

BAB 1V

ANALISIS PENGARUH ATMOSFER TERHADAP VISIBILITAS HILAL DAN KLIMATOLOGI OBSERVATORIUM BOSSCHA DAN AS-SALAM

A. Atmosfer yang Mempengaruhi Terhadap Visibilitas Hilal

Sebelum sampai ke permukaan bumi, cahaya yang berasal dari benda-benda langit akan melewati atmosfer bumi. Materi yang berada di atmosfer bumi, akan menyerap sebagian cahaya tersebut sehingga cahaya yang diterima di bumi menjadi lebih redup, oleh karena itu pengamatan optik dan juga magnitudo bintang dari permukaan bumi, harus dikoreksi terhadap penyerapan ini¹. Seperti halnya matahari yang menyinari bumi, radiasi matahari dalam perjalanannya melewati atmosfer menuju permukaan bumi mengalami penyerapan (*absorpsi*), pemantulan, hamburan, dan pemancaran kembali atau radiasi.²

Cahaya bintang yang menembus bumi akan membentuk suatu sudut terhadap arah zenith (sudut zenith pengamat). Pada saat cahaya bintang memasuki atmosfer bumi, sebagian cahaya tersebut diserap dan sebagian lagi disebarkan ke arah lain. Proses penyerapan ini dinyatakan oleh koefisien absorpsi yang diukur per cm (yang sangat bergantung pada panjang gelombang).

¹ Chatief Kunjaya, Msc. *Menuju Olimpiade Astronomi*, jilid I, Bandung : Kelompok Keahlian Astronomi FMIPA - ITB, 2006. Hlm. 62

² Susilo Prawirowardoyo, *Meteorologi*, Bandung: Penerbit ITB, 1996, hlm. 10.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ketampakan hilal. Hal ini menyangkut kriteria visibilitas hilal. Kedudukan bumi, bulan, dan matahari juga tinggi dan azimut bulan yang dapat dihitung saat matahari terbenam. Demikian halnya dengan beda tinggi dan jarak sudut antara bulan dan matahari. Tidak kalah pentingnya adalah faktor atmosfer dan kondisi pengamat yang ikut menentukan kualitas ketampakan hilal.

Keadaan atmosfer ternyata perlu diperhatikan dalam melakukan pengamatan hilal. Karena atmosfer mempunyai pengaruh terhadap cahaya hilal, partikel atau molekul yang terdapat di atmosfer membiaskan cahaya hilal, mengurangi kecerahan cahaya sehingga akan membuat para pengamat kesulitan dalam mengamati ketampakannya. Meskipun hilal berada di atas ufuk saat matahari terbenam ia belum tentu bisa diamati.

Sedangkan dalam pengamatan hilal, tidak semudah teori yang diajarkan. Selain kondisi atmosfer dan awan yang menghalangi hilal, tapi juga sinar matahari yang sering mengaburkan pandangan pengamat. Dapat disimpulkan dari penyerapan atmosfer terhadap cahaya maka akan memunculkan teori makin rendah kedudukan benda langit, maka makin tinggi refraksinya. Hal ini disebabkan oleh pembiasan cahaya langit melalui refraksi atau pembiasan cahaya oleh faktor masuknya cahaya ke dalam lapisan atmosfer.

Menurut Franklyn W Cole dalam bukunya *Fundamental Astronomy* mengatakan:

“Atmospheric phenomena such as clouds, precipitation, turbulent motion, and absorption and scattering of certain fractions of the incoming electromagnetic radiation from all sources adversely affect astronomical observation.”³

Atmosfer terisi oleh partikel-partikel halus dan ringan dari tiga kelompok bahan yakni gas (udara kering dan uap air), cairan (butir-butir air atau awan) dan aerosol (bahan pada debu) ketiga bahan tersebut memiliki massa yang berbeda satu sama lain dan tersebar dalam berbagai ketinggian yang membentuk susunan yang mirip pengendapan di atmosfer. Partikel yang ringan berada di atas partikel yang berat sehingga semakin mendekati permukaan bumi jadi kerapatan partikel di atmosfer meningkat.

B. Faktor Klimatologi yang Menyebabkan Perbedaan Keberhasilan Rukyat Antara Observatorium Bosscha dan CASA As-Salam Tahun 2012

Faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan hasil rukyat di Bosscha dan CASA As-Salam banyak macamnya. Beberapa faktor tersebut penting untuk dikaji, dengan tujuan dijadikan rujukan tempat rukyat dari segi klimatologi agar ketika pelaksanaan rukyat selanjutnya bisa mempertimbangkan faktor-faktor ini. Oleh karena itu, dan untuk mempertajam analisis, peneliti memberikan penjelasan tentang faktor astronomi dari segi klimatologi sebagai berikut:

1. Lama Penyinaran Matahari

Pada saat bumi mengedari matahari, posisi sumbu bumi tidak selalu tegak lurus dengan garis hubung antara inti bumi dengan inti matahari. Garis

³ Jadi fenomena atmosfer seperti awan, pergerakan curah hujan dan penyerapan radiasi magnetic matahari dan semua fenomena atmosfer menjadi pengahalang dalam melakukan observasi. lihat Franklyn W Cole, *op. cit.*, hlm. 105

hubung antara inti bumi dengan inti matahari paralel dengan radiasi matahari. Sudut yang terbentuk bervariasi sekitar $90 \pm 23,5^\circ$. Variasi dari sudut yang terbentuk ini menyebabkan garis edar matahari secara teratur bergeser ke belahan bumi utara dan selatan. Pada saat sumbu bumi pada posisi tegak lurus dengan garis hubung inti bumi dengan inti matahari, maka garis edar matahari akan berada pada garis ekuator (lintang 0°). Pada saat sumbu bumi berada pada posisi kemiringan yang maksimal maka garis edar matahari berada pada garis lintang $23^\circ 27'$.

Pergeseran garis edar matahari ini menyebabkan perubahan panjang hari (lama penyinaran) yang diterima di lokasi-lokasi di permukaan bumi. Perubahan panjang hari tidak begitu besar pada daerah tropis yang dekat dengan ekuator. Semakin jauh letak tempat dari garis ekuator, maka fluktuasi lama penyinaran matahari akan semakin besar. Untuk lokasi-lokasi di belahan bumi utara, lama penyinaran yang panjang (> 12 jam) akan terjadi saat garis edar matahari berada antara garis ekuator dengan garis lintang $23,5^\circ$ LU. Lama penyinaran yang pendek (< 12 jam), terjadi pada saat garis edar matahari di belahan bumi selatan. Kejadian yang sebaliknya terjadi untuk lokasi-lokasi yang terletak di belahan utara.⁴

Pergeseran garis matahari ini akan menyebabkan fluktuasi suhu musiman, terutama untuk daerah garis lintang pertengahan. Suhu akan berpengaruh terhadap pemuain dan penyusutan volume udara. Jika udara

⁴Benyamin lakitan, *Dasar-dasar Klimatologi*, Jakarta: Rajawali Pers, 1994, hlm. 79-80.

memuai maka udara akan menjadi lebih renggang dan akibatnya tekanannya akan menurun, sebaliknya jika volume udara menyusut, maka kecepatan udara tersebut menjadi lebih tinggi dan akibatnya tekanannya akan meningkat.⁵

Proses pendinginan dan pemanasan bumi berubah menurut waktu dan tempat sehingga perubahan atmosfer pun akan berubah. Akibatnya, tekanan dan kerapatan serta lapisan atmosfer berbeda-beda antara siang dan malam baik musim dingin maupun di musim panas. Serta di daerah perairan atau daratan dan dataran rendah maupun tinggi.

Visibilitas hilal di Bosscha pada saat terlihat adalah pada bulan Oktober dengan LPM mencapai 59% dimana kecepatan angin terbesarnya mencapai 10 knot, dapat disimpulkan bahwa kondisi antara kerapatan udara dengan LPM berpengaruh pada peningkatan suhu dan kelembaban udara, maka akan mengakibatkan gumpalan awan ketika udara, LPM tinggi, dan suhu rendah.

BULAN	TEMPE RATUR RATA- RATA (°C)	LAMA PENYINA RAN MATAHA RI (%)	ANGIN KNOT			
			KEC. RAT A- RAT A	ARAH TERBAN YAK	KEC. TERBES AR	ARA H
SEPTEMBER	21,6	72	3	NE	9	NE
OKTOBER	22,1	59	3	NE	10	NE

⁵ *Ibid*, hlm. 144-145

2. Suhu Udara

Suhu merupakan karakteristik *inherent*, dimiliki oleh suatu benda yang berhubungan dengan panas dan energi. Sedangkan suhu udara akan berfluktuasi dengan nyata selama periode 24 jam. Fluktuasi suhu udara (dan suhu tanah) berkaitan erat dengan proses pertukaran energi yang berlangsung di atmosfer. Pada siang hari sebagian dari radiasi matahari akan diserap oleh gas-gas atmosfer dan partikel-partikel padat yang melayang di atmosfer. Serapan energi matahari ini akan mengakibatkan suhu udara meningkat. Suhu udara maksimum tercapai beberapa saat setelah intensitas cahaya maksimum tercapai. Intensitas maksimum tercapai saat berkas cahaya jatuh tegak lurus, yakni pada waktu tengah hari.

Pada saat turbelensi udara tinggi yaitu pada saat kecepatan angin tinggi maka akan mengakibatkan suhu udara pada lapisan dekat permukaan akan relatif homogen.⁶

Suhu udara sangat mempengaruhi visibilitas hilal. Hal ini disebabkan kemampuan udara untuk menampung uap air akan bertambah dengan meningkatnya suhu. Jika udara yang jenuh uap air maka suhu harus ditingkatkan sedangkan jika udara yang tak jenuh uap air maka diturunkan suhunya perlahan dan kerapatan airnya dikonstankan. Suhu dimana udara mencapai kondisi titik jenuh disebut suhu titik embun (*dew-point*-

⁶ *Ibid*, hlm. 90-93

temperature), maka akan terjadi pengembunan dan kondensasi sehingga mengakibatkan turunnya hujan.

Observatorium Bosscha dapat melihat hilal ketika suhu udara konstan pada bulan Oktober dengan suhu rata-rata 22.1°C sedangkan CASA As-Salam dapat melihat hilal saat suhu udara antara 27° - 28° C yaitu pada bulan Mei (28.2°), Agustus (27.2°), September (27.2°) dan Desember (28°).

BULAN	TEMPE RATUR RATA- RATA ($^{\circ}\text{C}$)	LAMA PENYINA RAN MATAHA RI (%)	ANGIN KNOT			
			KEC. RAT A- RAT A	ARAH TERBAN YAK	KEC. TERBES AR	ARA H
OKTOBER	22,1	59	3	NE	10	NE

BULAN	UNSUR IKLIM			
	CURAH HUJAN (mm)	SUHU UDARA ($^{\circ}\text{C}$)	KELEMBAPAN UDARA (%)	LPM
MEI	71	28.2	77	-
AGUSTUS	0	27.2	77	-
SEPTEMBER	0	27.2	77	-
DESEMBER	256	28	79	-

Hal ini membuktikan bahwa semakin rendah potensi untuk melihat hilal sangatlah kurang memungkinkan, karena dengan merendahnya suhu maka kejenuhan udara semakin meningkat sehingga mengakibatkan kondensasi menjadikan gumpalan awan dan turunnya hujan.

3. Angin

Massa udara yang bergerak disebut angin. Angin dapat bergerak secara horizontal maupun secara vertikal dengan kecepatan yang bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis.

Kecepatan angin pada dasarnya ditentukan oleh perbedaan tekanan udara antara tempat asal dan tujuan angin (sebagai faktor pendorong) dan resistensi medan yang dilaluinya.

Angin pada lapisan udara dekat permukaan bumi mempunyai kecepatan yang lebih rendah dibanding pada lapisan udara yang lebih tinggi, terutama karena hambatan akibat geseran dengan permukaan bumi.⁷

Pada klimatologi angin berhubungan erat dengan tekanan udara dan suhu. Tekanan udara dipengaruhi juga oleh suhu, sehingga suhu udara di daerah tropis menunjukkan fluktuasi musiman yang sangat kecil. Oleh sebab itu dapat dipahami bahwa tekanan udara di daerah tropis relatif konstan. Tekanan udara yang tidak berfluktuasi secara nyata ini yang menyebabkan kecepatan angin di kawasan dekat ekuator seperti halnya Indonesia pada umumnya relatif menjadi lemah. Perbedaan atau perubahan tekanan udara disebabkan oleh pergeseran garis edar matahari, keberadaan bentang laut, dan

⁷ *ibid.* hlm. 145-146

ketinggian tempat, sehingga tekanan udara akan berkurang dengan bertambahnya ketinggian tempat.⁸

BULAN	TEMPE RATUR RATA- RATA (°C)	LAMA PENYINA RAN MATAHA RI (%)	ANGIN KNOT			
			KEC. RAT A- RAT A	ARAH TERBAN YAK	KEC. TERBES AR	ARA H
OKTOBER	22,1	59	3	NE	10	NE

Kecepatan arah angin di Bosscha relatif rendah, jika kita lihat pada bulan Oktober dimana hilal dapat terlihat maka kecepatan angin rata-rata mencapai 3 dengan arah terbanyak NE (north east) kecepatan terbesarnya mencapai 10 knot arah NE. jika dibandingkan dengan kecepatan terbesar lainnya maka dapat disimpulkan bahwa jika kecepatan angin rendah maka pembawaan massa partikel atmosfer seperti debu uap air dan aerosol pembentuk awan akan semakin kecil sehingga gumpalan awan juga akan relatif sedikit.

4. Kelembaban Udara

Kelembapan udara ditentukan oleh jumlah uap air yang terkandung di dalam udara. Data kelembapan udara yang berada di klimatologi yang umum dilaporkan merupakan kelembapan relatif (*relative humidity*). Kemampuan udara untuk menampung uap air akan bertambah dengan meningkatnya suhu.

⁸*Ibid.* hlm. 144

Fluktuasi kandungan uap air di udara lebih besar pada lapisan udara dekat permukaan dan semakin kecil dengan bertambahnya ketinggian. Hal ini terjadi karena uap air bersumber dari permukaan dan proses kondensasi juga berlangsung pada permukaan. Pada siang hari, kelembapan lebih tinggi pada udara dekat permukaan; sebaliknya pada malam hari, kelembapan lebih rendah pada udara dekat permukaan. Profil kelembapan udara yang diuraikan di atas akan jelas terlihat pada lapisan udara sampai pada ketinggian 2 meter dari permukaan tanah.

Pada lapisan troposfer, kandungan uap air akan berkurang dengan bertambahnya ketinggian. Hal ini berkaitan dengan penurunan suhu dengan bertambahnya ketinggian pada lapisan ini. Dengan menurunnya suhu kapasitas udara menampung uap air semakin rendah, berarti udara akan lebih cepat menjadi jenuh. Penurunan suhu lebih lanjut akan menyebabkan terjadinya kondensasi.⁹

BULAN	UNSUR IKLIM			
	CURAH HUJAN (mm)	SUHU UDARA (°C)	KELEMBAPAN UDARA (%)	LPM
MEI	71	28.2	77	-
AGUSTUS	0	27.2	77	-
SEPTEMBER	0	27.2	77	-
DESEMBER	256	28	79	-

⁹ *Ibid*, hlm. 107-112

CASA As-Salam berada pada kelembaban rata-rata 77% menjadikan kelembaban udaranya stabil, di daerah ini memiliki kelembaban udara tertinggi pada tahun 2012 adalah di bulan April, Oktober, dan November yaitu mencapai 80%. Sedangkan ketampakan hilal yang dapat dilihat di CASA pada saat pengamatan adalah di bulan Mei (77%), Agustus (77%), September (77%) dan Desember (77%). Hal ini membuktikan bahwa teori kelembaban udara yang semakin tinggi akan mengakibatkan kejenuhan pada udara dengan prosentase suhu rendah maka akan mengakibatkan gumpalan awan, sehingga pada saat pengamatan visibilitas hilal akan terganggu dengan munculnya gumpalan awan akibat kelembaban udara yang tinggi.

5. Curah Hujan

Curah hujan sebenarnya merupakan salah satu bentuk dari air endapan, yaitu titik-titik air yang terdapat di awan dan kemudian jatuh ke permukaan bumi.

Curah hujan terjadi karena massa udara yang membumbung naik dan suhunya menurun. Apabila massa udara telah mencapai jenuh maka terjadilah kondensasi yang menyebabkan terjadinya hujan.

Uap air yang dihasilkan melalui proses *evapotranspirasi* dari berbagai sumber di permukaan bumi akan bergerak ke lapisan troposfer bumi. Suhu udara pada lapisan troposfer bumi akan semakin rendah dengan bertambahnya

ketinggian. Penurunan suhu udara akan semakin cepat tercapainya kejenuhan uap air pada udara, sehingga merangsang terjadinya kondensasi.¹⁰

Kandungan uap air yang berada di atmosfer mudah berubah menurut arah (*vertical horizontal*) maupun waktu¹¹. Kandungan uap air ini bergantung pada kandungan air di permukaan bumi. Uap air pada atmosfer berasal dari kondensasi air dalam bentuk hujan atau melalui curahan lain. Uap air di atmosfer dapat menyerap radiasi matahari maupun radiasi bumi sehingga berpengaruh terhadap suhu udara.¹²

BULAN	UNSUR IKLIM			
	CURAH HUJAN (mm)	SUHU UDARA (°C)	KELEMBAPAN UDARA (%)	LPM
MEI	71	28.2	77	-
AGUSTUS	0	27.2	77	-
SEPTEMBER	0	27.2	77	-
DESEMBER	256	28	79	-

Curah hujan yang tinggi sangat mempengaruhi visibilitas hilal, hal ini dikarenakan dalam rentan waktu hari banyak mengalami penurunan hujan, seperti halnya di CASA As-Salam pada bulan yang memiliki curah hujan tinggi tidak dapat melihat hilal karena gangguan fenomena atmosfer berupa gumapalan awan rentan hujan. Sebaliknya saat curah hujan ringan maka kemungkinan terlihatnya hilal dapat diprediksi. CASA berhasil melihat hilal

¹⁰ *Ibid*, hlm. 127.

¹¹ Handoko, *op. cit.*, hlm 15.

¹² Susilo Prawirowardoyo, *op. cit.*, hlm, 4.

pada bulan Mei (71 mm), Agustus (0 mm), September (0 mm) dan Desember (256 mm).

Tidak menutup kemungkinan pada bulan yang rata-rata curah hujan tinggi tidak dapat melihat hilal, akan tetapi jika kriteria visibilitas hilal terpenuhi dan kondisi harian pada saat pengamatan bagus dari segi atmosfer di ufuk Barat, maka pengamatan dapat terlihat seperti pada bulan Desember dimana curah hujan di daerah CASA mencapai kisaran 256 mm dapat terlihat hilal.

6. Refraksi

Dari berbagai peristiwa optik tersebut, peristiwa refraksi atmosfer adalah peristiwa optik yang sangat mempengaruhi penglihatan terhadap benda langit, khususnya dalam praktek rukyat. Refraksi atmosfer adalah penyimpangan cahaya atau gelombang elektromagnetik dari garis lurus ketika melewati atmosfer karena adanya variasi kerapatan udara sebagai fungsi dari ketinggian. Refraksi atmosfer menyebabkan benda-benda langit terlihat lebih tinggi daripada yang sebenarnya. Semakin dekat ke horizon semakin besar indeks refraksinya.¹³

¹³Muhammad Husni, *Mengenal Faktor Gangguan Atmosferik (Ghumma) Pada Pelaksanaan Rukyatul Hilal*, Kumpulan-kumpulan Materi “Pendidikan dan Pelatihan Nasional Pelaksana Rukyat Nahdlatul Ulama” Dilaksanakan pada tanggal 17-23 desember 2006 / 26 Dzulqo’dah – 2 Dzulhijjah 1427 H di Masjid Agung Jawa tengah, hlm. 2.

Pengaruh refraksi terhadap tempat yang berada di daerah dataran tinggi seperti Bosscha dan perkotaan seperti CASA As-Salam sangat berpengaruh, hal ini ditandai dengan kerapatan udara pada ketinggian tempat karena perbedaan dan perubahan tekanan udara disebabkan oleh ketinggian tempat.

Posisi benda langit yang tampak di langit sebenarnya berbeda dengan posisi fisiknya, salah satu sebab adalah karena efek refraksi. Saat matahari atau bulan terbit atau terbenam, jarak zenit dari pusat kedua benda tersebut adalah 90° . Refraksi yang terjadi saat itu disebut sebagai refraksi horisontal. Refraksi horisontal saat benda langit terbit atau terbenam adalah $35''$. Jika jarak zenit = 90° , maka jarak zenit benar adalah $90^\circ 35''$.¹⁴

a. Efek refraksi pada asensio rekta dan deklinasi

$$- \alpha' - \alpha = R \sec \delta' \sin \eta$$

$$- \delta' - \delta = R \cos \eta$$

dengan η adalah sudut paralaktik

b. Koreksi semi diameter

Pada saat Matahari terbenam, $z = 90^\circ$, $h' = 0^\circ$, maka :

$$- \text{jarak zenit piringan Matahari adalah : } z = 90^\circ + R_z = 90 \text{ deg}$$

¹⁴ <http://hansgunawan-astronomy.blogspot.com/2009/04/refraksi-atmosfer.html> diakses pada tanggal 13 Juni 2013 pukul. 06.39 WIB.

- tinggi pusat Matahari adalah : $h = 0^\circ - Rz = 90 \text{ deg}$

Matahari dikatakan terbit jika batas atas piringan mulai muncul di horison, dan terbenam jika batas piringan sudah terbenam di horison, maka z dan h harus dikoreksi oleh semidiameter piringan Matahari, S , sehingga :

$$z = 90^\circ + Rz = 90 \text{ deg} + S$$

$$h = 0^\circ - Rz = 90 \text{ deg} - S$$

Jadi, saat Matahari atau Bulan terbit atau terbenam :

$$h_{\text{sun}} = - 0^\circ 50'$$

$$h_{\text{moon}} = + 0^\circ 08'$$

c. Koreksi ketinggian di atas muka laut

Bidang horison pengamat di Bumi bergantung kepada ketinggian pengamat. Jika pengamat berada pada ketinggian l (meter) dari muka laut, maka sudut kedalaman (angle of dip), θ , adalah:

$$\theta = 1'.93\sqrt{l} \text{ (dalam satuan menit busur).}$$

Jika efek refraksi diperhitungkan, maka :

$$\theta = 1'.78\sqrt{l} \text{ (dalam satuan menit busur)}$$

Jarak ke horison-laut, dituliskan dengan :

$$d = 3.57\sqrt{l} \text{ (dalam km)}$$

Jika efek refraksi diperhitungkan, maka :

$$d = 3.87\sqrt{l} \text{ (dalam km)}.$$