

Studi Arkeoastronomi Candi Sukuh dan Cetho, Jawa Tengah

T. H. Pramono^{1*} dan Aprilia¹

¹Program Studi Astronomi, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

*E-mail: theofilushobba22@gmail.com

ABSTRAK

Candi Sukuh dan Cetho merupakan candi termuda di Indonesia yang dibangun pada akhir masa Majapahit di lereng barat Gunung Lawu. Keunikan arsitekturnya yang berupa punden berundak dengan candi induk berbentuk piramida terpancung dan usianya yang muda menjadikan keduanya objek penelitian arkeoastronomi yang menarik, yaitu untuk mencari kesegarisasi orientasi candi dengan benda langit tertentu. Orientasi dalam nilai azimut diukur menggunakan Google Earth untuk sepuluh arah di Candi Sukuh dan enam di Candi Cetho. Nilai tersebut ditransformasi menjadi deklinasi dan dicocokkan dengan deklinasi benda-benda langit untuk pengamatan tahun 1475 M. Dari pencocokan diperoleh sepuluh kesegarisasi di Candi Sukuh dan dua kesegarisasi di Candi Cetho. Semua kesegarisasi kemudian diuji signifikansinya untuk memperoleh nilai *global* dan *local p-value* yang bila lebih kecil dari 0,05 menandakan keyakinan di atas 95% bahwa kesegarisasi yang terukur disengaja oleh pembangun masa lalu. Hasil perhitungan menunjukkan *global p-value* Candi Sukuh sebesar 0,13 dan untuk Candi Cetho sebesar 0,06. Keduanya lebih besar dari 0,05 sehingga nilai *local p-value* tidak perlu ditinjau. Dapat dikatakan bahwa kedua candi tidak dibangun dengan mengacu pada posisi benda langit tetapi mungkin lebih mengacu pada puncak gunung atau disebut konsep *chthonic*.

Kata Kunci: Cetho - Sukuh – kesegarisasi

1 PENDAHULUAN

Arkeoastronomi adalah keilmuan gabungan dari astronomi dan arkeologi yang bertujuan untuk menganalisis kesegarisasi atau kecocokan orientasi monumen dan bangunan kuno dengan posisi benda langit (Baity dkk., 1973). Kesegarisasi tersebut kemudian dapat digunakan sebagai jembatan untuk memahami persepsi masyarakat kuno tentang posisi benda langit dalam kebudayaan mereka. Banyak bangunan kuno di dunia yang sudah diteliti secara arkeoastronomis, seperti Stonehenge (mis. Ruggles, 1997; Meaden, 2017), dan Angkor Wat (mis. Barnhart & Powell, 2013; Sparavigna, 2016).

Di Indonesia, penelitian arkeoastronomi mayoritas dilakukan untuk bangunan candi yang tersebar di Pulau Jawa. Soekmono (1974/1995, hlm. 1) mendefinisikan candi sebagai bangunan untuk tempat ibadah penganut agama Hindu dan Budha masa lalu. Pembangunan sebuah candi tidak bisa dilakukan sembarangan. Degroot (2009) mendapati bahwa candi-candi di Jawa Tengah diorientasikan ke sekitar arah timur dan barat. Penelitian lanjutan oleh Aini (2018) mengonfirmasi hubungan 34 candi dari yang pernah diteliti Degroot dengan benda langit, khususnya Matahari.

Penelitian arkeoastronomi dapat diperluas untuk candi-candi Jawa Timur. Dua candi yang menarik adalah Candi Sukuh yang pernah diteliti oleh Rodhiyah dan Hidayat (2019) dan Candi Cetho. Keduanya merupakan dua candi peninggalan masa akhir Kerajaan Majapahit di lereng barat Gunung

Lawu dengan sisi barat terbuka menghadap dataran rendah dan empat gunung, yakni Gunung Merapi, Merbabu, Telomoyo, dan Ungaran. Kedua candi Hindu ini dibangun memanjang mengikuti kemiringan lereng dari barat ke timur. Bangunan utama candi berbentuk piramida terpancung didirikan di sisi timur. Selain itu, terdapat dua tiang batu di sisi kanan dan kiri candi utama Candi Sukuh yang fungsinya masih belum diketahui. Keduanya diduga dulu difungsikan untuk lokasi upacara penyucian (Darmosoetopo dkk., 2016) atau tempat tinggal kaum resi (Purwanto, 2017; Purwanto & Titasari, 2020). Keunikan kedua candi menjadikan penelitian arkeoastronomi menarik untuk dilakukan, terutama untuk memastikan apakah keduanya memiliki hubungan dengan benda langit.

2 METODE

Perhitungan kesegarisasi pada kedua candi memanfaatkan metode transformasi koordinat. Nilai orientasi/azimut diukur terhadap 10 orientasi di Candi Sukuh dan 6 di Candi Cetho. Pengukuran di sekitar area candi memanfaatkan *software* Google Earth Pro seperti yang sudah digunakan oleh Magli (2017) dan Aini (2018) sementara untuk yang mengacu pada gunung di horizon sebelah barat diukur menggunakan laman heywhatsthat.com. Hasil pengukuran kemudian diubah menjadi nilai deklinasi menggunakan persamaan

$$\sin(\delta) = \sin(\Phi) \sin(a) + \cos(\Phi) \cos(a) \cos(A), \quad (1)$$

dengan δ adalah deklinasi, Φ adalah lintang pengamat, A adalah azimut, dan a adalah *altitude*

Tabel 2. Nilai dugaan kesegarisan yang diperoleh untuk seluruh arah di kedua candi. Az adalah azimut, δ adalah deklinasi, dan σ_δ adalah galat deklinasi.

Candi	Arah	Az (°)	δ (°)	σ_δ (°)	Benda langit	δ_{benda} (°)
Sukuh	Puncak utara candi induk	78,43	8,59	2,07	Betelgeuse	7,35
					Altair	7,51
	Puncak tengah candi induk	94,64	-6,84	1,23	<i>Zenith passage</i>	-7,63
					Alphard	-6,36
	Puncak selatan candi induk	107,32	-18,76	1,92	<i>Min. south. lun.</i>	-18,29
					Mirzam	-17,67
	Tiang selatan	141,49	-51,62	2,05	Alsephina	-52,79
					Canopus	-52,39
Cetho	Gapura paduraksa	274,64	4,69	1,31	Bellatrix	5,91
	Gunung Ungaran	299,47	29,17	0,47	Pollux	29,33
	Gapura pertama	288,71	18,59	0,48	<i>Min. north. lun.</i>	18,29
					Alhena	16,88
	Gunung Telomoyo	287,14	17,00	0,23		

yang telah dikoreksi terhadap refraksi, bentang alam, dan *angle of dip*. Nilai tersebut kemudian dicocokkan dengan deklinasi benda-benda langit yang sudah dikoreksi terhadap presesi dan gerak diri untuk tahun pengamatan 1397 Saka/1475 M berdasarkan terjemahan Darmosoetopo (dalam Purwanto, 2020) untuk ungkapan “*wiku goh anahut ikut*” di gapura ketujuh Candi Cetho yang merupakan prasasti termuda di antara kedua candi.

Kesegarisan yang diperoleh kemudian dapat diperiksa berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Silva (2020), yakni uji signifikansi untuk mengukur keyakinan kesegarisan yang dihitung sebagai yang dimaksud oleh orang-orang zaman dahulu. Metode ini mempertimbangkan faktor profil horizon untuk membangun dua jenis kurva *sum of probability density* (SPD), pertama untuk semua arah azimut yang ditinjau di candi dan kedua adalah hasil simulasi acak untuk semua arah azimut di sepanjang horizon. Keduanya lalu dibandingkan dengan melihat luas daerah di bawah kurva SPD arah azimut yang ditinjau yang memiliki kurva lebih tinggi dari kurva simulasi acak. Perbandingan tersebut memanfaatkan persamaan

$$p = 1 - \frac{x+1}{n+1}, (2)$$

dengan x adalah jumlah SPD dari kesegarisan acak yang memiliki nilai statistik lebih rendah dari SPD yang menggunakan arah azimut candi dan n adalah jumlah seluruh SPD dari kesegarisan acak untuk memperoleh p -value global. Sebuah nilai lain yang dapat digunakan untuk mengeliminasi *false positive*, yakni p -value lokal, dapat diperoleh menggunakan metode serupa, hanya saja menggunakan SPD untuk satu arah azimut candi dan hanya dapat digunakan bila p -value global lebih kecil dari nilai yang dipilih sebagai ambang keyakinan.

Profil horizon yang digunakan untuk uji kesegarisan menggunakan data *Shuttle Radar Topographic Mission* dengan resolusi tertinggi $1'' \times 1''$ yang kemudian dimodelkan menggunakan *software* Horizon (Smith, n.d.). Dilakukan 5000 kali simulasi acak untuk membangun SPD kesegarisan acak sehingga SPD yang dihasilkan membentuk sebuah jangkauan yang menyatakan bahwa semua SPD arah azimut yang ketinggiannya sama atau lebih rendah dari jangkauan ini dapat dikatakan merupakan bagian dari keacakan yang sama. P -value yang dipilih untuk menyatakan keyakinan adalah 0,05 sehingga semua p -value $\leq 0,05$ menandakan keyakinan di atas 95% bahwa kesegarisan tersebut memang dimaksud oleh orang-orang zaman dahulu.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesegarisan yang terhitung dari kedua candi diberikan pada Tabel 1. Terlihat bahwa Candi Sukuh memiliki sepuluh dugaan kesegarisan sementara Candi Cetho hanya memiliki dua dugaan kesegarisan. Dari sekian benda langit, beberapa yang menarik meliputi Matahari, Bulan, serta dua bintang penyusun rasi Orion, Betelgeuse dan Bellatrix. Hal ini disebabkan karena Matahari dan Bulan merupakan dua benda paling terang di langit yang memiliki makna signifikan dalam beragam kebudayaan, sementara rasi Orion telah diketahui memiliki peran dalam penandaan musim tanam dalam kebudayaan Jawa.

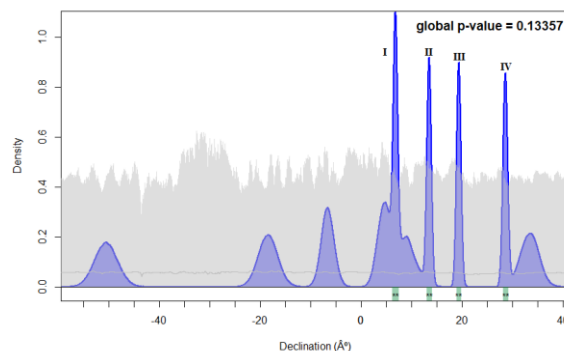
Belum ada informasi terkait makna kesegarisan keempatnya dengan kedua candi dalam konteks kebudayaan Jawa kuno yang diperoleh melalui penelusuran yang telah dilakukan. Berdasarkan wawancara, meskipun beberapa kegiatan keagamaan masih dilangsungkan di kedua candi, tidak ada di

antaranya yang memanfaatkan posisi kesegarisan benda langit dengan bangunan candi sebagai patokan pelaksanaannya. Selain itu, pemaknaan letak benda langit yang berhasil diketahui juga tidak berpatokan pada hubungan benda langit dengan candi, melainkan lebih ke arah pemaknaan posisi terbit terbenam secara umum serta fase untuk Bulan. Sebagai contoh, arah hadap candi ke barat dapat dimaknai sebagai masa akhir kejayaan Majapahit karena Matahari, yang dimaknai sebagai lambang kekuasaan dan kejayaan serta menjadi lambang kerajaan Majapahit, terbenam di arah barat. Dugaan kesegarisan yang terkait dengan Matahari sendiri, yakni antara bagian tengah puncak candi induk Suku dengan Matahari saat *zenith passage*, sulit untuk dianggap istimewa. Hal ini disebabkan karena kesegarisan ini hanya ditemukan di Candi Suku dan tidak di Candi Cetho. Bila peristiwa *zenith passage*, yakni ketika Matahari transit melewati zenit pengamat, bermakna penting pada masa lalu, serta memperhatikan bahwa kedua candi berada pada lokasi yang berdekatan, memiliki arsitektur dan umur yang serupa, serta diduga memiliki fungsi yang sama, seharusnya kesegarisan tersebut dapat ditemukan di kedua candi.

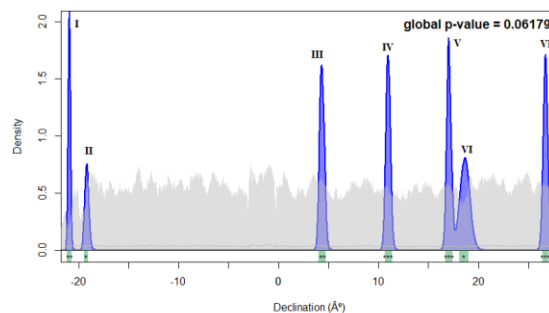
Semua kesegarisan yang dihitung kemudian diuji signifikansinya dan menghasilkan dua grafik yang terlihat pada Gambar 1 dan 2. Keduanya menampilkan kurva SPD untuk semua kesegarisan yang terukur di kedua candi serta kurva jangkauan yang merupakan gabungan dari SPD hasil simulasi orientasi acak terhadap seluruh arah horizon. *Global p-value* untuk kedua candi bernilai lebih tinggi daripada nilai 0,05 yang adalah nilai ambang batas keyakinan 95%. Hal ini menandakan bahwa tidak diperoleh cukup keyakinan untuk menyatakan bahwa kesegarisan-kesegarisan yang diperoleh untuk kedua candi adalah kesegarisan yang disengaja. Temuan ini juga mendukung kemungkinan keduanya dibangun mengacu pada puncak gunung/konsep *chthonic*, khususnya Gunung Lawu, daripada posisi benda langit.

Meskipun *global p-value* kedua candi lebih besar dari nilai ambang batas, ditinjau lebih lanjut untuk mengetahui benda langit yang terwakili oleh puncak-puncak kesegarisan yang lebih tinggi dari jangkauan kesegarisan acak pada kedua candi dengan cara menghitung *local p-value*. Hasil perhitungan yang disajikan dalam Tabel 2 mengungkap hanya tiga benda langit yang memiliki *local p-value*, yakni Pollux dan Alhena yang merupakan bintang di rasi Gemini serta Bulan. Kembali mengacu pada *global p-value* yang tidak memenuhi kriteria, maka *local p-value* yang dihasilkan tidak memiliki makna apapun, terlebih

bila ditilik lebih lanjut, belum ditemukan makna apapun terkait kesegarisan dengan Pollux dan Alhena.



Gambar 3. Hasil uji signifikansi untuk candi Suku. Terlihat daerah abu-abu adalah jangkauan kesegarisan acak dan empat kurva biru di atasnya yang merupakan kesegarisan yang bisa dianggap signifikan tergantung pada *global p-value*.



Gambar 4. Hasil uji signifikansi untuk Candi Cetho.

4 SIMPULAN

Hasil perhitungan memberikan dugaan kesegarisan antara Candi Suku dengan Matahari saat peristiwa *zenith passage*, Bulan saat peristiwa *minor southern lunistice*, Betelgeuse, Altair, Alphard, Mirzam, Alsephina, Canopus, Bellatrix, dan Pollux, serta antara Candi Cetho dengan Bulan ketika peristiwa *minor northern lunistice*, Pollux, dan Alhena. Meskipun cukup banyak benda langit yang diduga segaris, belum ditemukan informasi makna terkait kesegarisan-kesegarisan tersebut. Kemudian, berdasarkan *global p-value* yang diperoleh, kesegarisan yang bisa saja bukan yang dimaksud oleh pembangun kedua candi pada masa lalu. Dari peninjauan lebih lanjut terhadap hasil uji signifikansi, khususnya terkait puncak signifikan dan *local p-value*, hanya Pollux, Alhena, dan Bulan yang memiliki nilai tersebut. Tetapi melihat bahwa *global p-value* berada di atas ambang batas, tidak ada makna yang dapat diambil dari *local p-value*.

Tabel 3. Perhitungan *local p-value* untuk kedua candi.

Candi	Arah	Puncak	δ_{awal} (°)	δ_{akhir} (°)	Local <i>p-value</i>	Benda langit	δ_{benda} (°)
Sukuh	Gn. Merapi	I	6,14	7,56	0,0012		
	Gn. Merbabu	II	13,02	14,04	0,0046		
	Gn. Telomoyo	III	18,92	19,91	0,0042		
	Gn. Ungaran	IV	28,12	29,19	0,0028	Pollux	29,33
Cetho	Candi induk	I	-21,17	-20,72	0,0080		
	Candi induk	II	-19,44	-19,07	0,0236		
	Gn. Merapi	III	4,03	4,73	0,0040		
	Gn. Merbabu	IV	10,65	11,36	0,0010		
	Gn. Telomoyo	V	16,74	17,45	0,0006	Alhena	16,88
	Gapura pertama	VI	18,29	19,04	0,0166	Min. north. lun.	18,29
	Gn. Ungaran	VII	26,42	27,11	0,0010		

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik, khususnya kepada pihak BPCB Jawa Tengah, Pak Sunarto dan Pak Mahardika selaku narasumber wawancara terkait Candi Sukuh dan Cetho, serta Dr. Fabio Silva yang sudah bersedia menjelaskan metode uji signifikansi yang dikembangkan.

5 PUSTAKA

- Aini, N. 2018, Studi Arkeoastronomi: Kesegarisan Candi-Candi di Jawa Tengah dengan Objek Langit. Tugas Akhir. Institut Teknologi Bandung.
- Baity, E.C., Aveni, A.F., Berger, R., Bretternitz, D.A., Clark, G.A., Dow, J.W., Giot, P.-R., Kelley, D.H., Klejn, L.S., Loops, H.H.E., Muller, R., Pittioni, R., Pleslova-Stikova, E., Pohorecky, Z.S., Reyman, J.E., Roy, S.B., Smiley, C.H., Snow, D.R., Swauger, J.L., & Vermeersch, P.M. 1973, *Current Anthropology*, 14(4), 389-449. <<http://www.jstor.org/stable/2740842>>
- Barnhart, E. & Powell, C. 2013, The Importance of Zenith Passage at Angkor, Cambodia. <<http://www.mayaexploration.com/pdf/angkorzenithpassage.pdf>>
- Darmosoetopo, R., dkk. 2016, Peninggalan Arkeologi di Lereng Barat Gunung Lawu, Balai Pelestarian Cagar Budaya Jawa Tengah, Klaten.
- Degroot, V.M.Y. 2009, Candi Space and Landscape: A Study on the Distribution, Orientation and Spatial Organization of Central Javanese Temple Remains. PhD Thesis, Univ. Leiden. <<https://scholarlypublications.universiteitleiden.nl/handle/1887/13781>>
- Magli, G. 2017, *Studies in Digital Heritage*, 1(1). <<https://doi.org/10.14434/sdh.v1i1.22846>>
- Meaden, G.T. 2017, *Journal of Lithics Studies*, 4(4), 39-66. <<http://dx.doi.org/10.2218/jls.v4i4.1920>>
- Purwanto, H. 2017, *Berkala Arkeologi*, 37(1), 69-84. <<https://doi.org/10.30883/jba.v37i1.127>>
- Purwanto, H. 2020, *Candra Sangkala*, 2(1). <<http://dx.doi.org/10.23887/jcs.v2i1.28806>>
- Purwanto, H. & Titasari, C.P. 2020, *Pendidikan dan Kebudayaan*, 5(1), 13-42. <<https://doi.org/10.24832/jpnk.v5i1.1505>>
- Rodhiyah A.K. & Hidayat T. 2019, dalam *Astrophysics and Space Science Proceedings* (eds. W. Orchiston, A. Sule, & M. Vahia), 54, Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3645-4_29>
- Ruggles, C.L.N. 1997, dalam *The British Academy*, 92, 203-229.
- Silva, F. 2020, *Journal of Archaeological Science*, 118. <<https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.10513>>
- Smith, A.G.K. n.d., *Horizon*. <<http://agksmith.net/horizon/default.html>>
- Soekmono, R. 1995, The Javanese Candi Function And Meaning (D. E. Weatherbee, terj.) Disertasi, Univ. Indonesia, Brill, Leiden. (Karya asli dipublikasikan tahun 1974).
- Sparavigna, A.C. 2016, *Philica*, 591. <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01312473/document>>