

Analisis Titik Belok SQM Mei 2019 dengan Pendekatan Polinomial Orde Tiga untuk Menentukan Waktu Isya' di LAPAN BPAA Pasuruan

Nanang Widodo^{a,*}, Noer Abdillah Sahri Noto Soepeno Ninoi^b

^{a,b} LAPAN BPAA Pasuruan, Jl Raya Watukosek Kec. Gempol, Pasuruan 67155, Indonesia

* Alamat Surel: nanang.widodo@lapan.go.id

Abstrak

Pergantian siang ke malam hari, tenggelamnya matahari di ufuk barat akan mengubah tingkat kecerahan langit (*Sky Quality Meter*, SQM). Secara astronomi, matahari tenggelam di ufuk barat sampai kedalaman minus 18 derajat dibagi 3 senja. Berakhirnya senja astronomi (*astronomical twilight*) dimana posisi Matahari minus 18° merupakan tetapan waktu masuk Isya' yang disepakati oleh ahli falaiqiyah PBNU. Plot nilai SQM yang dimulai pukul 17:20 WIB sampai dengan 19:00 WIB akan didekati dengan model polinomial orde 3. Berkurangnya tingkat kecerahan langit di penghujung senja astronomi diduga berimpit dengan titik belok, x yang diperoleh dari turunan kedua model polinomial orde 3 samadengan nol. Pengujian tingkat signifikansi dari model polinomial orde 3 ini diukur dari koefisien korelasi yang tinggi.

Kata kunci: Astronomical twilight, SQM, Titik belok.

© 2020 Dipublikasikan oleh Jurusan Matematika, Universitas Negeri Semarang

1. Pendahuluan

Perubahan tingkat kecerahan langit di LAPAN BPAA Pasuruan diukur dengan alat SQM LU-DL dalam skala 0 – 24 mag/arcsec². Posisi geografis 7°, 56' LS, 112°, 67' BT, 50 m DPL. Detektor pada alat SQM ini mengumpulkan cahaya dari sudut sempit yaitu <20 derajat. Tingkat kegelapan langit yang ideal pada malam hari pada interval 22 – 16 mag/arcsec² (Gambar 1). Semakin tinggi skala SQM menunjukkan semakin gelap langit atau semakin sedikit cahaya yang ditangkap sensor. Kondisi yang ideal saat pengamatan adalah seminim mungkin gangguan polusi cahaya di langit yang berasal dari aktivitas manusia maupun alam.

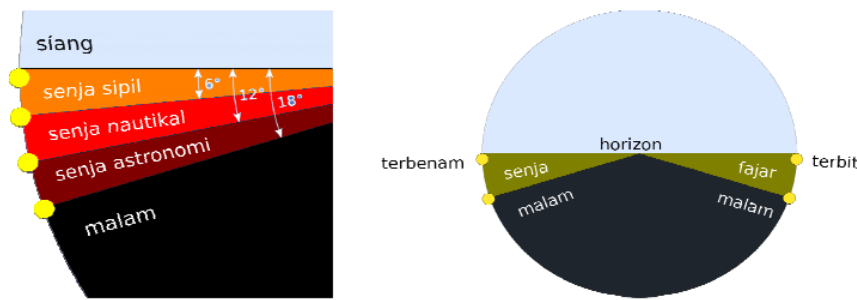


Gambar 1. Tingkatan kegelapan langit (sumber: <http://www.nightwise.org/magnitudes.htm>)

Kecerahan senja nautikal dan senja astronomi di setiap daerah bisa berbeda. Tingkat kecerahan langit dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain; posisi ketinggian pengamat, polusi udara, parameter-parameter atmosfer yaitu tekanan, kelembaban, temperatur dan lain-lain (Herdiwijaya, 2016).

To cite this article:

Widodo, N. dan Ninoi, N.A.S.N.S. (2020). Penentuan Isya' menggunakan pendekatan titik belok persamaan tingkat kecerahan langit di LAPAN BPAA Pasuruan. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* 3, 179-185



Gambar 2. a) Klasifikasi ketinggian Matahari di bawah ufuk (b) Pergantian fajar, siang, senja dan malam

Saat menjelang waktu malam hari, Matahari tenggelam di ufuk barat sampai kedalaman minus 18°, langit dibedakan dalam 3 kategori senja seperti Gambar 2, yaitu

- Senja Sipil, waktu senja yang dimulai dari posisi seluruh cakram Matahari berada di bawah horizon (-0,5°) sampai ketinggian minus 6° dibawah horizon. Kondisi langit masih sangat terang, sehingga mudah sekali membedakan benda-benda di sekitar kita.
- Senja Nautikal, waktu senja antara interval (-6° sampai -12°) dibawah horizon. Tingkat kecerahan langit mulai remang-remang/ mega merah, sehingga batas garis pantai tidak terlihat jelas.
- Senja Astronomi, Matahari berada pada ketinggian (-12° sampai -18°). Tingkat kecerahan langit sudah semakin pekat, sehingga kita sulit membedakan semua benda tanpa bantuan penerangan.

Jadwal Sholat untuk Surabaya, GMT +7								
Mei 2019								
Pilih Kota	Surabaya							
Tanggal	Imsyak	Shubuh	Terbit	Dhuha	Dzuhur	Ashr	Maghrib	Isya
01	04:03	04:13	05:28	05:52	11:28	14:50	17:24	18:35
02	04:03	04:13	05:29	05:53	11:28	14:50	17:24	18:35
03	04:03	04:13	05:29	05:53	11:28	14:49	17:23	18:35
04	04:03	04:13	05:29	05:53	11:28	14:49	17:23	18:35
05	04:03	04:13	05:29	05:53	11:28	14:49	17:23	18:35
06	04:03	04:13	05:29	05:53	11:28	14:49	17:23	18:35
07	04:03	04:13	05:29	05:53	11:28	14:49	17:22	18:34
08	04:03	04:13	05:29	05:53	11:28	14:49	17:22	18:34
09	04:02	04:12	05:29	05:53	11:28	14:49	17:22	18:34
10	04:02	04:12	05:29	05:53	11:27	14:49	17:22	18:34

Gambar 3. Jadwal sholat untuk wilayah Surabaya dan sekitarnya

Sumber: <http://falakiyah.nu.or.id/JadwalWaktuSholat.aspx>

Menurut falakiyah PBNU waktu Isya' dimulai dari posisi ketinggian Matahari -18o, seperti Gambar 3. (<http://falakiyah.nu.or.id/JadwalWaktuSholat.aspx>). Karena posisi matahari -18° di bawah ufuk, maka saat penetapan Isya' banyak menemui kendala (Raihana et al, 2014).

Dalil berikut menjelaskan masuknya waktu Isya', "Apabila kalian telah shalat maghrib, maka itu waktunya, sampai hilang seberkas cahaya merah di ufuk barat. Lalu setelah kalian shalat isya, itulah waktunya, sampai pertengahan malam". (HR. Muslim 1416). (<https://konsultasisyariah.com/29289-batas-akhir-waktu-shalat-isya.html>).

Beberapa negara menetapkan awal waktu Isya' dengan mengacu posisi geografis (bujur, lintang) pengamat, dan ketinggian Matahari di bawah ufuk, seperti pada Tabel 1. (Nor & Zainuddin, 2012).

Tabel 1. Konvensi beberapa negara dalam menentukan waktu Isya’

Konvensi	Sudut Isya’ (x°)
Muslim World League	17
Islamic Society of North America (ISNA)	15
Egyptian General Authority of Survey	17,5
Umm al-Qura, Makkah	Maghrib +90 menit
University of Islamic Science, Karachi	18
Institute of Geophysics, University of Tehran	14
Shia Ithna Ashari, LEva Research Institute, Qum	14
Malaysia	18

Sumber : <http://praytimes.org/calculation>

Sebagian muslim menggunakan referensi waktu sholat berdasarkan perhitungan berikut

$$d = jd - 2451545.0 \quad jd = \text{Julian Date}$$

$$g = 357.529 + 0.98560028 * d$$

$$q = 280.459 + 0.98564736 * d$$

L, posisi lintang pengamat (*latitude*) and Lng, posisi bujur pengamat (*longitude*)

$$R = 1.00014 - 0.01672 * \cos(g) - 0.00014 * \cos(2g)$$

$$e = 23.439 - 0.00000036 * d$$

$$RA = \arctan2(\cos(e) * \sin(L), \cos(L))/15$$

Deklinasi Matahari didapatkan dari

$$D = \arcsin(\sin(e) * \sin(L))$$

Persamaan waktu adalah

$$EqT = \frac{q}{15} - RA \quad (1)$$

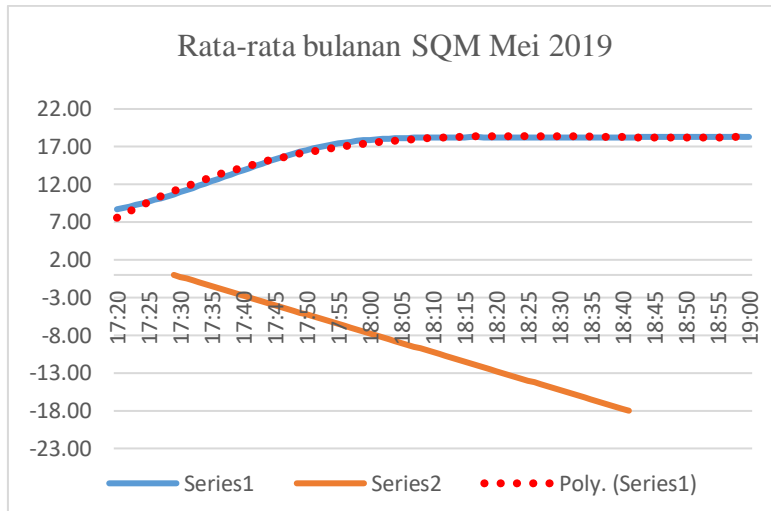
Hasil kesepakatan beberapa negara muslim waktu Isya’ = Dhuhur + T(17) (Hamid Z-Z, Praytime.org).

Persamaan (1) digunakan sebagai dasar penentuan tetapan waktu isya’ pada Tabel 1

2. Metode

Data pengukuran tingkat kecerahan langit (SQM) yang digunakan dalam penelitian ini adalah bulan Mei 2019. Data yang ditampilkan pada gambar 2 adalah nilai rata-rata SQM selama bulan Mei yang dimulai dari pukul 17:20 WIB sampai 19:00 WIB. Data SQM ditampilkan oleh garis penuh biru, sebenarnya data ini berfluktuasi kecil terhadap waktu amatan, Gambar 2.

Posisi ketinggian Matahari dari ufuk (0°) sampai tetapan waktu Isya’ (-18°) di lokal Surabaya selama bulan Mei 2019 ditunjukkan oleh garis penuh warna orange. Sedangkan perubahan ketinggian Matahari terhadap waktu berkurang sebesar 0,25°/menit.



Gambar 4. Rata-rata bulanan SQM Mei 2019, LAPAN BPAA Pasuruan

Adanya tren belok pada grafik SQM di titik tertentu, maka akan diujikan suatu pendekatan turunan kedua samadengan Nol dari persamaan polinom orde 3. Diharapkan polinom orde 3 mampu membaca karakteristik perubahan nilai SQM terhadap waktu. Persamaan polinom orde 3 ditunjukkan oleh grafik titik-titik merah, Gambar 3 yang diperoleh dari aplikasi Excel. Hasil luaran Excel ini telah memberikan konstanta a_0 , a_1 , a_2 dan a_3 pada persamaan (2) dari metode regresi polinom orde 3.

Secara umum, persamaan polinom orde 3 dinyatakan

$$Y = f(X) = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 + \varepsilon \tag{2}$$

Konstanta a_0 , a_1 , a_2 , a_3 diperoleh dari luaran metode regresi polinom orde 3 dalam aplikasi Excel

$$y' = f'(x) = \frac{dy}{dx} \tag{3}$$

$$\frac{dy}{dx} = (3a_3)x^{3-1} + 2a_2x^{2-1} + a_1x^0$$

Titik belok diperoleh dari turunan kedua $f(x)$ sama dengan Nol dari fungsi polinom orde 3, adalah

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 0$$

$$d\left(\frac{dy}{dx}\right) = (6a_3)x^{3-2} + 2a_2x^0 = 0$$

$$(6a_3)x = -(2a_2)$$

$$x = \frac{-(2a_2)}{6a_3} \tag{4}$$

x berupa bilangan yang artinya urutan waktu (menit).

Koefisien determinasi diperoleh dari persamaan (5), (Uyun & Ransi, 2019).

$$R^2 = \frac{(n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y))^2}{(n(\sum X^2) - (\sum X)^2)(n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)} \tag{5}$$

Pada hipotesa awal, diharapkan persamaan SQM terhadap waktu dapat didekati dengan model polinom orde 3, dan akan dibuktikan dengan nilai koefisien korelasi. Secara grafis pernyataan di atas didukung oleh berimpitnya kedua persamaan tersebut.

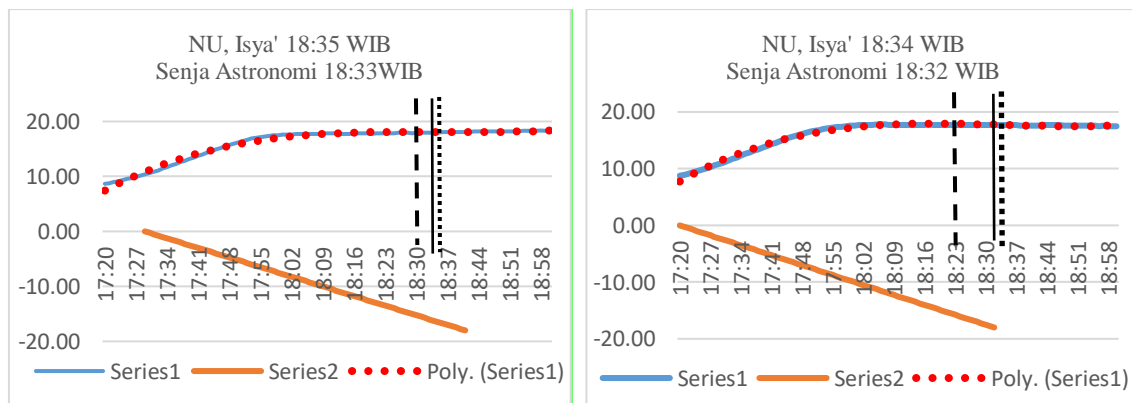
3. Hasil dan Pembahasan

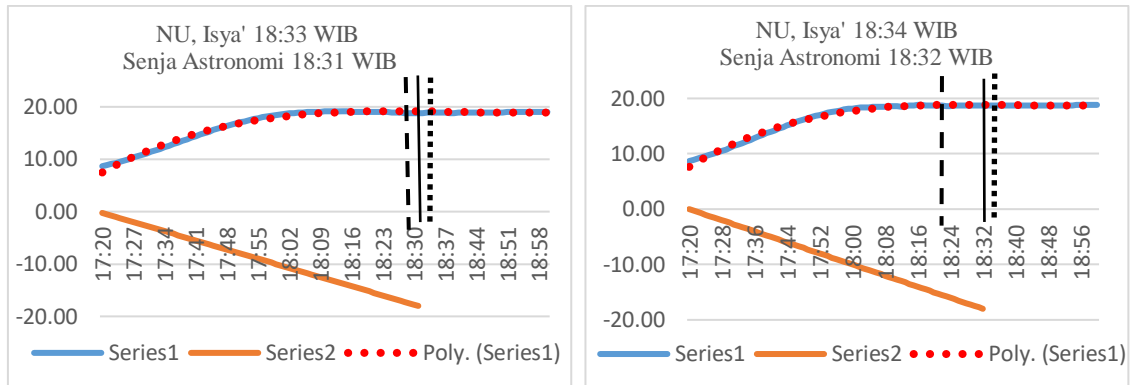
Dengan referensi posisi ketinggian Matahari di senja astronomi (*astronomical twilight*) dari <https://www.timeanddate.com/sun/indonesia/surabaya?month=5&year=2019> pada Tabel 2, akan dibagi 4 kolom yaitu interval tanggal 1-2 Mei, 3-10 Mei, 11-23 Mei dan 24-31 Mei 2019. Pada setiap interval tersebut mempunyai kesamaan waktu saat ketinggian Matahari -18° . Contoh; pada interval 1-2 Mei 2019 senja astronomi berakhir pada pukul 18:33 WIB, dan seterusnya.

Tabel 2. Waktu Isya', titik belok, posisi Matahari (-18°) dan persamaan polinom orde 3.

Interval pengamatan	1-2/5/'19	3-10/5/'19	11-23/5/'19	24-31/5/'19
S. A (-18°), (WIB)	18:33	18:32	18:31	18:32
Isya' NU, (WIB)	18:35	18:34	18:33	18:34
Titik belok x , (WIB)	71, (18:30)	63, (18:22)	70, (18:28)	63, (18:22)
Persamaan Polinom orde 3	$y = 3E-05x^3 - 0.0064x^2 + 0.4655x + 6.38$	$y = 2E-05x^3 - 0.0057x^2 + 0.4406x + 7.1192$	$y = 3E-05x^3 - 0.0063x^2 + 0.464x + 7.2206$	$y = 2E-05x^3 - 0.0057x^2 + 0.4526x + 7.1847$
R^2	0,9765	0,9861	0,9898	0,9911

Penjelasan Tabel 2, baris pertama menyatakan batas senja astronomi, (S.A) (-18°) pada waktu 18:33 WIB, 18:32 WIB, 18:31 WIB dan 18:32 WIB. Baris kedua, waktu sholat Isya' PBNU ditetapkan 18:35, 18:34, 18:33 dan 18:34 WIB bersamaan dengan posisi Matahari -18.5° di bawah ufuk. Pada baris ketiga, titik belok, $x = 71, 63, 70$ dan 63 atau 71 menit setelah data awal 17:20 WIB dan seterusnya. Titik belok persamaan polinomial orde 3 pada pukul 18:30 WIB, 18:22 WIB, 18:28 WIB dan 18:22 WIB, identik dengan posisi Matahari $-17.25^\circ, -15.5^\circ, -17.25^\circ -15.5^\circ$ di bawah ufuk. Baris keempat menyatakan, 4 persamaan polinom orde 3 yang diperoleh dari Excel. Baris kelima, hasil koefisien determinasi rata-rata di atas 0,97, atau koefisien korelasi, $r = 0,9882; 0,9930; 0,9949$ dan $0,9955$.





Gambar 5. Kiri atas, Rata-rata SQM 1-9 Mei 2012, Kanan atas, rata-rata SQM 10-18 Mei 2012. Kiri bawah, Rata-rata SQM 19-25 Mei 2012, Kanan bawah, rata-rata SQM 26-31 Mei 2012

Dari hasil yang signifikan tersebut dinyatakan bahwa model polinomial orde 3 dapat mendekati bentuk persamaan SQM. Selain itu model polinomial juga dapat menjelaskan titik belok perubahan SQM yang menandakan masuknya waktu shalat Isya' dengan tingkat ketelitian antara 5 -12 menit sebelum Isya'. Hasil perhitungan dengan koefisien korelasi tinggi dapat menjawab hipotesa bahwa model polinom orde 3 adalah relevan dengan perubahan tingkat kecerahan langit terhadap waktu.

Pada Gambar 5, garis penuh tegak menunjukkan waktu senja astronomi berakhir, posisi Matahari -18° . Garis putus-putus menunjukkan tempat titik belok persamaan SQM. Titik-titik tegak menandakan waktu sholat Isya' dari PBNU. Persamaan polinom orde 3 yang dihasilkan dari Excel akan diuji tingkat akurasinya melalui nilai koefisien determinasi.

Penandaan datangnya waktu isya' dan ketinggian Matahari di bawah ufuk pada -6° , 12° dan -18° dalam grafik telah ditampilkan pada (Herdiwijaya, 2014).

4. Simpulan

Ketetapan waktu Isya' menurut PBNU relatif lambat 2 menit atau $0,5^\circ$ dibandingkan ketentuan batas akhir senja astronomi (-18°). Hal ini biasanya disebabkan oleh perbedaan metode penghitungan revolusi Bumi. Dengan menerapkan model polynomial orde 3 pada persamaan SQM dan dibuktikan dengan berimpitnya kedua persamaan tersebut. Dalam hipotesa dirumuskan bahwa model polinom orde 3 dapat menjelaskan karakteristik dari persamaan SQM terhadap waktu telah terbukti yaitu ditunjukkan oleh rata-rata koefisien determinasi di atas 0,97, atau koefisien korelasi r antara 0,9765 sampai 0,9911. Adanya perbedaan waktu titik belok dan waktu Isya' yaitu antara 5 – 12 menit diduga disebabkan oleh faktor alam, salah satunya adalah fase bulan yang menyebabkan langit lebih terang setelah Matahari tenggelam.

Daftar Pustaka

- Raihana, A. W., Norihan, K., & Mutafa, M. H. (2016). Issues on Determination of Accurate Fajr and Dhuha Prayer Times According to Fiqh and Astronomical Perspectives in Malaysia: a Bibliography Study, *Conference Proceedings*, Bali Indonesia Oct 13-14, 2016, 18(10), Part V, (p 675).
- Herdiwijaya, D. (2014). Implications of Twilight Sky Brightness Measurements on Fajr Prayer and Young Crescent Observation. *International Conference on Physics and its Applications 2014 (ICOPIA-14)*. Atlantis Press.
- Herdiwijaya, D. (2016). Pengukuran Kecerahan Langit Malam arah Zenith untuk Penentuan Awal Waktu Fajar. *Prosiding SKF 2016*: 95-102.
- Uyun, F. R., & Ransi, N. (2019). Penerapan Metode Regresi Polinomial Orde n Pada Pengembangan Aplikasi Inventory (Studi Kasus PT. Landipo Niaga Raya). *semanTIK* 5(1), 175-184.
- Nor, S. A. M., & Zainuddin, M. Z. (2012). Sky Brightness for Determination of Fajr and Isha Prayer by Using Sky Quality Meter. *International Journal of Scientific and Engineering Research* 3(8), 1-3
- Hamid Zarrabi – Zadeh, <http://praytimes.org/calculation>, diakses 22 Agustus 2019

<https://konsultasisyariah.com/29289-batas-akhir-waktu-shalat-isyah.html>, diakses 10 Agustus 2019

<http://falakiah.nu.or.id/JadwalWaktuSholat.aspx>, diakses 6 Agustus 2019

<http://www.nightwise.org/magnitudes.htm>, diakses 5 Agustus 2019