsi yang paling cocok dengan grafik kecerlangan langit terhadap waktu sebagaimana hasil Saksono (2017) yang menyatakan polinomial derajat empat merupakan model yang lebih baik.

Pada fungsi polinomial, terdapat titik stasioner yang terdiri dari titik ekstrem dan titik belok. Titik peningkatan cahaya pada kemunculan fajar dalam grafik dinyatakan sebagai titik ekstrem yang merupakan titik ketika terjadi penurunan secara signifikan atau disaat langit mengalami peningkatan kecerlangan secara signifikan. Titik ekstrem diketahui dengan menghitung turunan persamaan polinomial ($\frac{dy}{dt}$).

Jika persamaan polinomial orde 4 diketahui sebagai berikut :

$$ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e \quad (1)$$

maka turunan dari persamaan (1) adalah sebagai berikut:

$$4ax^3 + 3bx^2 + 2cx + d \quad (2)$$

akar-akar persamaan (2) merupakan titik-titik eskترم. Karena persamaan (2) merupakan persamaan polinomial orde 3, maka terdapat 3 akar persamaannya. Titik eskترم yang dipakai sebagai titik peningkatan kecerlangan langit pada penentuan

kemunculan fajar adalah titik eskترم puncak. Untuk dapat mengetahui akar persamaan yang merupakan titik eskترم puncak, terlebih dahulu dihitung turunan kedua dari persamaan (1) menjadi :

$$12ax^2 + 6bx + 2c \quad (3)$$

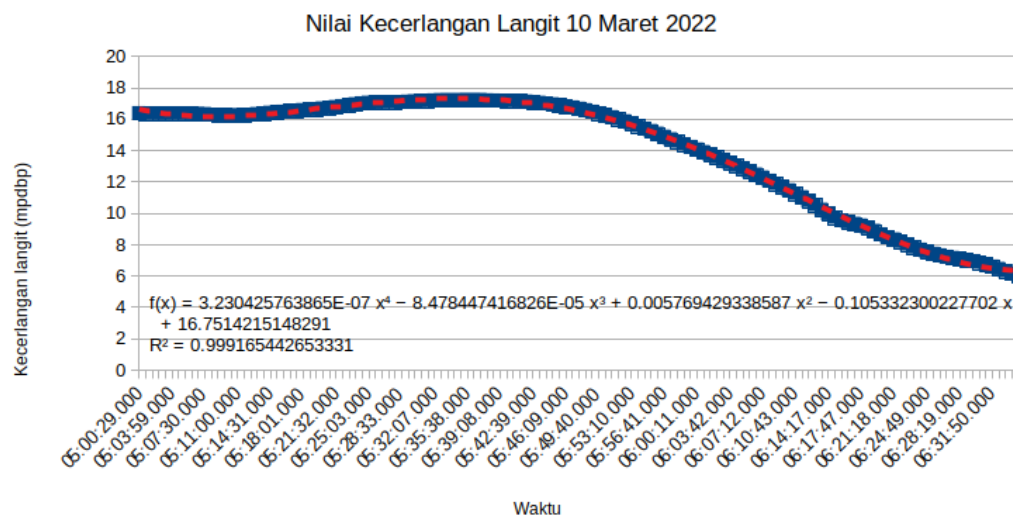
Akar-akar yang diperoleh dari persamaan (2) disubstitusi ke persamaan (3). Jika nilai hasil substitusi < 0 , maka nilai akar tersebut merupakan titik eskترم puncak. Titik eskترم puncak kemudian dikonversi ke *solar dip* dalam satuan derajat. Nilai dip dihitung dengan mencari selisih antara waktu terbit dan waktu yang menjadi titik eskترم dan dinyatakan dalam menit. Karena setiap 4 menit sama dengan 1° , maka nilai dip dinyatakan seperti rumus di bawah ini (Furziah, 2019):

$$dip = \frac{t_{terbit} - t}{4} \quad (5)$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari 17 data observasi pada bulan Maret 2022, masing-masing data dibangun kurva dalam jendela yang sempit. Secara umum, rentang waktu yang digunakan adalah 1,5 jam sebelum Matahari terbit hingga 5 menit setelah Matahari terbit. Selanjutnya kurva cahaya dimodelkan dengan fungsi polinomial berderajat empat. Polinomial berderajat 4 menjadi model yang sangat baik ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,99. Nilai yang mendekati 1 tersebut menggambarkan bahwa model polinomial berderajat 4 sangat akurat sebagai pemodelan matematis dari grafik kecerlangan langit. Berikut adalah salah satu kurva cahaya yang telah di-*fitting* dengan polinomial berderajat empat.

Penentuan Kemunculan Fajar Subuh Menggunakan Nilai Kecerlangan Langit di OIF UMSU dengan Metode Fitting Polinomial Orde 4



Gambar 1. Grafik Kecerlangan Langit 10 Maret 2022

Sebagaimana yang dijelaskan dalam metode, akar persamaan polinomial berderajat 4 akan menjadi titik eskترم puncak yang kemudian dinyatakan dalam *solar dip*. Nilai dip untuk masing-masing data disajikan dalam tabel 1.

Pada tanggal observasi di bulan Maret 2022, kondisi langit bervariasi dari mulai berawan hingga cerah. Namun faktor cuaca tidak terlalu mempengaruhi nilai dip. Hal ini dibuktikan dengan melihat data cuaca yang tersedia di *timeanddate.com* dan membandingkannya dengan nilai dip. Pada kondisi langit yang cerah, nilai dip seharusnya cenderung lebih besar dibandingkan nilai dip saat kondisi berawan (Rochman *et al.*, 2019). Di tanggal tertentu seperti 11 Maret 2022, kondisi langit berawan namun nilai dip termasuk tinggi, yaitu 15° . Data yang dipilih dalam penelitian ini tidak menyertakan data yang memiliki fluktuasi tinggi yang diakibatkan kondisi langit yang berawan tebal, sehingga seluruh data yang tersedia dapat dimodelkan dengan dengan baik. Melalui nilai dip yang cenderung seragam dan nilai koefisien determinasi yang sangat baik, dapat disimpulkan bahwa kemunculan fajar dapat diidentifikasi dengan baik.

Dari tabel tersebut, nilai rata-rata dip saat munculnya fajar adalah $14,26^\circ \pm 0,8^\circ$ di bawah horizon. Nilai ini relatif dekat dengan nilai dip yang didapatkan oleh Saksono (2017), yaitu $13,4^\circ \pm 1,4^\circ$. Dari nilai rata-rata yang diperoleh pada penelitian ini dan landasan tipe fajar dalam astronomi, posisi Matahari saat

kemunculan fajar tergolong dalam fajar astronomi yang mempunyai rentang dip 18° - 12° .

Tabel 1. Nilai Dip pada Maret 2022

Tanggal	Dip ($^{\circ}$)	Koefisien Determinasi
2 Maret 2022	14	0,99
3 Maret 2022	13,75	0,99
4 Maret 2022	14,25	0,99
7 Maret 2022	13	0,99
8 Maret 2022	13,5	0,99
10 Maret 2022	14,25	0,99
11 Maret 2022	15	0,99
12 Maret 2022	14,75	0,99
13 Maret 2022	15,25	0,99
14 Maret 2022	15,75	0,99
15 Maret 2022	14	0,99
16 Maret 2022	14	0,99
17 Maret 2022	13,75	0,99
18 Maret 2022	13,25	0,99
19 Maret 2022	13,75	0,99
28 Maret 2022	15,5	0,99
29 Maret 2022	14,75	0,99
Rata-rata	14,26	
Standar deviasi	0,8	

Data yang disediakan dalam penelitian ini masih terbatas pada satu bulan saja. Untuk mendapatkan kesimpulan yang lebih komprehensif terkait dip waktu subuh, dibutuhkan data yang mencakup 12 bulan dan melingkupi banyak wilayah geografis terutama daerah dengan polusi cahaya dan udara yang minim. Hal ini didukung berdasarkan studi yang dilakukan oleh Basthoni & Setyanto (2022). Nilai dip akan berbeda untuk daerah yang memiliki tingkat polusi cahaya yang berbeda juga. Herdiwijaya (2020) menyatakan bahwa partikel polutan dapat mengabsorbsi cahaya fajar sehingga menghalangi kemunculan cahaya fajar di arah timur dan menyebabkan malam semu.

SIMPULAN

Penelitian ini melakukan pengukuran data kecerlangan langit di Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (OIF UMSU) menggunakan *Sky Quality Meter* (SQM) pada bulan Maret 2022. Dari 24 data hasil pengamatan, tersedia 17 data yang layak digunakan. Kurva cahaya dibangun untuk melihat perilaku perubahan kecerlangan langit terhadap waktu untuk mengidentifikasi kemunculan fajar. Melalui pemodelan polinomial derajat 4, diperoleh dip rata-rata $14,26^\circ$ dan standar deviasi $0,8^\circ$. Persamaan polinomial berderajat 4 menjadi model yang sangat baik dilihat dari koefisien determinasi sebesar 0,99. Kondisi cuaca yang bervariasi pada hari pengamatan tidak mempengaruhi nilai dip. Meskipun data masih tergolong sedikit, namun penelitian ini dapat menjadi referensi studi awal waktu subuh. Studi komprehensif terkait waktu subuh perlu mencakup data yang lebih banyak antara lain data kecerlangan langit selama 12 bulan dan data dari berbagai wilayah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih karena dukungan OIF UMSU dalam pelaksanaan penelitian ini seperti penyediaan alat dan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Arumaningtyas, E. P. (2017). *Pengukuran kecerlangan langit menggunakan Sky Quality Meter*. Institut Teknologi Bandung.
- Basthoni, M., & Setyanto, H. (2022). Typology of dawn light curves in high and low light pollution areas. *INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE AND APPLIED SCIENCE (ICSAS) 2021*. <http://dx.doi.org/10.1063/5.0073949>
- Birriel, J. J., & Adkins, J. K. (2010). A Simple, Portable Apparatus to Measure Night Sky Brightness at Various Zenith Angles. *Journal of American Association of Variable Star Observer*, 38(221).
- Butar-Butar, A. J. R. (2022). *Esai-Esai Waktu Subuh*. umsu press.
- Craine, E. M., Culver, R. B., Craine, J. C., & Tucker, R. A. (2008). Exploring Some methods of Measuring Night Sky Brightness. *The Society for Astronomical Sciences 27th Annual Symposium on Telescope Science*, 157(27).
- Furziah. (2019). *Waktu Shalat Subuh Menurut Tono Saksono*. UIN Walisongo Semarang.
- Herdiwijaya, D. (2020). On the beginning of the morning twilight based on sky brightness measurements. *Journal of Physics: Conference Series*, 1523(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1523/1/012007>

- Qorib, M., Zailani, Z., Radiman, R., Amrizal, A., & Rakhmadi, A. J. (2019). PERAN DAN KONTRIBUSI OIF UMSU DALAM PENGENALAN ILMU FALAK DI SUMATERA UTARA. *Jurnal Pendidikan Islam*, 10(2), 133–141. <https://doi.org/10.22236/jpi.v10i2.3735>
- Raisal, A. Y., Pramudya, Y., Okimustava, O., & Muchlas, M. (2019). Pemanfaatan Metode Moving Average dalam Menentukan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sky Quality Meter (SQM). *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 5(1), 1–13. <https://doi.org/10.30596/jam.v5i1.3121>
- Rochman, A. A., Herdiwijaya, D., & Setyanto, H. (2019). Tingkat Kepercayaan Fitting Polinomial Kurva Gradien Data SQM untuk Menentukan Kemunculan Fajar. *Journal of Multidisciplinary Academic*, 3(2).
- Saksono, T. (2017). *Evaluasi Awal Waktu Shubuh dan Isya Perspektif Sains, Teknologi dan Syariah*. UHAMKA Press .
- Setiawan, H. R., & Rakhmadi, A. J. (2019). Pemanfaatan Winhisab Dalam Menentukan Waktu Salat. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, 1(2). <https://doi.org/10.30596/ihsan.v1i2.4819>
- Shariff, N. N. M., Hamidi, Z. S., Mohamad, A., Zainuddin, M. zambri, & Olarenwaju Ibrahim, Z. (2013). Background theory of twilight in Isya and Subh Prayer Times. In *Dimensi Penyelidikan Astronomi Islam* (pp. 121–132). University of Malaya. https://www.researchgate.net/publication/236644769_Background_theory_of_twilight_in_Isya_and_Subh_Prayer_Times/comments