



Analisis Citra Visual Fase-Fase Bulan dalam Tinjauan Sistem Koordinat Bola Langit

Abd. Haji Amahoru^{1),*}, Ashari Bayu Prasada Dulhasyim²⁾, Sri Rahmadani Pulu³⁾

¹⁾Fakultas Syariah, IAIN Ambon

²⁾Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Unpatti Ambon

³⁾Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, IAIN Ambon

*Corresponding Author: amahoruabdulhaji@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini dilakukan dengan mengamati dan merekam citra digital dari setiap fase bulan yang tampak di langit maluku, kemudian dilakukan analisis citra visual berdasarkan sistem koordinat bola langit. Variabel yang diamati dalam penelitian ini berupa data visual dan parameter astronomi yang meliputi: a) Fase Bulan; b) Fraksi Iluminasi Bulan; c) Ketinggian Bulan; d) Ketinggian Matahari; e) Umur bulan; f) Azimuth Bulan; dan g) Azimuth Matahari. Data utama berupa bentuk fase-fase bulan didapatkan dari hasil pemotretan menggunakan kamera lapangan SONY DSC-H300. Data citra visual yang diperoleh pada setiap fase kemudian dianalisis berdasarkan sistem koordinat bola langit yang memberikan hasil berupa data *realtime* dan gambaran dari bulan dan matahari pada koordinat bola langit yang mempengaruhi terbentuknya fase-fase bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap kali bulan teramati pada fase tertentu maka bulan selalu berada pada ketinggian yang berbeda di atas horizon. Saat fase purnama terjadi, nilai fraksi iluminasi mendekati 100% dengan nilai selisih azimuth antara bulan dan matahari mencapai 180° dan umur bulan mencapai 14-15 hari. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perubahan bentuk visual pada setiap fase-fase bulan yang kita amati dari bumi diakibatkan oleh perubahan ketinggian, azimuth serta parameter astronomis lainnya yang dimiliki bulan dan matahari dalam kerangka koordinat bola langit sehingga hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai rujukan untuk menganalisis dan memahami mekanisme perubahan bentuk dari setiap fase bulan, sehingga fase-fase bulan tidak hanya dipandang sebatas fenomena alam yang indah, melainkan dapat dipahami sebagai suatu peristiwa sains yang komprehensif.

Kata Kunci: Citra Visual; Fase-Fase Bulan; Sistem Koordinat Bola Langit

PENDAHULUAN

Alam semesta yang membentang luas selalu mampu membuat manusia terpesona. Keindahan dalam keteraturan dan misteri yang menyertainya membuat manusia selalu merasa tertantang untuk menggali setiap rahasia yang ada di balik keindahan tersebut dengan cara melakukan pengamatan pada bentangan langit. Pada saat mengamati langit, penampakan dari hampir semua benda selalu terlihat tetap. Tetapi ada satu benda langit yang selalu berubah penampilannya. Suatu ketika benda ini sangat cemerlang dalam bentuk bulat sempurna tetapi di waktu yang lain hanya terlihat seperti cahaya berbentuk cekung dan cembung di langit malam. Benda langit yang relatif mengalami perubahan bentuk tersebut adalah bulan (Riza, 2020). Bulan merupakan salah satu benda langit yang tampak bercahaya dari bumi namun tidak memancarkan sinar sendiri, karena menerima pantulan cahaya dari matahari. Bulan juga merupakan satu-satunya benda langit yang bergerak mengikuti pergerakan sekaligus mengelilingi planet bumi (Waliawati & Ni'am, 2022). Dalam peredarannya berputar mengelilingi bumi, bulan memerlukan waktu selama dua kali ijtima' berturut-turut, yaitu selam 29 hari 12 jam 44 menit 02.8 detik yang setara dengan 29,530589 hari dan disebut periode bulan sinodis (Khusurur, 2020). Gerakan bulan pada saat mengelilingi bumi mengakibatkan perubahan penampakan wajah bulan setiap harinya, sebagai akibat posisi relatif bulan terhadap bumi dan matahari.

Wajah bulan tampak berbeda dari waktu ke waktu seperti yang terlihat dari bumi disebut fase-fase bulan. Fase-fase tersebut adalah; *crescent (hلال)*, *first quarter (at tarbi' al awwal)*, *first Gibbous (al ahdab al awwal)*, *full Moon (al badar)*, *second gibbous (al-ahdab ats- tsany)*, *second quarter (at- tarbi' ats-tsany)*, *Second Crescent (al-hلال ats-tsany)*, dan *Wane (al-mahaq)* atau disebut juga fase konjungsi atau ijtimak (Raisal, 2018). Secara singkat, siklus fase bulan ini diawali dengan munculnya bulan sabit tipis yang pertama kali terlihat (hلال), dan selanjutnya perlahan membesar menjadi bulan purnama, menipis kembali menjadi bulan sabit, dan akhirnya menghilang dari langit (Jamaludin,

2018). Pada faktanya perubahan fase-fase bulan yang terjadi masih dipandang hanya sebatas fenomena langit yang indah, misterius dan cantik. Penampakan bentuk bulan tertentu juga seringkali dihubungkan dengan hal-hal mistik yang terkait dengan tradisi leluhur bahwa posisi dan bentuk benda-benda di langit dapat memberi pengaruh terhadap nasib kehidupan manusia (Wasudewa Bhattacharya, 2019). Dengan demikian maka penjelasan terkait perubahan fase-fase bulan harus dilakukan lewat upaya analisis yang variatif dan mengandung nilai saintifik sehingga informasi terkait fase-fase bulan tersebut dapat diterima sebagai suatu pengetahuan yang komprehensif.

Analisis terhadap bentuk bulan pada setiap fase-fase yang tampak di langit telah dilakukan dengan menggunakan berbagai alternatif metode dan instrumen, diantaranya oleh (Parnafes, 2012) melalui teknik eksplanasi fase-fase bulan berbasis representasi visual dalam bentuk gambar-gambar siklus revolusi bulan terhadap bumi yang dapat menggambarkan dan meningkatkan resolusi atau rentang pemahaman yang lebih spesifik terhadap bentuk permukaan bulan pada setiap fase. Selain itu (Bell & Trundle, 2008) menggunakan simulasi komputer berbasis *software Starry Night Backyard™* yang dapat memberikan analisis komparatif dan mampu mengurutkan secara akurat penyebab terjadinya setiap tahapan dari fase-fase bulan.

Upaya lain untuk menganalisis fase-fase bulan juga dilakukan (Chastenay, 2016) dengan menggunakan *Digital Full-Dome Planetarium* yang dijadikan sebagai media visual yang dapat menampilkan citra astronomi yang realistis secara *real time* untuk mengamati fenomena astronomi baik dari perspektif geosentris (pengamatan dari bumi) maupun alosentris (pengamatan dari luar bumi). Penelitian lanjutan tentang fase-fase bulan juga menunjukkan bahwa dengan memanfaatkan wujud tampilan bulan maka dapat dilakukan analisis terkait evolusi dan perubahan bentuk permukaan bulan lewat pemodelan kristalisasi laut magma (Johnson et al., 2021). Cara yang lebih sederhana dalam menjelaskan fase bulan dengan lebih terperinci adalah dengan metode *slowmation* yaitu dengan menggunakan alat peraga berupa replika bulan dan bumi yang digerakan sambil direkam dalam kondisi perlambatan sehingga waktu transisi dari setiap perubahan fase bulan dapat diamati dengan lebih jelas dan tepat (Nielsen & Hoban, 2015).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, terdapat bagian penting yang belum menjadi objek kajian perihal bagaimana posisi dan parameter astronomi dari bulan dan matahari pada bola langit saat fase-fase bulan terbentuk. Oleh sebab itu penelitian ini merupakan salah satu upaya untuk menganalisis citra visual dari beberapa fase bulan yang tampak dari permukaan bumi berdasarkan sistem koordinat bola langit. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan penjelasan dan menjadi informasi alternatif dari sisi saintifik dalam rangka memahami bentuk visual dan parameter astronomi dari fase-fase bulan.

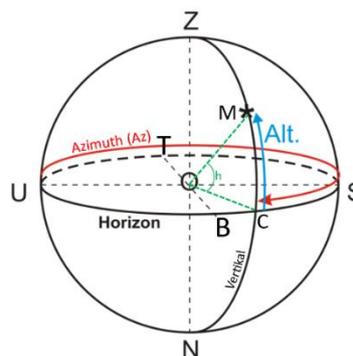
METODE

Penelitian ini merupakan tipe penelitian deskriptif kualitatif yang semata-mata mengacu pada identifikasi sifat-sifat atau karakteristik dari sekelompok manusia, benda, atau peristiwa (Zellatifanny & Mudjiyanto, 2018). Secara ringkas dapat dijelaskan bahwa deskriptif kualitatif adalah suatu metode penelitian yang bergerak pada pendekatan kualitatif sederhana dengan alur induktif yang diawali dengan proses atau peristiwa penjelas yang akhirnya dapat ditarik suatu generalisasi yang merupakan sebuah kesimpulan dari proses atau peristiwa tersebut. (Yuliani, 2020). Dalam penelitian ini, analisis citra visual pada fase-fase bulan dilakukan untuk mengidentifikasi dan menjelaskan posisi bulan dan matahari secara *realtime* berdasarkan sistem koordinat bola langit pada bentangan langit malam di wilayah Maluku. Variabel yang diamati dalam penelitian ini berupa data parameter astronomis yang meliputi: a) Fase-Fase Bulan; b) Fraksi Iluminasi Bulan; c) Ketinggian Bulan; d) Ketinggian Matahari; e) Umur bulan; f) Azimuth Bulan; g) Azimuth Matahari; dan i) Sistem Koordinat Bola Langit. Data utama berupa bentuk permukaan bulan didapatkan dari hasil pemotretan menggunakan kamera lapangan SONY DSC-H300 di sekitaran langit kota ambon dan laut banda. Citra permukaan bulan tersebut selanjutnya melewati proses editing dan pencatatan waktu pemotretan untuk mendapatkan detail visual yang lebih baik. Data parameter astronomis kemudian diperoleh dengan menginput waktu pemotretan ke media simulator *Daff Moon Phase*. Seluruh data visual yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan sistem koordinat bola langit untuk mendapatkan hasil visual posisi bulan dan matahari pada koordinat langit secara *realtime*.

Pada sistem koordinat bola langit, posisi dan kedudukan suatu benda di langit dapat ditentukan dengan bantuan garis lengkung (busur) yang sesuai dengan bentuk geometris bola langit (Azhari, 2011). Terdapat empat sistem koordinat bola langit yang dapat digunakan untuk menentukan lokasi di bola langit, yaitu; Sistem

Koordinat Ekliptika Heliosentrik (*Heliocentric Ecliptical Coordinate*), Sistem Koordinat Ekliptika Geosentrik (*Geocentric Ecliptical Coordinate*), Sistem Koordinat Ekuator Geosentrik (*Geocentric Equatorial Coordinate*), Sistem Koordinat Horison (*Horizontal Coordinate*) (Muthmainnah, 2015). Dalam penelitian ini, penentuan posisi benda langit dilakukan dengan menggunakan sistem koordinat horison yang dibentuk oleh bidang datar (horizon) dan bidang tegak lurus (vertikal), dimana pengamat ditempatkan secara geometris menjadi titik pusat bola terhadap posisi benda langit yang disimbolkan dengan koordinat *altitude* dan *azimuth*.

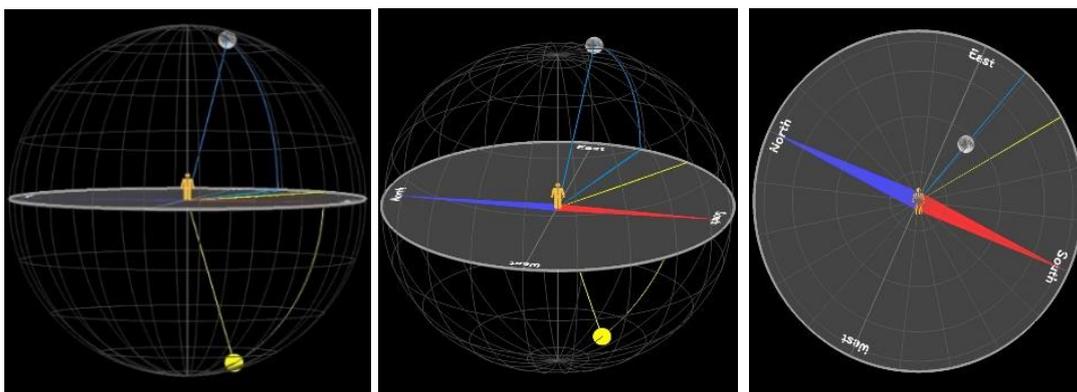
Azimuth suatu benda langit adalah jarak sudut pada lingkaran horizon yang diukur mulai dari titik utara ke arah timur atau searah jarum jam sampai ke perpotongan antara lingkaran horizon dengan lingkaran vertikal yang melalui benda langit tersebut. Altitude (ketinggian) suatu benda langit adalah busur pada lingkaran vertikal yang diukur dari titik perpotongan antara lingkaran horizon dengan lingkaran vertikal ke arah benda langit tersebut (Azhari., 2011). Pada sistem koordinat horizon *altitude* dan *azimuth* saling tegak lurus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Koordinat Horison
(Sumber: Sabda, 2020).

Sistem koordinat pada Gambar 1, menunjukkan bahwa Z adalah titik zenit; N adalah titik nadir; M adalah posisi benda langit; h adalah tinggi benda langit; UTSB adalah lingkaran horizon yang menjadi titik kardinal utara, timur, Selatan, dan barat; ZBNT adalah lingkaran vertikal utama; UTSC adalah azimuth benda langit; CM adalah tinggi benda langit; dan ZM adalah jarak zenit ($90^\circ - CM$) (Sabda, 2020).

Hasil perekaman citra dari setiap fase bulan berupa gambar dan waktu pemotretan kemudian dimasukkan ke simulator yang terprogram dengan basis sistem koordinat horizon dan selanjutnya dapat menunjukkan secara grafis dua dimensi dan tiga dimensi terkait posisi *realtime* dari bulan dan matahari pada bola langit yang mengakibatkan terbentuknya fase bulan dengan seluruh parameter astronomis yang kita amati dari bumi.



Gambar 2. Posisi *Realtime* Pengamat, Bulan dan Matahari Pada Bola Langit
(Sumber: Data hasil penelitian)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Citra Visual Fase-Fase Bulan

Citra visual dari tujuh fase bulan yang terlihat di langit pada waktu yang berbeda, dipotret menggunakan kamera lapangan SONY DSC-H300 dengan cara mengatur auto fokus dan pencahayaan ke mode minimum (-2 EV)

dan selanjutnya mengaktifkan mode perbesaran gambar maksimum (*optical zoom 30x*) yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1. Pengaturan fokus dan perbesaran maksimal dilakukan untuk meningkatkan kemungkinan keberhasilan pengamatan dan meminimalisir gangguan seperti polusi cahaya dan kelembaban atmosfer saat lensa kamera diarahkan tepat ke permukaan bulan (Rakhmadi et al., 2020).

Tabel 1. Data Citra Visual Fase-Fase Bulan

Tanggal	Waktu (WIT)	Bentuk Bulan	Umur Bulan	Fraksi Iluminasi	Fase Bulan
02-11-2022	20:12:12		8 hari, 0 jam, 23 menit, 7 detik	63,4 %	Waxing Gibbous Moon (Bulan Cembung Pertama)
27-11-2022	20:04:40		3 hari, 12 jam, 7 menit, 33 detik	16,6 %	Waxing Crescent Moon (Bulan Sabit Pertama)
04-12-2022	22:16:28		10 hari, 14 jam, 19 menit, 21 detik	87,5 %	Waxing Gibbous Moon (Bulan Cembung Pertama)
14-12-2022	06:06:38		19 hari, 22 jam, 9 menit, 31 detik	73,2 %	Waning Gibbous Moon (Bulan Cembung Kedua)

Tanggal	Waktu (WIT)	Bentuk Bulan	Umur Bulan	Fraksi Iluminasi	Fase Bulan
14-03-2023	06:24:58		21 hari, 14 jam, 0 menit, 50 detik	63,2 %	Waning Gibbous Moon (Bulan Cembung Kedua)
06-04-2023	22:31:58		15 hari, 0 jam, 8 menit, 52 detik	99,9 %	Full Moon (Bulan Purnama)
03-03-2024	02:05:22		21 hari, 18 jam, 06 menit, 19 detik	59,5 %	Waning Gibbous Moon (Bulan Cembung Kedua)

Citra visual dari penampakan bulan pada kolom tiga menunjukkan bentuk permukaan bulan yang berbeda di setiap waktu saat dilihat dari bumi sebagai akibat dari perubahan posisi relatif bulan terhadap bumi dan matahari (Raisal, 2018). Perubahan penampakan bulan pada saat pemotretan dilakukan juga menunjukkan bahwa bulan sedang berada pada fase tertentu, yang dapat diketahui dengan mengidentifikasi umur bulan seperti yang ditunjukkan pada kolom empat. Umur bulan merupakan rentang waktu yang dihitung sejak terjadinya konjungsi sampai dengan waktu ketika pengamatan dilakukan (Musfiroh & Hendri, 2018). Ketika umur bulan berkisar antara 10 sampai dengan 40 menit maka bulan sedang berada pada fase *new moon* (bulan baru). Bentuk bulan di hari-hari berikutnya akan semakin jelas dan membesar dan membentuk fase *crescent moon* (bulan sabit) sampai mencapai 6 hari 16 jam 11 menit. Bulan akan beralih ke fase berikutnya yaitu *first quarter* (bulan paruh pertama) yang dimulai saat umur bulan mencapai 7 hari. Bulan yang sudah mulai mendekati ufuk timur, dengan bentuknya yang sudah semakin membesar sampai hari ke-11 menunjukkan bulan telah berada pada fase *waxing gibbous moon* (bulan cembung pertama) dengan posisi lengkungan menghadap ke timur. Bulan yang telah mencapai usia pertengahan (14-15 hari) dimana posisinya tepat berhadapan dengan matahari, dan telah berbentuk bulat sempurna pada fase *Full Moon* (bulan purnama). Setelah bulan purnama berlalu, bulan kemudian berada pada fase *waning gibbous moon* (Bulan cembung kedua) pada umur 16-21 hari, lalu berubah menjadi fase bulan *second quarter* (bulan paruh kedua) pada umur 22 1/8. Selanjutnya saat bulan berumur 23-29 hari bulan berada fase *waning crescent moon* (bulan sabit kedua) dan perlahan-lahan nyaris tidak terlihat dari bumi karena gelap dan bulan berada pada fase *dead moon* (bulan mati) (Jamaludin, 2018).

Selain umur bulan, salah satu parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi fase bulan adalah fraksi iluminasi yang merupakan persentase perbandingan antara luas piringan bulan yang mendapat cahaya matahari dan menghadap ke pengamat dengan luas seluruh piringan bulan dan ditunjukkan pada kolom lima. Data visual yang menunjukkan beberapa fase bulan memiliki nilai fraksi iluminasi bulan yang bervariasi. Semakin besar persentase fraksi iluminasi bulan, maka semakin lebar piringan bulan yang bercahaya. Ketika fraksi iluminasi bulan bernilai 100% maka bulan berada pada fase puncak purnama dimana bulan berbentuk bulat sempurna.

Analisis Data Parameter Astronomi Fase Bulan dalam Sistem Koordinat Bola Langit

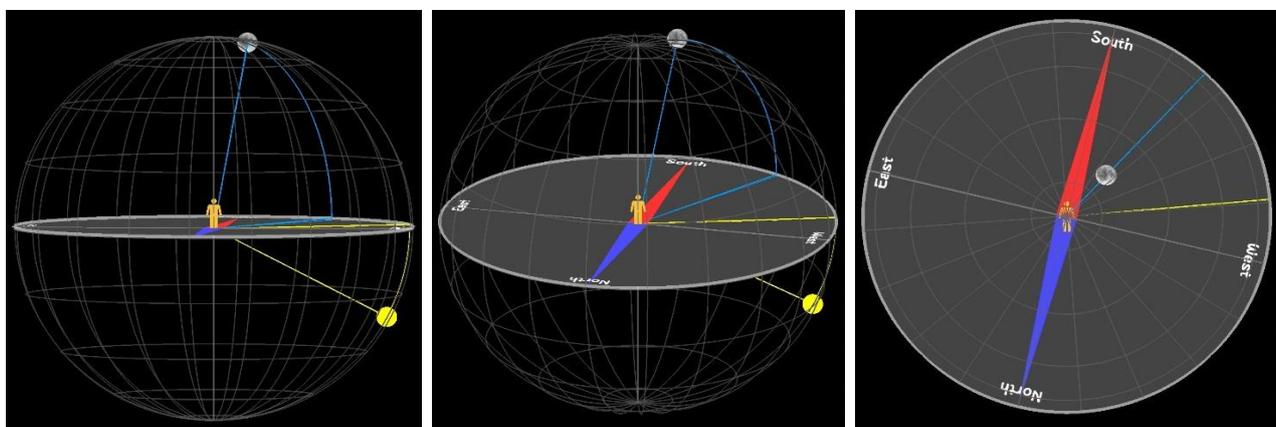
Setelah analisis citra visual dilakukan, data numerik berupa tanggal dan waktu pemotretan selanjutnya dimasukkan ke simulator grafis yang dapat menghasilkan data *real time* dari setiap parameter astronomis untuk menjelaskan posisi dari pengamat di bumi, posisi bulan, dan posisi matahari saat fase bulan terjadi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data *Realtime* Parameter Astronomi Fase Bulan

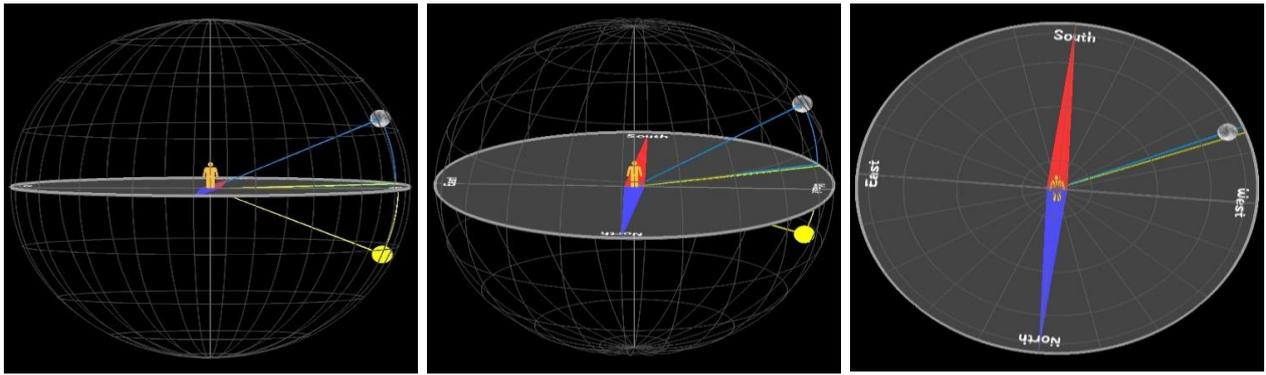
Tanggal	Waktu (WIT)	Azimuth Bulan	Ketinggian Bulan	Jarak Bulan (km)	Azimuth Matahari	Ketinggian Matahari
02-11-2022	20:12:12	209°08'17"	+73°22'42"	372890	251°03'16"	-28°07'04"
27-11-2022	20:04:40	242°44'42"	+23°20'19"	364158	244°53'42"	-23°58'19"
04-12-2022	22:16:28	321°36'03"	+71°19'01"	389061	227°20'53"	-50°41'20"
14-12-2022	06:06:38	319°54'13"	+60°42'00"	404053	113°23'17"	-1°58'37"
14-03-2023	06:24:58	205°28'12"	+66°28'41"	378728	97°57'02"	-2°43'47"
06-04-2023	22:31:58	97°11'15"	+55°28'25"	389778	276°43'00"	-60°33'34"
03-03-2024	02:05:22	117°04'12"	+34°04'47"	391505	115°57'36"	-66°04'20"

Data parameter menunjukkan bahwa saat pemotretan dilakukan, ketinggian bulan bernilai positif yang berarti bahwa posisi bulan berada di atas horison dan lebih dekat ke arah zenit. Sedangkan ketinggian matahari bernilai negatif yang berarti bahwa posisi matahari berada di bawah horison dan lebih dekat ke arah nadir. Hasil ini sesuai dengan perhitungan pada sistem koordinat horison (Azhari, 2011) yaitu pengukuran tinggi benda langit dihitung positif mulai dari 0° sampai 90° ke arah zenith dan negatif dari 0° sampai -90° ke arah nadir. Selain itu, nilai jarak bulan pada kolom lima yang berbeda pada setiap fase bulan menjelaskan posisi relatif antara bulan dan bumi. Perbedaan nilai jarak ini terjadi karena bulan mengelilingi bumi dalam lintasan yang berbentuk elips sehingga mengakibatkan suatu saat bulan berada dekat dengan bumi (*perigee*) dan di saat yang lain bulan justru berada jauh dari bumi (*apogee*) (Da Silva et al., 2019)

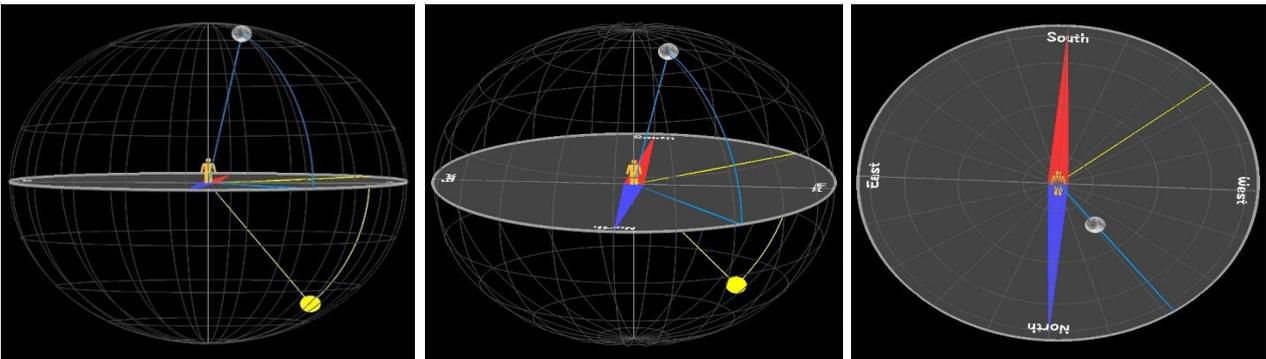
Data *realtime* parameter astronomi dari tujuh fase bulan yang ada pada Tabel 2, kemudian dikonversi dan divisualisasikan berdasarkan sistem koordinat horison sehingga posisi bulan dan matahari di dalam kerangka bola langit pada setiap fase bulan dapat diketahui secara akurat dan terlihat dengan jelas seperti yang ditunjukkan pada gambar 3, gambar 4, gambar 5, gambar 6, gambar 7, gambar 8, dan gambar 9 berikut ini.



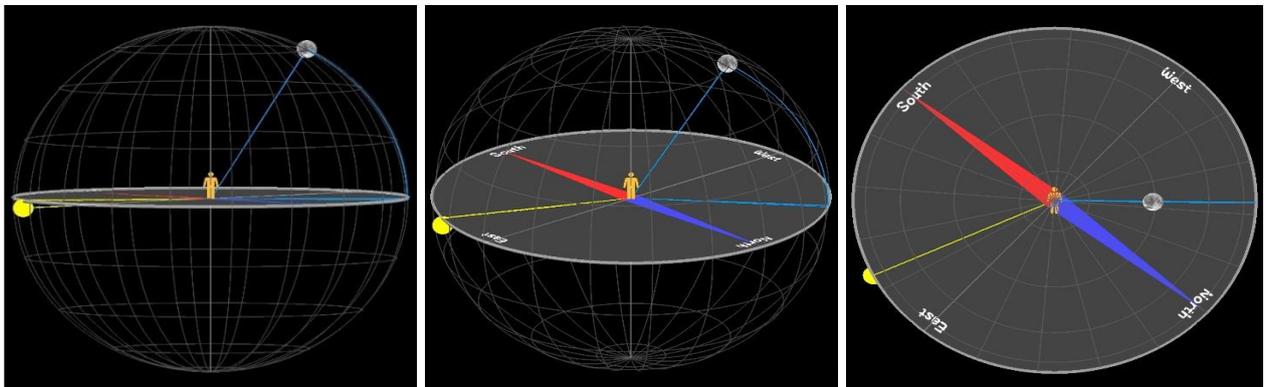
Gambar 3. Visualisasi Posisi *Realtime* Bulan dan Matahari Pada 02-11-2022 Pukul 20:12:12
(Sumber: Data Hasil Penelitian)



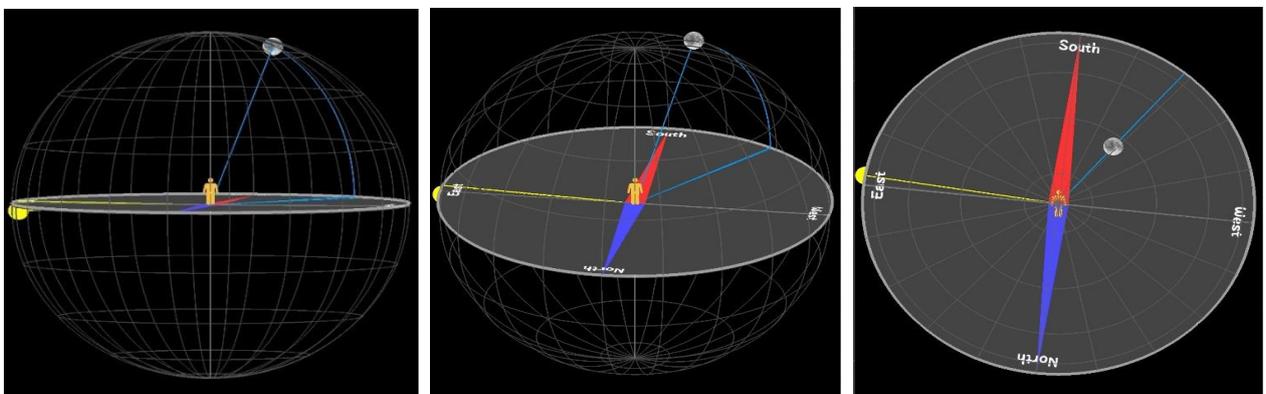
Gambar 4. Visualisasi Posisi *Realtime* Bulan dan Matahari Pada 27-11-2022 Pukul 20:04:40
(Sumber: Data Hasil Penelitian)



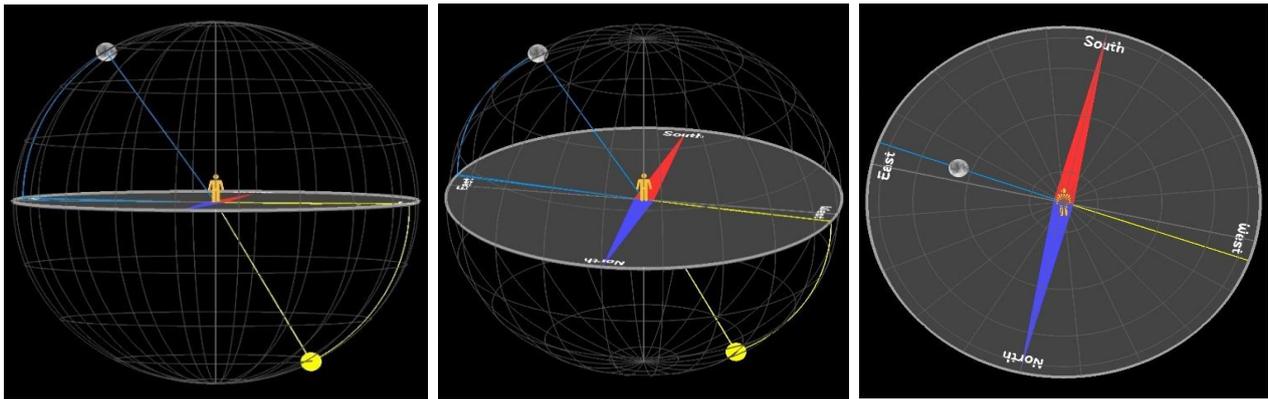
Gambar 5. Visualisasi Posisi *Realtime* Bulan dan Matahari Pada 04-12-2022 Pukul 22:16:28
(Sumber: Data Hasil Penelitian)



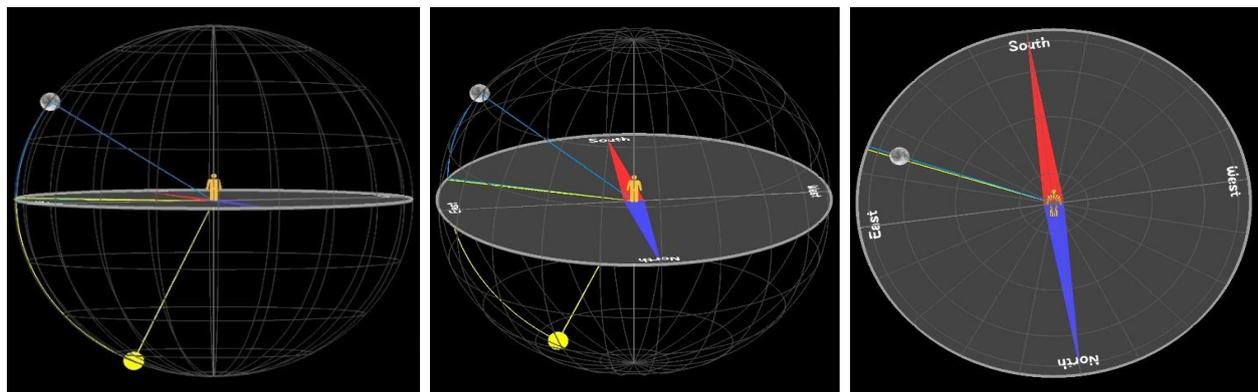
Gambar 6. Visualisasi Posisi *Realtime* Bulan dan Matahari Pada 14-12-2022 Pukul 06:06:38
(Sumber: Data Hasil Penelitian)



Gambar 7. Visualisasi Posisi *Realtime* Bulan dan Matahari Pada 14-03-2023 Pukul 06:24:58
(Sumber: Data Hasil Penelitian)



Gambar 8. Visualisasi Posisi *Realtime* Bulan dan Matahari Pada 06-04-2023 Pukul 22:31:58
(Sumber: Data Hasil Penelitian)



Gambar 9. Visualisasi Posisi *Realtime* Bulan dan Matahari Pada 03-03-2024 Pukul 02:05:22
(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Visualisasi posisi bulan dan matahari pada setiap fase bulan ditampilkan dengan sangat realistis dalam bentuk citra tiga dimensi bola langit seperti yang ditunjukkan pada gambar bagian tengah, dimana garis-garis yang membentuk bola merupakan kerangka bola langit dan lingkaran yang berada di tengah merupakan bidang horison dengan posisi observer (pengamat) berada di titik pusat bola (Muthmainnah, 2015). Gambar di sebelah kiri merepresentasikan bola langit yang ditinjau secara horisontal dua dimensi dimana garis lurus berwarna biru yang ditarik dari pusat bola sampai ke bulan menunjukkan besar sudut ketinggian bulan sedangkan garis berwarna kuning yang berada dibawah bidang horison menunjukkan besar sudut ketinggian matahari pada kerangka bola langit. Dua garis busur yang melengkung berwarna biru dan kuning merupakan lingkaran vertikal yang ditarik dari bidang horison sampai ke posisi bulan dan matahari. Gambar di sebelah kanan merepresentasikan bola langit yang ditinjau secara vertikal dua dimensi dari atas menunjukkan lingkaran datar yang merupakan bidang horison dengan dua penunjuk arah. Penunjukan arah berwarna biru mengarah ke utara sedangkan penunjuk arah merah mengarah ke selatan. Pada bidang horison juga terdapat garis-garis yang membagi permukaan secara merata menjadi dua puluh bagian dengan besar sudut setiap bagian sebesar 18° . Selain itu terdapat garis lurus berwarna biru yang menggambarkan besar azimuth bulan dan berwarna kuning yang menggambarkan besar azimuth matahari dan dihitung dari arah utara menuju ke arah timur searah jarum jam (Aini, 2022).

Hasil analisis citra visual pada setiap gambar tersebut menunjukkan bahwa perubahan bentuk suatu fase bulan tidak terjadi begitu saja melainkan akibat dari perubahan posisi dan parameter astronomi dari bulan dan matahari pada kerangka bola langit. Berdasarkan analisis sistem koordinat bola langit, setiap kali suatu fase bulan terjadi, maka baik bulan maupun matahari berada pada ketinggian tertentu dengan selisih azimuth tertentu. Pada suatu kondisi, bulan dan matahari akan memiliki selisih azimuth yang sangat besar seperti yang ditunjukkan pada gambar 7 yaitu sebesar $206,52^\circ$, namun pada kondisi lain keduanya hanya memiliki selisih azimuth yang sangat kecil seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 yaitu sebesar $2,15^\circ$. Jika selisih azimuth bulan dan matahari sangat mendekati 180° maka terjadi fase bulan purnama (*full moon*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 dengan nilai selisih azimuth sebesar $179,53^\circ$. Fase bulan sabit pertama (*waxing crescent moon*), fase bulan separuh pertama (*first quarter moon*) dan fase bulan cembung pertama (*waxing gibbous moon*) terjadi ketika selisih azimuth

bulan dan matahari $<180^\circ$. Sedangkan jika selisih azimuth keduanya $>180^\circ$ maka terjadi Fase bulan cembung kedua (*waning gibbous moon*), fase bulan separuh kedua (*second quarter moon*) dan fase bulan sabit kedua (*waning crescent moon*).

Ketinggian bulan dan matahari juga menjadi faktor yang sangat penting dalam proses pengamatan fase-fase bulan. Semakin bulan menjauhi bidang horison dan mendekati zenith maka bulan akan memiliki ketinggian yang ideal untuk diamati dengan catatan bahwa matahari juga berada pada posisi yang jauh dari bidang horison dan mendekat ke titik nadir seperti yang ditunjukkan pada gambar 4, 5, 6, 9 dan gambar 10. Sedangkan pada gambar 7 dan gambar 8 terlihat bahwa posisi matahari telah menjauhi nadir dan berada tepat di horison sehingga menghasilkan selisih ketinggian yang kecil dan sekaligus menjadi penanda bahwa matahari telah terbit dari timur. Dengan demikian hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem koordinat bola langit dapat memberikan kemudahan dalam menganalisis citra visual dari beberapa fase bulan yang tampak dari permukaan bumi dan menjadi sumber informasi yang mampu menyajikan data dalam bentuk visual grafis secara *relatime* dari setiap fase-fase bulanyang meliputi umur bulan, fraksi iluminasi, dan jenis fase bulan yang dipengaruhi oleh selisih azimuth antara matahari dan bulan.

SIMPULAN

Berdasarkan pemaparan data, hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa perubahan bentuk visual pada setiap fase-fase bulan yang kita amati dari bumi diakibatkan oleh perubahan ketinggian, selisih azimuth serta parameter astronomis dari bulan dan matahari yang lebih mudah dipahami dengan menganalisis setiap detail peristiwa tersebut menggunakan sistem koordinat bola langit. Sehingga fenomena seperti fase-fase bulan tidak hanya dipandang sebatas fenomena alam yang indah melainkan dapat dipahami sebagai suatu peristiwa sains yang komprehensif.

Daftar Pustaka

- Aini, S. (2022). Uji Akurasi Rasd Al-Qiblat Global Sebagai Metode Penentuan Arah Kiblat. *Al-Ahkam Jurnal Ilmu Syari'ah Dan Hukum*, 7(1), 57-71. <https://doi.org/10.22515/alakhkam.v7i1.5412>
- Bell, R. L., & Trundle, K. C. (2008). The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 346-372. <https://doi.org/10.1002/tea.20227>
- Chastenay, P. (2016). From Geocentrism to Allocentrism: Teaching the Phases of the Moon in a Digital Full-Dome Planetarium. *Research in Science Education*, 46(1), 43-77. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9460-3>
- Da Silva, L. M. F. B., Warsito, A., & Louk, A. C. (2019). Analisa Komputasi Pergerakan Orbit Bumi Terhadap Matahari Berdasarkan Hukum Kepler Memanfaatkan Wolfram Mathematica. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 4(1), 17-22. <https://doi.org/10.35508/fisa.v4i1.1431>
- Jamaludin, D. (2018). Penetapan Awal Bulan Kamariah dan Permasalahannya di Indonesia. 5729(November), 156-171. <https://doi.org/10.30596/jam.v4i2.2441>
- Johnson, T. E., Morrissey, L. J., Nemchin, A. A., Gardiner, N. J., & Snape, J. F. (2021). The phases of the Moon: Modelling crystallisation of the lunar magma ocean through equilibrium thermodynamics. *Earth and Planetary Science Letters*, 556, 116721. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116721>
- Khusurur, M. (2020). Perpaduan Hisab Dan Rukyat Sebagai Metode Penentuan Awal Bulan Hijriyah. *Jurnal Al-Wasith : Jurnal Studi Hukum Islam*, 5(2), 150-161. <https://doi.org/10.52802/wst.v5i2.76>
- Musfiroh, I., & Hendri, H. (2018). Analisis Regresi Non Linier (Polinomial) Dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Hilal Di Indonesia. *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 4(1), 46-66. <https://doi.org/10.30596/jam.v4i1.1935>
- Muthmainnah. (2015). Transformasi Koordinat Bola Langit Ke Dalam Segitiga Bola (Equatorial Dan Ekliptika) Dalam Penentuan Awal Waktu Salat. *Ulumuddin: Jurnal Ilmu-Ilmu Keislaman*, 5(2), 11-23. <https://doi.org/10.47200/ulumuddin.v5i2.2024>
- Nielsen, W., & Hoban, G. (2015). Designing a digital teaching resource to explain phases of the moon: A case

- study of preservice elementary teachers making a slowmation. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(9), 1207–1233. <https://doi.org/10.1002/tea.21242>
- Parnafes, O. (2012). Developing Explanations and Developing Understanding: Students Explain the Phases of the Moon Using Visual Representations. *Cognition and Instruction*, 30(4), 359–403. <https://doi.org/10.1080/07370008.2012.716885>
- Raisal, A. Y. (2018). Berbagai Konsep Hilal di Indonesia. *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 4(2), 146–155. <https://doi.org/10.30596/jam.v4i2.2478>
- Rakhmadi, A. J., Setiawan, H. R., & Raisal, A. Y. (2020). Pengukuran Tingkat Polusi Cahaya dan Awal Waktu Subuh di OIF UMSU dengan Menggunakan Sky Quality Meter. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 12(2), 58–65. <https://doi.org/10.30599/jti.v12i2.667>
- Riza, M. H. (2020). Fenomena Supermoon Dalam Perspektif Fiqh Dan Astronomi. *Elfalaky*, 4(1), 1–19. <https://doi.org/10.24252/ifk.v4i1.14163>
- Waliawati, & Ni'am, M. I. (2022). Konvergensi Rukyat Tarbi ' dan Badr dengan Kriteria Imkanur Rukyat Neo MABIMS (Praktek Penentuan Awal Bulan Kamariah di Pondok Pesantren Nurul Hidayah Garut). *AL-Afaq: Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi*, 4(2), 237–253. <https://doi.org/10.20414/afaq.v4i2.5351>
- Wasudewa Bhattacharya. (2019). *Purnama-Tilem: Konsep Rwa Bhinneda Pada Wariga Di Bali*. 2(1). <https://doi.org/10.25078/jyk.v2i1.1558>
- Yuliani, W. (2020). Perencanaan Dan Keputusan Karier: Konsep Krusial Dalam Layanan BK Karier. *Quanta*, 4(1), 44–51. <https://doi.org/10.22460/q.v1i1p1-10.497>
- Zellatifanny, C. M., & Mudjiyanto, B. (2018). Tipe Penelitian Deskripsi Dalam Ilmu Komunikasi. *Diakom : Jurnal Media Dan Komunikasi*, 1(2), 83–90. <https://doi.org/10.17933/diakom.v1i2.20>