

**FAKTOR ATMOSFER DALAM VISIBILITAS HILAL  
MENURUT BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI  
DAN GEOFISIKA (BMKG)**

**TESIS**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh Gelar  
Magister dalam Ilmu Falak



**Oleh:**

**Badrul Munir**

**NIM. 1600028003**

**MAGISTER ILMU FALAK  
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG**

**2019**

## MOTTO

صوموا لرؤيته وأفطروا لرؤيته

“Berpuasalah karena melihat Hilal, dan berbukalah karena melihat  
Hilal

## **PERSEMBAHAN**

“Saya persembahkan naskah sederhana ini untuk kedua orang tua penulis Almarhum Abah Ali Mudhofar bin Atmo Dzikromo dan Ibu Siti Khosiah serta seluruh keluarga besar bani Mudhofar”

# PENGESAHAN TESIS



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM**

Jalan Prof.Dr.H.Hamka Semarang 50185

Telepon (024)7601291, Faksimili (024)7624691, Website: <http://fs.Walisongo.ac.id>

PENGESAHAN PERBAIKAN

FTM-07

OLEH MAJELIS PENGUJI UJIAN TESIS


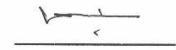

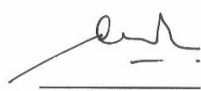
Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis mahasiswa:

Nama : **Badrul Munir**

NIM : **1600028003**

Judul : **Faktor Atmosfer dalam Visibilitas Hilal Menurut Badan Meteorologi Klimatologi  
dan Geofisika (BMKG)**

Telah dilakukan revisi sesuai saran dalam Sidang Ujian Tesis pada tanggal 29 Juli 2019 dan telah layak dijadikan syarat memperoleh Gelar Magister dalam bidang Ilmu Falak

NAMA	Tanggal	Tanda Tangan
<u>Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag</u> Ketua Majelis	<u>01-08-2019</u>	
<u>Dr. H. Mashudi, M.Ag</u> Sekretaris	<u>30/7-2019</u>	
<u>Dr. H. Mahsun, M.Ag</u> Penguji I	<u>30/7-2019</u>	
<u>Dr. H. Moh Arja Imroni, M.Ag</u> Penguji II	<u>01/8-2019</u>	

**NOTA DINAS**

Semarang, 20 Juli 2019

Kepada

Yth, Bapak Dekan Fakultas Syariah dan Hukum

UIN Walisongo Semarang,

di Semarang

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi terhadap tesis yang ditulis oleh :

Nama : Badrul Munir

NIM : 1600028003

Program Studi : S2 Ilmu Falak

Judul : **Faktor Atmosfer dalam Visibilitas Hilal Menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat Jakarta**

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo untuk diujikan dalam sidang tesis

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

**Pembimbing I**



**Prof. Dr. Muslich Shobir, MA.**  
**NIP.19560630 198103 1 003**

**NOTA DINAS**

Semarang. 20 Juli 2019

Kepada

Yth, Bapak Dekan Fakultas Syariah dan Hukum

UIN Walisongo Semarang,

di Semarang

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi terhadap tesis yang ditulis oleh :

Nama : Badrul Munir

NIM : 1600028003

Program Studi : S2 Ilmu Falak

Judul : **Faktor Atmosfer dalam Visibilitas Hilal Menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat Jakarta**

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo untuk diujikan dalam sidang tesis

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

**Pembimbing II**



**Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.**  
**NIP.1720512 199903 1 003**

:

## ABSTRAK

Secara geografis dan geologis, Indonesia merupakan negara dengan potensi pembentukan awan yang sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan uap air, kelembaban udara, dan curah hujan di hampir seluruh wilayah di Indonesia sangat tinggi pula. Kondisi ini mengakibatkan sulitnya melakukan pengamatan Hilal di Indonesia, karena keberhasilan pengamatan Hilal itu tidak hanya ditentukan oleh posisi Hilalnya saja secara astronomis, melainkan ditentukan juga oleh keadaan atmosfer pada saat pengamatan. Dengan ini perlu dilakukan kajian terhadap faktor atmosfer dalam visibilitas Hilal di Indonesia. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode penelitian kualitatif dengan pendekatan meteorologis dan klimatologis, data yang digunakan sebagai sumber primer adalah data-data hasil pengamatan BMKG di Manado dan Kupang serta hasil wawancara dengan para ahli yang bertugas di BMKG Pusat Jakarta dan literatur-literatur terkait yang lain sebagai sumber sekundernya. Setidaknya ada 2 faktor atmosfer yang mempengaruhi keberhasilan pengamatan Hilal, yaitu : 1) Kecerahan atmosfer (*clearness number*) pada saat pengamatan, 2) Tutupan awan yang dinyatakan dalam satuan langit perdelapan, persepuluh, atau persen. Pengaruh faktor atmosfer dalam visibilitas Hilal dibuktikan dengan menurunnya visibilitas Hilal yang diketahui menggunakan model Katsner yang telah dimodifikasi dengan penambahan koreksi kecerahan langit. Pengamatan Hilal yang dilakukan oleh BMKG di Manado pada tanggal 10 September 2018, model Katsner yang belum termodifikasi menunjukkan nilai visibilitas Hilal sebesar 2,5 dan dapat diamati ssjak menit ke 10 sampai menit ke 36 setelah *ghurub*, sedangkan pada model Katsner termodifikasi, visibilitas mata telanjang menunjukkan nilai negatif yang berarti Hilal tidak dapat teramati.dan model Katsner termodifikasi, visibilitas teleskop menunjukkan nilai sebesar 2,2 serta dapat diamati sejak menit ke 12 sampai menit ke 30 setelah *ghurub*.

**Kata Kunci : Pengamatan Hilal, Atmosfer, Kecerahan Atmosfer.**

## ABSTRACT

Geographically and geologically, Indonesia is a country with a very high cloud formation potential. This shows that the moisture content, air humidity, and rainfall in most of regions in Indonesia are very high. This condition caused the difficulty of crescent observation in Indonesia, for the success of crescent observation is not only determined by the crescent position astronomically, but also by the condition of atmosphere at the time of observation. Those, it is necessary to do some researches towards atmospheric factor in visibility of crescent in Indonesia. In this research, the author uses qualitative research methods with meteorological and climatological approach, the data that is used as primary sources is the data from Meteorological, Climatological, and Geophysical Agency (BMKG) observations in Manado and Kupang and the results of interviews with some experts whom work at BMKG Central Jakarta, and some related literatures as secondary sources. There are 2 atmospheric factors that influence the success of crescent observation, they are: 1) Atmospheric brightness (clearness number) at the time of observation, 2) Cloud cover that is stated in units of eighth cloud, tenths, or percent. The effect of atmospheric factors on crescent visibility is evidenced by the decrease of crescent visibility which is known with the use the Katsner model which has been modified by increasing correction of sky brightness. Crescent observations which are done by BMKG in Manado on September 10, 2018, the Katsner model which has not been modified shows that crescent visibility of 2.5 and can be observed from the 10th minute to the 36th minute after sunset, whereas with the modified Katsner model, the visibility of the naked eye shows a negative rate which means that crescent cannot be observed, and with the modified Katsner model, the visibility of the telescope shows rate of 2.2 and can be observed from the 12th minute to the 30th minute after sunset.

**Keywords:** Crescent Observation, Atmosphere, Atmospheric Brightness.



## الملخص

اندونيسيا من حيث جغرافي وجيولوجي هو بلد ذو احتمال تشكيل سحابة عالية. هذا دليل بأن نسبة الرطوبة ، والرطوبة الجوية وهطول الأمطار في جميع المناطق في إندونيسيا مرتفعة جدا. هذا الحال يؤدي إلى صعوبة عملية رؤية الهلال في إندونيسيا ، لأن نجاح رؤية الهلال لم يتحدد فقط من خلال موقع هلال الفلكي وانما من الغلاف الجوي عند رؤية الهلال. اذان نحتاج إلى دراسة عوامل الجو في رؤية الهلال في إندونيسيا. استخدم الباحث طريقة البحث النوعية مع مناهج الارصاد الجوية والمناخية ، والبيانات المستخدمة كمصادر أولية هي بيانات من رؤية الهلال لووكالة الارصاد الجوية والجيوفيزياء ، في منادو وكوبانج ونتائج المقابلات مع العلماء الذين خدموا في وكالة الأرصاد الجوية والجيوفيزياء ، والبيانات ذات الصلة الأخرى كمصادر ثانوية. وجدنا على الأقل العاملين المؤثرين في نجاح رؤية الهلال ، وهما: (١) سطوح الغلاف الجوي (رقم الوضوح) عند الرؤية ، (٢) الغطاء السحابي المعبر عنه بوحدة السماء الثامنة أو أعشار أو في المائة. اتضحت أهمية دراسة عوامل الجو في رؤية الهلال من انخفاض امكانية رؤية الهلال باستخدام نموذج كاتسنر الذي تم تعديله عن طريق زيادة تصحيح سطوح السماء. رؤية الهلال التي أجرتها وكالة الأرصاد الجوية والجيوفيزياء في منادو في العاشرة من سبتمبر ٢٠١٨ ، دَلَّ نموذج كاتسنر الذي لم يتم تعديله بنتيجة رؤية الهلال ٢٠٥ ويمكن رؤيتها من الدقيقة العاشرة إلى الدقيقة السادسة والثلاثين بعد الغروب ، انما نموذج كاتسنر المعدل لرؤية العين المجردة يظهر قيمة سالبة مما يعني أنه لا يمكن رؤيتها ، وتم تعديل نموذج كاتسنر المعدل لرؤية بالتلسكوب قيمة ٢٠٢ ويمكن رؤيتها من الدقيقة الثانية عشر إلى الدقيقة الثلاثين بعد الغروب.

الكلمات المفتاحية: رؤية الهلال ، الجو ، سطوح الجو

## PENYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Badrul Munir  
NIM : 160028003  
Program Studi : Magister Ilmu Falak

Menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

**Faktor Atmosfer dalam Visibilitas Hilal Menurut Badan  
Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat Jakarta**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 20 Juli 2019

Pembuat Pernyataan



**Badrul Munir**  
NIM: 1600028003

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, dengan taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul **Faktor Atmosfer dalam Visibilitas Hilal Menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)** ini dengan baik. Shalawat dan salam semoga senantiasa Allah curahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW beserta seluruh keluarga dan para sahabat yang senantiasa kita harapkan barokah syafa'atnya pada hari akhir. Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat terselesaikan berkat adanya usaha dan bantuan baik berupa moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada :

1. Prof. Dr. Muslich Shobir, MA selaku Pembimbing I dan Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M.Ag. selaku Pembimbing II yang telah waktu, tenaga dan pikiran dengan sabar dan tulus ikhlas untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tesis ini.
2. Kedua orang tua penulis, almarhum Abah Ali Mudhofar bin Atmo Dzikromo dan Ibu Siti Khosiah beserta segenap keluarga besar bani Mudhofar, atas segala doa, perhatian, dukungan, dan curahan kasih sayangnya yang sangat besar sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan tesis ini.

3. Keluarga besar Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Jakarta, Dr. Suaidi Ahadi, Dr. Indra Gustari, Dr. Rukhman Nugrono, yang telah sangat tulus ikhlas membantu dan mendampingi penulis menyelesaikan tesis ini.
4. Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang dan Wakil-wakil Dekan yang telah memberikan izin kepada penulis untuk menulis tesis tersebut dan memberikan fasilitas untuk belajar dari awal hingga akhir.
5. Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag dan seluruh jajaran pengelola Magister Ilmu Falak, atas segala didikan, bantuan dan kerjasamanya yang tiada henti.
6. Dosen-dosen dan pengajar Ilmu Falak Fakultas Syari'ah semoga ilmu yang diajarkan berkah dan bermanfaat bagi penulis.
7. Seluruh guru penulis yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan serta didikan yang tak ternilai harganya.
8. Teman-teman Padepokan al-Biruni (Farabi, Ehsan, Mas Syaumi, Unggul, Rizal, Jumal, Isom, Rofiq) yang membantu dan memotvasi penulis dalam menyelesaikan tesis ini
9. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang secara langsung maupun tidak langsung selalu memberi bantuan, dorongan dan do'a kepada penulis selama melaksanakan studi di UIN Walisongo. Pada akhirnya penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini belum mencapai kesempurnaan, untuk itu penulis mengharap saran dan kritik konstruktif dari pembaca demi kesempurnaan tesis ini. Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Penulis juga menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan yang disebabkan keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu penulis mengharap saran dan kritik konstruktif dari pembaca demi sempurnanya tesis ini. Akhirnya penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat nyata bagi penulis dan para pembaca.

## TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Transliterasi kata-kata bahasa Arab yang dipakai dalam penulisan skripsi ini berpedoman pada "Pedoman Transliterasi Arab-Latin" yang dikeluarkan berdasarkan Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI tahun 1987. Pedoman Transliterasi Arab-Latin yaitu sebagai berikut :

### 1. Konsonan

Fonem konsonan bahasa Arab yang dalam sistem tulisan arab dilambangkan dengan huruf, dalam transliterasi ini sebagian dilambangkan dengan huruf dan sebagian dilambangkan dengan tanda, dan sebagian lain lagi dengan huruf dan tanda sekaligus.

Di bawah ini daftar huruf Arab itu dan transliterasinya dengan huruf latin.

<b>Huruf Arab</b>	<b>Nama</b>	<b>Huruf latin</b>	<b>Nama</b>
ا	Alif	Tidak dilambangkan	Tidak dilambangkan
ب	Ba	B	Be
ت	Ta	T	Te
ث	Sa		Es (dengan titik diatas)
ج	Jim	J	Je

ح	Ha	ḥ	Ha (dengan titik dibawah)
خ	Kha	Kh	Ka dan Ha
د	Dal	D	De
ذ	Zal	Ẓ	Zet (dengan titik diatas)
ر	Ra	R	Er
ز	Zai	Z	Zet
س	Sin	S	Es
ش	Syin	Sy	Es dan Ye
ص	Sad	ṣ	Es (dengan titik dibawah)
ض	Dad	ḍ	De (dengan titik dibawah)
ط	Ta	ṭ	Te (dengan titik dibawah)
ظ	Za	ẓ	Zet (dengan titik dibawah)
ع	'ain	'...	Koma terbalik (didas)
غ	Gain	G	Ge

ف	Fa	F	Ef
ق	Qaf	Q	Ki
ك	Kaf	K	Ka
ل	Lam	L	El
م	Mim	M	Em
ن	Nun	N	En
و	Wau	W	We
ه	Ha	H	Ha
ء	Hamzah	...'	Apostrof
ي	Ya	Y	Ye

## 2. Vokal

Vokal bahasa Arab, seperti vokal bahasa Indonesia, terdiri dari vokal tunggal atau monoftong dan vokal rangkap atau diftong.

### a. Vokal Tunggal

Vokal tunggal bahasa Arab yang lambangnya berupa tanda atau harakat, transliterasinya sebagai berikut :

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
َ	Fathah	A	A



◌ِ	Kasrah	I	I
◌ُ	Dhammah	U	U

b. Vokal Rangkap

Vokal rangkap bahasa Arab yang lambangnya berupa gabungan antara harakat dan huruf, transliterasinya berupa gabungan huruf, yaitu :

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
◌ِ...ي	Fathah dan ya	Ai	A dan I
◌ُ...و	Fathah dan wau	Au	A dan U

Kataba كَتَبَ - yaḏhabu يَذْهَبُ

Fa'ala فَعَلَ - su'ila سُئِلَ

Žukira ذُكِرَ - kaifa كَيْفَ

c. Maddah

Maddah atau vokal panjang yang lambangnya berupa harakat dan huruf, transliterasinya berupa huruf dan tanda, yaitu :

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
◌ِ...ا ي...ي	Fathah	Ā	A
◌ِ...ي	Kasrah	Ī	I
◌ُ...و	Dhammah	Ū	U

Contoh :

Qāla	-	قَالَ
Ramā	-	رَمَى
Qīla	-	قِيلَ
Yaqūlu	-	يُقُولُ

### 3. Ta Marbutah

Transliterasi untuk ta marbutah ada dua :

#### a. Ta marbutah hidup

Ta marbutah yang hidup atau mendapat harakat fathah, kasrah dan dhammah, transliterasinya adalah /t/

Contoh : رَوْضَةٌ                      raūdatu

#### b. Ta marbutah mati

Ta marbutah mati atau mendapatkan harakat sukun, transliterasinya adalah /h/

Contoh : رَوْضَةٌ                      raūḍah

### 4. Syaddah (tasydid)

Syaddah atau tasydid yang dalam sistem tulisan Arab dilambangkan dengan sebuah tanda, tanda syaddah atau tasydid, dalam transliterasi ini tanda syaddah tersebut dilambangkan dengan huruf, yaitu huruf yang sama dengan huruf yang diberi tanda syaddah itu.

Contoh : رَبَّنَا                      rabbanā  
الْبِرِّ                      al-Birr  
نَعْمَ                      na"ama

### 5. Kata sandang

Kata sandang dalam sistem tulisan Arab dilambangkan dengan huruf ال namun dalam transliterasi ini kata sandang

dibedakan atas kata sandang yang diikuti huruf syamsiah dan kata sandang yang diikuti huruf qamariah.

a. Kata sandang yang diikuti huruf syamsiah

Kata sandang yang diikuti huruf syamsiah ditransliterasikan sesuai dengan bunyinya, yaitu huruf /l/ diganti dengan huruf yang sama dengan huruf yang langsung mengikuti kata sandang itu.

b. Kata sandang diikuti huruf qamariah

Kata sandang yang diikuti huruf qamariah ditransliterasikan sesuai dengan aturan yang digariskan di depan dan sesuai pula dengan bunyinya.

Baik diikuti oleh huruf syamsiah maupun huruf qamariah, kata sandang ditulis terpisah dari kata yang mengikuti dan dihubungkan dengan kata sandang.

Contoh :	الرَّجُل	ar-rajulu
	الشَّمْس	asy-syamsu
	القَلَم	al-qalamu

## 6. Hamzah

Dinyatakan di depan bahwa hamzah ditransliterasikan dengan apostrof, namun itu hanya berlaku bagi hamzah yang terletak di tengah dan di akhir kata. Bila hamzah itu terletak di awal kata, ia tidak dilambangkan, karena dalam tulisan Arab berupa Alif.

Contoh :	تَأْخُذُونَ	ta'khudzūna
	شَيْء	syai'un
	أَمْرَت	umirtu

## 7. Penulisan Kata

Pada dasarnya setiap kata, baik fi'il, isim, maupun harf, ditulis terpisah, hanya kata-kata tertentu yang penulisannya dengan huruf Arab sudah lazimnya diragukan dirangkaikan dengan kata lain, karena ada huruf atau harakat yang dihilangkan maka dalam transliterasi ini penulisan kata tersebut dirangkaikan juga dengan kata lain yang mengikutinya.

Contoh :

وإنَّ اللهَ لهو خير الرازقين Wa innallāha lahuwa  
khairurrāziqīn  
من استطاع إليه سبيلاً manistatā'a ilaihi sabīlā

## 8. Huruf Kapital

Meskipun dalam sistem tulisan Arab huruf kapital tidak dikenal, dalam transliterasi ini huruf tersebut digunakan juga. Penggunaan huruf kapital seperti apa yang berlaku dalam EYD, diantaranya : huruf kapital digunakan untuk menuliskan huruf awal nama diri dan permulaan kalimat. Bila nama diri itu didahului oleh kata sandang, maka ditulis dengan huruf kapital tetap huruf awal diri tersebut, bukan huruf awal kata sandangnya.

Contohnya :

وما محمد إلا رسول Wa mā Muhammadun illā rasūl

## 9. Tajwid

Bagi mereka yang menginginkan kefasihan dalam bacaan, pedoman transliterasi ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dengan ilmu tajwid. Karena itu, peresmian pedoman transliterasi

Arab-Latin (Versi Internasional) ini perlu disertai dengan pedoman tajwid.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING I.....</b>	<b>v</b>
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING II.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....</b>	<b>x</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>PEDOMAN TRANSLITRASI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xxii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah .....	12
C. Signifikansi Penelitian.....	12
D. Tinjauan Pustaka .....	13
E. Metode Penelitian.....	14

## **BAB II KRITERIA VISIBILITAS HILAL**

A. Landasan Hukum Kriteria Visibilitas Hilal .....	20
B. Sejarah Perkembangan Observasi Hilal dan Kriteria Visibilitas Hilal.....	32
1. Kriteria Klasik.....	33
2. Kriteria Masa Peradaban Islam.....	36
3. Kriteria Masa Stagnasi.....	39
4. Kriteria Modern .....	40
5. Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia.....	46

## **BAB III BMKG, ATMOSFER, DAN VISIBILITAS HILAL**

A. Eksistensi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).....	49
B. Atmosfer .....	55
1. Definisi Atmosfer .....	55
2. Komposisi Atmosfer .....	58
3. Setruktur Vertikal Atmosfer.....	65
4. Cuaca dan Iklim.....	77
C. Teori Atmosfer dalam Visibilitas Hilal Menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) .....	94
1. Kecerahan Atmosfer.....	98
2. Tutupan Awan.....	105

## **BAB IV FAKTOR ATMOSFER DALAM VISIBILITAS HILAL**

- A. Pengamatan Hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) ..... 113
- B. Faktor Atmosfer dalam Visibilitas Hilal. .... 121

## **BAB V PENUTUP**

- A. Kesimpulan ..... 149
- B. Saran-Saran ..... 151

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

BMKG merupakan Lembaga Pemerintah Non Departemen (LPND) di bawah koordinasi dan tanggungjawab Menteri Perhubungan<sup>1</sup> yang bertugas melaksanakan tugas pemerintahan di bidang meteorologi, klimatologi, kualitas udara, dan geofisika sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.<sup>2</sup> Dalam melaksanakan tugasnya sebagaimana yang dimaksud, BMKG menyelenggarakan fungsi-fungsi sebagai berikut : (a) Menjalankan fungsi perumusan kebijakan nasional dan kebijakan umum di bidang meteorologi klimatologi dan geofisika, (b) Menjalankan fungsi perumusan teknis di bidang meteorologi klimatologi dan geofisika, (c) Menjalankan fungsi pelaksanaan, pembinaan, dan pengendalian observasi dan pengolahan data dan informasi di bidang meteorologi klimatologi dan geofisika, (d) Melaksanakan fungsi pelayanan data dan informasi di bidang meteorologi klimatologi dan geofisika.<sup>3</sup>

Berangkat dari tugas pokok dan fungsinya itulah BMKG menjadi salah satu lembaga yang secara intensif melakukan

---

<sup>1</sup> Lihat Fungsi dan Tugas Pokok BMKG di <http://www.bmkg.go.id/profil/?p=tugas-fungsi>, diakses pada 1 Januari 2018 Pukul 08.31 WIB

<sup>2</sup> Lihat Undang-undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2008 Tentang Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

<sup>3</sup> Lihat tugas dan fungsi BMKG di <http://www.bmkg.go.id/profil/?p=tugas-fungsi>, Diakses pada 18 Februari 2018 pukul 10.49 WIB.

pengamatan Hilal setiap bulan di berbagai titik di Indonesia. Pengamatan Hilal BMKG ini juga dilakukan berdasarkan posisinya sebagai mitra Kementerian Agama Republik Indonesia dalam penentuan awal bulan kamariah

Sebagai implementasi dari fungsinya di bidang geofisika,<sup>4</sup> maka sejak tahun 2010<sup>5</sup> BMKG telah melakukan pengamatan Hilal secara rutin setiap bulan di berbagai titik di Indonesia, hal ini dilakukan sebagai upaya untuk mendapatkan kriteria visibilitas Hilal berdasarkan pertimbangan astronomi, meteorologi, dan klimatologi yang sesuai dengan letak geografis wilayah Indonesia. Dari sekian banyak pengamatan Hilal yang dilakukan oleh BMKG tersebut, terdapat beberapa hasil pengamatan Hilal yang mendapatkan rekor dunia pada sebuah lembaga internasional yang bernama Islamic Crescents Observation Project (ICOP).<sup>6</sup>

Hasil pengamatan Hilal BMKG yang mendapatkan rekor dunai adalah: *Pertama*, pengamatan hilal awal Rajab 1436 H

---

<sup>4</sup> Lihat Undang-undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2008 Tentang Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Pasal 11 Bagian V

<sup>5</sup> Badrul Munir, Hasil Pengamatan Hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat, Skripsi, Jurusan Ilmu Falak Fakultas Syari'ah dan Hukum, UIN Walisongo Semarang, 2016

<sup>6</sup> ICOP adalah singkatan dari Islamic Crescents Observation Project yang merupakan sebuah proyek internasional yang didirikan pada 1419 H. (1998 CE), dan dikelola oleh International Astronomical Center (IAC). ICOP adalah sekelompok pengamat dan pakar yang tertarik dengan topik astronomi yang terkait dengan aplikasi Islam, seperti observasi bulan sabit, waktu sholat, kalender Hikriyah dan arah kiblat. Anggota ICOP yang berada di seluruh dunia mengamati bulan sabit secara bulanan dan mengirimkan hasil pengamatan mereka, yang dipublikasikan di situs ICOP setelah diverifikasi.

dengan kategori umur bulan termuda yang dilakukan di Makassar pada 19 April 2015 dengan tinggi Hilal:  $6,83^\circ$ , elongasi:  $7,95^\circ$ , dan umur Bulan: 15,06 jam. *Kedua*, pengamatan hilal awal Safar 1438 H yang dilakukan pada hari Senin, 31 Oktober 2016 di Pero Konda, Bondo Kodi, Kab. Sumba Barat Daya, NTT dengan kategori elongasi terpendek. Hilal tersebut teramati pada pukul 18:08:53 - 18:14:18 WITA dengan tinggi Hilal  $6,21^\circ$ , elongasinya adalah  $7,89^\circ$ , umur bulannya adalah 16,39 jam, lagnya adalah 30 menit, dan fraksi iluminasi bulannya adalah 0,48%.<sup>7</sup>

Dalam fungsinya di bidang meteorologi dan klimatologi, BMKG menyelenggarakan pengamatan setidaknya terhadap beberapa unsur atmosfer, di antaranya; radiasi Matahari, suhu udara, tekanan udara, angin, kelembaban udara, penguapan, awan, hujan,<sup>8</sup> dan lain sebagainya. Pengamatan ini dilakukan secara berkisinambungan untuk jangka waktu tertentu sehingga terbitlah informasi tentang perkiraan cuaca dan iklim yang dapat dimanfaatkan sebagai instrument pendukung pengamatan Hilal.

Memadukan ketiga fungsi BMKG dalam sebuah analisis tentang pengaruh atmosfer terhadap kriteria visibilitas Hilal merupakan suatu ide yang cukup menarik. Hal ini didasarkan pada suatu kenyataan bahwa BMKG merupakan lembaga Pemerintah

---

<sup>7</sup> <http://www.bmkg.go.id/berita/?p=tim-rukyat-hilal-stasiun-geofisika-waingapu-bmkg-pecahkan-rekor-dunia&lang=ID> Diakses pada Rabu 09 November 2017 Pukul 07.19 WIB

<sup>8</sup> Lihat Undang-undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2008 Tentang Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.Pasal 9-11 Bagian V

yang konsisten melakukan pengamatan Hilal yang didukung oleh data perkiraan cuaca dan iklim.

Berangkat dari tugas dan fungsi BMKG serta keterlibatannya secara aktif dalam pengamatan Hilal, maka memasukkan faktor atmosfer dalam kriteria visibilitas Hilal<sup>9</sup> merupakan suatu diskursus yang sangat menarik mengingat belum adanya kriteria visibilitas Hilal yang memasukkan faktor atmosfer. Di dalam sejarahnya, telah banyak kriteria visibilitas Hilal yang dirumuskan, di antaranya : kriteria visibilitas Hilal Babilonia,<sup>10</sup> Odeh,<sup>11</sup> Sultan,<sup>12</sup> dan Katsner.<sup>13</sup> Kriteria-kriteria tersebut dirumuskan berdasarkan pada hasil pengamatan dan juga perhitungan konfigurasi benda langit (Matahari, Bulan, dan Bumi). Di dalam kriteria-kriteria yang disebutkan di atas, belum

---

<sup>9</sup> Kriteria Visibilitas Hilal adalah sebuah parameter untuk mendefinisikan kemungkinan posisi Hilal sebagai penentu masuknya bulan baru dalam penanggalan Hijriyah

<sup>10</sup> Muh Ma'rufin Sudiby, "Observasi Hilal di Indonesia dan Signifikansinya dalam pembentukan kriteria visibilitas Hilal", *Jurnal LP2IF RHI* Volume 24, Nomor 1, April 2014, hlm 123. Dikutip dari Louay I, Fatoohi dll, *The Danjon Limit of First Visibility of The Lunar Crescent*, The Observatory, Volume 118, 1998, hlm 69

<sup>11</sup> Odeh adalah seorang ahli astronomi dan Ilmu Falak, pendiri ICOP (*Islamic Crescent's Observattion Project*). Mohamad. SH. Odeh, *New Criterion for Lunar Crescent Visibility*, Eksperimantal Astronomy, 18 : 39 : 64, hlm 41

<sup>12</sup> Sultan memiliki nama lengkap Abdul Haq Sultan, seorang ahli astrnomi dan merupakan ketua Departemen Fisika Fakultas Sains di Universitas Sana'a Yaman. A.H. Sultas, *First Visibility of The Lunar Crescent ; Beyond Danjon's Limit*. The Observatoty Journal, Bol 127, tahun 2007, hlm 54

<sup>13</sup> Katsner merupakan seorang ahli fisika AstrofisikaIa merupakan salah satu anggota dari AAS (*American Astronomical Society*) dan aktif di NASA dalam bidang Pusat Penerbangan Luar Angkasa Goddrad Sidney. O. Katsner, *Calculation of Twilight Visibility Function of Near-San Object*, The Journal of The Royal Astronomical Society of Canada Vol 70, No 4, Tahun 1976, hlm 154 - 159

ada kriteria yang memasukkan faktor atmosfer dalam kriteria visibilitas Hilal kecuali Katsner, Katsner memasukkan refraksi<sup>14</sup> dan *extinction*<sup>15</sup> dalam visibilitas Hilal namun dalam asumsi atmosfer ideal saja. Dalam hubungannya dengan prediksi kemungkinan ketampakan Hilal ini tidak hanya melibatkan disiplin ilmu astronomi saja, melainkan juga ilmu optik, meteorologi, dan fisiologi.<sup>16</sup>

Lebih dari itu, analisis ini juga diprediksi dapat merumuskan kata الغمام yang terdapat dalam hadis Nabi SAW mengenai perintah memulai dan mengakhiri puasa Ramadan:

حَدَّثَنَا يَحْيَى بْنُ بُكَيْرٍ ، قَالَ : حَدَّثَنِي اللَّيْثُ ، عَنْ عُقَيْلٍ ، عَنِ ابْنِ شَهَابٍ قَالَ :

أَخْبَرَنِي سَالِمٌ غَنَّ ابْنَ عُمَرَ ، رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا ، قَالَ : سَمِعْتُ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى

اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَقُولُ : إِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَصُومُوا ، وَإِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَأَفْطِرُوا فَإِنْ غَمَّ عَلَيْكُمْ

---

<sup>14</sup> Bradley E, Schaefer, *Astronomy and The Limit*, hlm 314 - 315

<sup>15</sup> *Extinction* adalah ukuran total peredupan cahaya dan diukur dalam satuan magnitude per masa udara, *Extinction* ini dipengaruhi oleh panjang gelombang cahaya dan beberapa komponen peredupan. Dengan faktor *extinction* ini kita bisa menentukan total cahaya yang hilang akibat udara. Untuk kondisi atmosfer baik, nilai koefisien *extinction* ini bernilai 0,20 magnitude per masa udara. Lihat Bradley E, Schaefer, *Telescope Limiting Magnitude*, Publication of Astronomical Society of The Pasific, Februari 1990, hlm 213

<sup>16</sup> Fisiologi adalah ilmu yang mempelajari fungsi tubuh, dalam hal ini adalah fungsi mata dalam pengamatan Hilal. Lihat Ronny Lesmana, *Fisiologi Dasar (Untuk Mahasiswa Farmasi, Keperawatan, dan Kebidanan)*, Deepublish, Yogyakarta, 2017, hlm 1

فَأَقْدُرُوا لَهُ. وَقَالَ غَيْرُهُ : عَنِ اللَّيْثِ ، حَدَّثَنِي عُقَيْلٌ ، وَيُونُسُ “لِهَيْلَالِ رَمَضَانَ (رواه

البخاري واللفظ له والمسلم)<sup>17</sup>

Artinya : Yahya bin Abu Bakar telah menceritakan kepada kami, berkata Laits, dari ‘Uqail, dari Ibnu Syihab telah menceritakan kepadaku, berkata Salim dari Ibnu Umar RA telah mengabarkan kepadaku, berkata: Aku telah mendengar Rasulullah SWA berkata: “Apabila kamu melihat Hilal berpuasalah, dan apabila kamu melihatnya berbukalah. Jika Hilal terhalang oleh awan terhadapmu, maka estimasikanlah” berkata yang lainnya; dari Laits, menceritakan kepadaku ‘Uqoil dan Yunus “untuk Hilal bulan Ramadhan”

حَدَّثَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ مَسْلَمَةَ ، عَنْ مَالِكٍ عَنْ نَافِعٍ ، عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عُمَرَ ، رَضِيَ

اللَّهُ عَنْهُمَا أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ ذَكَرَ رَمَضَانَ فَقَالَ : لَا تَصُومُوا

حَتَّى تَرَوْا الْهَيْلَالَ ، وَلَا تُفْطِرُوا حَتَّى تَرَوْهُ فَإِنْ عَمَّ عَلَيْكُمْ فَأَقْدُرُوا لَهُ (رواه البخاري

ومسلم)<sup>18</sup>

Artinya : Abdullah bin Maslamah Menceritakan kepada kami, dari Malik bin Nafi’, dari Abdullah bin Umar RA bahwa Rasulullah SAW menyebutkan bulan Ramadhan dan berkata : “Janganlah berpuasa sebelum melihat Hilal, dan janganlah berbuka sebelum melihat Hilal. Jika Hilal terhalang oleh awan terhadapmu, maka estimasikanlah”

---

<sup>17</sup> al-Bukhori, *Shahih al-Bukhori*, ttp, Dar al-Fikr, 1994/1414, kitab “*kitab as-shoum*” hlm 278-279,

<sup>18</sup> Al-Bukhori, *Shahih al-Bukhori*, ..... hlm 280

Dalam hadis yang lain yang diriwayatkan oleh Imam Bukhori, kata *فان غم* disebutkan menggunakan istilah *فان غبي* :

صوموا لرؤيته وافطروا لرؤيته فان غبي عليكم فاكملوا عدة شعبان ثلاثين<sup>19</sup>

Artinya : Berpuasalah jika kamu melihat Hilal, dan berbukalah jika kamu melihat Hilal pula. Jika terhalang awan terhadapamu, genapkanlah bilangan bulan Sya'ban 30 hari

Secara etimologi kata *غُمَّ* berasal dari kata *يغَمُّ - غَمَّ* / *غَمَّ* - *يغَمُّ*

- *يغَمُّ* yang menurut A Thoha Husein al-Mujahid dan A Athoillah Fathoni al-Khalil berarti *ستر* (menutupi/menghalangi). Dijelaskan pula bahwa *غم عليه* berarti *حال دون رؤية* (keadaan tidak bisa dilihat/dirukyat), dan *غيم* atau *غيمة* berarti segumpal awan<sup>20</sup> Senada dengan itu, Fr. Louis Ma'luf al-Yassu'i dan Fr. Bernard Tottel al-Yassu'i menjelaskan bahwa kata *غَمَّ* bermakna *غَطَّاه* (menutupi), yang khusus digunakan untuk menyebutkan tertutupnya Bulan atau Matahari *ستر ضوءها* (menutupi/menghalangi cahayanya).<sup>21</sup> Begitu juga dengan A. W. Munawwir, bahkan ia menambahkan

---

<sup>19</sup> Al-Bukhori, *Shohih al-Bukhori*....., hlm 281

<sup>20</sup> A Thoha Husein al-Mujahid dan Atho'illah al-Khalil, Kamus al-Wafi (Arab-Indonesia) Gema Insani, Jakarta, 2016, 1024

<sup>21</sup> Fr. Louis Ma;luf al-Yassu'i dan Fr. Bernard Tottel al-Yassu'i, *al-Munjid fi al-Lughoh wa al-'Alam*, Dar al-Masyriq, Bairut, 1986, hlm 558

غمّ yang berarti sesuatu yang samar atau tidak jelas, غمّ الهلال berarti tertutup awan, dan اغتمت السماء berarti langit mendung atau berawan.<sup>22</sup>

Sementara غبي berarti bodoh,<sup>23</sup> di dalam kamus *al-Munjid* juga dijelaskan bahwa غبي berarti شيء خفيّ عليه لم يعرفه (sesuatu yang tersembunyi terhadapnya yang tidak diketahui),<sup>24</sup> al-Munawwir juga mengartikan demikian namun ia menambahkan الغيبة أغبي السحاب berarti menurunkan hujan yang tidak deras dan الغيبة berarti hujan rintik-rintik<sup>25</sup> Alauddin bin Ali Hisamudiin al-Muttaqi al-Hindi dalam kamus hadisnya *Kanz al-Ummal fi Sunan al-Aqwal wa al-Af'al* menyebutkan terdapat 42 hadis yang memuat informasi tentang waktu puasa yang berkaitan dengan Hilal secara khusus, sebagian di antaranya menyoroti tentang kemungkinan tidak terlihatnya Hilal karena tertutup mendung (*al-Ghoim*). Seluruh riwayat menyebutkan apabila Hilal tidak terlihat maka diharuskan *ikmal*, *qodr*, dan *itmam*<sup>26</sup> Namun demikian, jarang sekali terdapat literatur-literatur yang menjelaskan tentang apa

---

<sup>22</sup> A.W. Munawwir, *Kamus al-Munawwir Arab-Indonesia Terlengkap*, Pustaka Progresif, 1997, hlm 1019

<sup>23</sup> A Thoha Husein al-Mujahid....., hlm 1011

<sup>24</sup> Fr. Louis Ma;luf al-Yassu'i....., hlm 544

<sup>25</sup> A.W. Munawwir,....., hlm 1020

<sup>26</sup> Ala'uddin Ali bin Hisamuddin al-Muttaqi al-Hindi al-Burhan, *Kanz al-Ummāl fi Sunan al-Aqwāl wa al-Af'āl*, Muassasah al-Risalah, Beirut, 1985), juz 8, hlm. 485-493



yang dimaksud dengan غَمّ atau الغيمة (tertutupi/terhalangi awan) dan awan yang bagaimanakah yang dapat atau tidak dapat menghalangi cahaya Hilal sampai kepada mata pengamat.

Oleh sebab itu, maka perlulah dilakukan analisis mendalam terkait atmosfer yang dapat mempengaruhi pengamatan Hilal di permukaan Bumi, sehingga dapat mendefinisikan istilah غَمّ atau غيم yang tersebut dalam beberapa redaksi hadis yang berkaitan dengan perintah berpuasa ketika telah melihat Hilal. Kajian terhadap atmosfer ini juga menjadi menarik dikaitkan dengan posisi geografis wilayah Indonesia, Indonesia yang terletak di antara 6<sup>0</sup>LU – 11<sup>0</sup>LS dan 95<sup>0</sup>BT – 141<sup>0</sup>BB ini menggolongkan Indonesia sebagai negara beriklim tropis yang mengakibatkan suhu udara dan curah hujannya relatif tinggi. Indonesia juga dikenal sebagai Benua Maritim dimana sebagian besar wilayahnya didominasi oleh lautan. Istilah ini pertama kali dikemukakan oleh Ramage (1968) yang menunjukkan besarnya wilayah Indonesia seperti benua, namun sebagian besar wilayahnya didominasi oleh lautan dan juga dibatasi oleh 2 samudra (Hindia dan Pasifik) serta 2 benua (Asia dan Australia). Kondisi demikian ini membuat atmosfer sebagian besar wilayah Indonesia relatif basah hampir sepanjang tahun akibat banyaknya uap air dalam udara sehingga mempermudah terbentuknya kumpulan awan-awan.

Lebih dari itu, Hilal juga merupakan benda langit yang notabene mempunyai cahaya yang sangat lemah sehingga

kecerahan langit senja pun sangat perlu diperhatikan, sebab meskipun Matahari telah terbenam ditandai dengan posisi lingkaran atas Matahari berada di horizon, namun tidak serta merta langit menjadi gelap karena hamburan cahaya pada partikel-partikel bebas di atmosfer.<sup>27</sup> Dengan demikian, maka setidaknya ada 2 faktor yang perlu dipertimbangkan dalam praktik pengamatan Hilal di Indonesia, astronomi merupakan faktor pertama yang akan memberikan informasi mengenai posisi Hilal pada saat dilakukan pengamatan, dan atmosfer sebagai selubung pelindung Bumi yang berpotensi menghambat cahaya Hilal sampai ke permukaan Bumi, Pengaruh atmosfer dalam pengamatan Hilal dapat dijelaskan sebagai semua proses yang terjadi di atmosfer yang berpotensi mengganggu ketampakan suatu objek di langit yang diamati dari permukaan Bumi.

Analisis terhadap pengaruh atmosfer dalam visibilitas Hilal ini membuktikan bahwa sesungguhnya penentuan awal bulan Kamariah ini bukanlah semata-mata masalah *fiqhiyah* saja, pengamatan Hilal sendiri merupakan hasil interpretasi petunjuk-petunjuk *nash* baik al-Qur'an maupun *Sunnah* dengan menggunakan pengetahuan astronomi sebagai alat bantu pendukung interpretasi. Thomas Jamaluddin dalam tulisannya mengungkapkan bahwa penentuan awal bulan kamariah bukanlah semata-mata persoalan *fiqhiyah* saja, karena di dalamnya terdapat

---

<sup>27</sup> J.A.Utama dan S. Siregar, "Usulan Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia dengan Model Katsner", *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 197-209 Juli 2013, hlm 199

keterlibatan ilmu pengetahuan lain sebagai alat interpretasi operasionalitas penentuan awal bulan kamariah untuk mengetahui tanda-tanda masuknya bulan baru dalam penanggalan Hijriah.tersebut.<sup>28</sup>

Pendekatan yang dapat digunakan untuk mengkaji keterpengaruh atmosfer dalam pengamatan Hilal ini adalah pendekatan meteorologi dan klimatologi. Meteorologi merupakan proses/pristiwa yang terjadi/berlangsung di atmosfer pada suatu saat dan tempat-tempat tertentu serta nilai sesaat dari atmosfer serta pembahasannya dalam jangka pendek di suatu tempat di Bumi, atau biasa disebut dengan cuaca.<sup>29</sup> Sedangkan klimatologi atau yang biasa disebut dengan iklim merupakan penyebaran cuaca dari waktu ke waktu (hari demi hari, bulan demi bulan, tahun demi tahun) dan termasuk di dalamnya harga rata-rata dan harga ekstrim (minimum dan maksimum) atau keadaan cuaca pada suatu periode yang cukup lama atau daerah yang cukup luas.<sup>30</sup>

Dengan demikian, telah jelaslah bahwa atmosfer sangat berpengaruh terhadap pengamatan suatu objek di langit, sehingga penulis berinisiatif melakukan analisi pengaruh atmosfer terhadap

---

<sup>28</sup> Hisab dan rukyat setara: Astronomi menguak isyarat lengkap dalam al-Qur'an tentang penentuan awal bulan Ramadhan, Syawal, dan Zulhijjah. Lihat <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2011/07/28/hisab-dan-rukyat-setara-astronomi-menguak-isyarat-lengkap-dalam-al-quran-tentang-penentuan-awal-ramadhan-syawal-dan-dzulhijjah/>

<sup>29</sup> Laboratorium Pengelolaan Das dan Konservasi Sumberdaya Hutan, *Klimatologi (Suatu Pengantar)*, Makasar: tanpa penerbitm, 2009), hlm 1

<sup>30</sup> Laboratorium Pengelolaan Das dan Konservasi Sumberdaya Hutan, *Klimatologi....., hlm 2*

visibilitas hilal yang dikaitkan dengan beberapa hasil pengamatan hilal yang dilakukan oleh BMKG tersebut. Dengan dilakukannya analisis ini, maka akan diketahui definisi dan rumusan غيمة yang berpotensi dapat menghalangi pengamatan Hilal. Berangkat dari landasan berfikir di atas, maka penulis tertarik mengkaji hal ini dalam suatu karya penelitian tesis.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Apa teori atmosfer dalam visibilitas Hilal menurut BMKG?
2. Bagaimana pengaruh atmosfer dalam visibilitas Hilal?

## **C. Signifikansi Penelitian**

### **1. Tujuan Penelitian**

Berangkat dari permasalahan di atas, maka penelitian ini secara keseluruhan bertujuan untuk:

- a. Mengetahui apa teori atmosfer dalam visibilitas Hilal
- b. Mengetahui bagaimana pengaruh atmosfer dalam visibilitas Hilal

### **2. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis keilmuan maupun secara praktis

- a. Dari segi teoritis keilmuan, hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi terhadap pengembangan keilmuan, khususnya dalam bidang ilmu falak serta dapat melengkapi khazanah kajian dan sumbangan pemikiran bagi kegiatan pengamatan Hilal. Selain itu, penelitian ini

juga akan memberikan definisi dan rumusan istilah غيم

(tertutup/terhalang awan) yang terdapat dalam hadis Nabi SAW tentang perintah berpuasa saat melihat Hilal.

- b. Dari segi praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan atau masukan informasi yang lebih konkret terkait pengaruh atmosfer dalam kegiatan pengamatan Hilal serta pengaruhnya terhadap visibilitas Hilal

#### **D. Telaah Pustaka**

Terkait dengan penelitian ini, penulis telah melakukan penelusuran terhadap beberapa penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya yang terkait penelitian ini, adapun tulisan yang berkaitan dengan permasalahan ini adalah

- a. Karya ilmiah Tuti Budiwati, Rukmi Hidayat, dan Iis Safiati (Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Atmosfer - Pusfatsasklim LAPAN). Tulisan yang berjudul “Pengaruh Kekeruhan Atmosfer terhadap Keseimbangan Radiasi Matahari” ini menjelaskan bahwa besar kecilnya kekeruhan atmosfer berperan dalam menaikkan atau menurunkan temperatur di dekat permukaan Bumi.
- b. Karya J.A. Utama dan S. Siregar yang berjudul “Usulan Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia dengan Model Katsner”. Dalam naskah ini diusulkan kriteria visibilitas Hilal bagi wilayah Indonesia berdasarkan data kesaksian mengamati Hilal yang dikompilasi oleh Kementerian Agama

RI dan sumber lain yang dihimpun oleh lembaga Rukat Hilal Indonesia. Kriteria yang diusulkan juga didasarkan pada kecerahan langit senja dan malam

- c. Skripsi Sofwan Farohi tahun 2013, Fakultas Syari'ah dan Hukum IAIN Walisongo Semarang yang berjudul "Pengaruh Atmosfer terhadap Visibilitas Hilal (Analisis Klimatologi Observatorium Boscha dan CASA As-Salam dalam Pengaruhnya terhadap Visibilitas Hilal)". Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa di antara faktor klimatologi yang mempengaruhi visibilitas Hilal di Boscha dan CASA As-Salam adalah lama penyinaran Matahari, suhu udara, angin, kelembaban udara, curah hujan, dan refraksi.

Dari telaah pustaka sebagaimana disebutkan di atas, penulis menyimpulkan bahwa ketiga makalah di atas hanya memberikan gambaran secara umum tentang pengaruh atmosfer terhadap pengamatan Hilal, namun tidak memberikan unsur apa yang paling dominan mempengaruhi pengamatan Hilal. Dalam penelitian ini, penulis memberikan gambaran secara lebih spesifik terkait unsur atmosfer apa sajakah yang mempengaruhi pengamatan Hilal serta bagaimanakah implemetasinya dalam kriteria visibilitas Hilal.

#### **E. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kepustakaan (*library Research*),<sup>31</sup> dengan jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif. Penelitian kepustakaan ini dilakukan terhadap dokumen-dokumen yang tersipkan pada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat yang berkaitan dengan laporan hasil pengamatan Hilal BMKG.

Pendekatan yang digunakan adalah studi kasus, yaitu dengan melihat hasil pengamatan Hilal yang dilakukan oleh BMKG di Kupang dan Manado, dengan asumsi bahwa Kupang dan Manado merupakan titik pengamatan Hilal BMKG yang paling banyak berhasil mengamati Hilal serta kondisi atmosfernya yang cukup baik dibandingkan dengan titik-titik pengamatan Hilal yang lain.<sup>32</sup>

b. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari BMKG sebagai lembaga yang terlibat langsung dengan pengamatan Hilal yang menjadi objek kajian penelitian, sedangkan data sekunder diperoleh melalui buku-buku dan literatur ilmiah yang

---

<sup>31</sup> Penelitian yang dilakukan dengan menganalisis sumber data tertulis atau kepustakaan. Lihat M. Iqbal Hasan, *Pokok-pokok Metodologi Penelitian*, Ghalia Indonesia, Bogor, 2002, hlm. 11

<sup>32</sup> Wawancara dengan Dr. Suaidi Ahaddi Kepala Sub Bidang Geofisika Potensial Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat Jakarta di Kantor BMKG Jl. Angkasa 1 No.2 Gn. Sahari Selatan Kemayoran Jakarta Pusat pada 26 Februari 2018 Pukul 09.55

berkaitan dengan penelitian ini serta hasil wawancara dengan para narasumber yang berkompeten.

Pada penelitian ini, data primer yang digunakan dititikberatkan pada arsip BMKG Pusat terkait laporan pengamatan Hilal BMKG di Kupang dan Manado serta laporan perkiraan cuaca pada saat pengamatan. Sedangkan data sekunder yang digunakan sebagai data pendukung adalah meliputi literatur-literatur ilmiah astronomi dan atmosfer kamus ilmu falak dan hasil wawancara dengan pihak BMKG serta tokoh-tokoh lain yang berkompeten.

c. Teknik Pengumpulan Data

Guna memperoleh data yang dibutuhkan agar selesainya penelitian ini, maka teknik pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Studi Dokumentasi

Studi dokumentasi ini ditempuh dengan cara menginventarisir dan memahami isi dari sumber primer dan sekunder. Memahami bagaimana hasil pengamatan Hilal yang dilakukan oleh BMKG di Kupang dan Manado serta kondisi atmosfernya pada saat pengamatan.

2. Wawancara (Interview)

Teknik dilakukan dengan melakukan wawancara langsung dengan para narasumber, khususnya pejabat BMKG yang terlibat langsung dalam pengamatan Hilal, para pakar astronomi, meteorologi, dan klimatologi serta



narasumber lain yang memiliki kompetensi dalam permasalahan ini. Narasumber sebagaimana dimaksud di atas adalah seperti :

1. Dr. Suaidi Ahadi, seorang kepala bidang pada bidang analisis geofisika Potensial dan tanda waktu BMKG Pusat sekaligus tim hisab rukyat BMKG.
2. Dr. Indra Gustari, seorang kepala bidang pada bidang analisis variabilitas iklim BMKG Pusat sekaligus pakar meteorologis BMKG.
3. 3) Dr. Ahmad Sasmito, seorang kepala bidang pada bidang perekayasa Utama BMKG serta pengamat *rukya al-Hilal* BMKG.
4. Rukhman Nugroho, seorang staf pada bidang geofisika potensial dan tanda waktu BMKG Pusat.
5. Bapak Candra, seorang forecaster di Stasiun Klimatologi Manado
6. Bapak Hamdan Nurdin, seorang *climate scientific* stasiun klimatologi Kupang

Tipe wawancara yang dilakukan adalah wawancara terarah (*directive interview*), yaitu wawancara yang dilakukan dengan cara merencanakan, mengatur dan membatasi jawaban-jawaban yang diberikan. Cara ini dipilih dengan maksud supaya tidak terjadi tumpang tindih dalam pengumpulan data.

### 3. Penyajian dan Analisis Data

Data yang telah terkumpul disajikan secara kualitatif. Data yang bersifat kualitatif tersebut dianalisis berdasarkan analisis deskriptif dan preskriptif. Analisa deskriptif dan preskriptif diperlukan untuk menjelaskan obyektifitas suatu fakta dan memprediksinya untuk masa yang akan datang. Sedangkan analisa kritis dimaksudkan agar penelitian ini selalu memperhatikan sisi-sisi mana suatu analisis dikembangkan secara berimbang dengan melihat kelebihan dan kekurangan objek. Dengan demikian maka diharapkan adanya suatu rekomendasi tentang karakteristik Hilal sesuai dengan kondisi atmosfer di sekeliling Hilal pada saat pengamatan.

### 4. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan pada penelitian ini terdiri atas lima bab, yaitu :

Bab Pertama berisi Pendahuluan. Bab ini meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab kedua berisi tentang tinjauan umum tentang Visibilitas Hilal. Bab ini meliputi landasan hukum kriteria visibilitas Hilal, sejarah perkembangan observasi Hilal dan kriteria visibilitas Hilal di Indonesia.

Bab ketiga berisi tentang BMKG, atmosfer dan visibilitas Hilal. Bab ini meliputi eksistensi BMKG, definisi

atmosfer, lapisannya dan unsurnya, serta analisis faktor atmosfer dalam visibilitas Hilal di Indonesia menurut BMKG.

Bab keempat berisi tentang analisis pengaruh faktor atmosfer dalam visibilitas Hilal. Bab ini meliputi pengamatan Hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan analisis tentang pengaruh atmosfer dalam visibilitas Hilal.

Bab kelima berisi tentang penutup yang meliputi kesimpulan, penutup, dan saran-saran.

## **BAB II**

### **KRITERIA VISIBILITAS HILAL**

#### **A. Landasan Hukum Kriteria Visibilitas Hilal**

Kriteria visibilitas Hilal menjadi salah satu permasalahan dalam penentuan awal bulan kamariah, pembahasannya muncul berawal dari permasalahan penentuan awal bulan kamariah. Banyaknya jenis dan macam penafsiran terhadap hadis-hadis penentuan awal bulan kamariah menyebabkan lahirnya berbagai macam metode tentang bagaimana menentukan awal bulan kamariah yang seharusnya. Metode tersebut adalah metode hisab dan rukyat, metode rukyat mempraktikkan hadist secara zahir sesuai pada masa Nabi Muhammad SAW, sementara metode hisab lebih memahami hadist secara kontekstual sehingga melahirkan metode yang memanfaatkan perkembangan ilmu dan teknologi, yaitu ilmu perhitungan benda-benda langit (astronomi).

Pada tahap selanjutnya muncullah pemikiran untuk menyatukan dua metode tersebut. Pemikiran ini berawal dari keresahan yang timbul di tengah masyarakat oleh dua faktor, yaitu: (1) Ketidakpastian dalam mengawali awal bulan kamariah. (2) Perbedaan hisab dan rukyat. Salah satu tawaran dalam penyatuan kedua metode tersebut adalah dengan ditetapkannya kriteria visibilitas Hilal<sup>1</sup>. Dengan adanya kriteria visibilitas Hilal ini maka kedua metode tersebut dapat diakomodir, hisab digunakan sebagai

---

<sup>1</sup> Kriteria visibilitas Hilal adalah sebuah parameter untuk mendefinisikan kemungkinan posisi Hilal penentu awal bulan kamariah.

konsep utama dalam penentuan awal bulan kamariah, namun hisab tersebut harus tetap mengacu pada kriteria rukyat . Dengan adanya kriteria ini juga penentuan awal bulan kamariah dapat dilakukan dengan pasti.

Ada beberapa dalil tentang penetapan awal bulan kamariah, baik dari al-Qur'an maupun Hadist. Allah berfirman dalam surat Yunus ayat 5 dan surat Yasin ayat 39;

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً ۖ وَالْقَمَرَ نُورًا ۖ وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ  
الْبَيْنِينَ وَالْحِسَابَ ۚ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ

2 。

Artinya : Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui. (QS Yunus/10. 5)

وَالْقَمَرَ قَدَرْتُهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ ۗ<sup>3</sup>

Artinya : Dan telah Kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah dia sampai ke manzilah yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk tandan yang tua. (QS Yasin/36. 39)

---

<sup>2</sup> Depag RI, *al-Qur'an dan Terjemahnya*, Semarang, CV Toha Putra, 1989, hlm 297

<sup>3</sup> Depag RI, *al-Qur'an.....*, hlm 700

Dalam ayat-ayat ini dapat diketahui bahwa Allah telah menciptakan Bulan sebagai penanda waktu bagi manusia, dalam kitab tafsir *Fath al-Qādir*<sup>4</sup> diperjelas bahwa dzamir pada kalimat قَدَرْتَهُ مَنَازِلَ (Yunus : 5) kembali kepada Bulan, bahwasannya Allah telah menetapkan *manzilah-manzilah* bagi perjalanan Bulan mengelilingi Bumi (rotasi). *Manzilah-manzilah* tersebut adalah jarak tempuh Bulan dalam sehari semalam yang berjumlah dua puluh delapan *manzilah*. Setiap malam Bulan mencapai satu *manzilah* dan tidak pernah melebihinya. Maka pada permulaannya Bulan tampak kecil (Hilal), kemudian tampak membesar sedikit demi sedikit hingga akhirnya tampak sempurna (*al-badr*). Di akhir tempat edarnya Bulan akan tampak tipis dan membentuk busur (Hilal tua). Dalam surat Yasin 39 diumpamakan seperti pelepah pohon kurma yang sudah mengering dan tua.<sup>5</sup> Kemudian tidak nampak selama dua malam jika hitungan bulannya genap (tidak bisa rukyat dan terjadi istikmal), atau selama satu malam jika hitungan bulannya kurang (berhasil dirukyat).<sup>6</sup>

Dalam surat al-Baqoroh ayat 189, Allah mempertegasnya dengan firmanNya :

---

<sup>4</sup> Muhammad bin Ali bin Ahmad asy-Syaukani, *Fath al-Qādir al-Jami' baina Fanni ar-Riwayat wa al-Diroyat min ilmi al-Tafsir*, Mauqi' al-Tafasir, tt, hlm 611-612

<sup>5</sup> Abu Bakar al-Jazair, *Atsar al-Tafāsir*, Mauqi' al-Tafāsir, tt, juz 4 hlm 371

<sup>6</sup> Muhammad bin Ali bin Ahmad asy-Syaukani, *Fathu al-Qodir....*, hlm 611-612

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْأَهْلِ قُلْ هِيَ مَوَاقِيتُ لِلنَّاسِ وَالْحَجِّ وَلَيْسَ الْبِرُّ بِأَنْ تَأْتُوا الْبُيُوتَ

مِنْ ظُهُورِهَا وَلَكِنَّ الْبِرَّ مَنِ اتَّقَىٰ وَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ أَبْوَابِهَا وَأَتَوْا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ

تُقْلِحُونَ ٧ ١٨٩

Artinya : Mereka bertanya kepadamu tentang bulan sabit. Katakanlah: "Bulan sabit itu adalah tanda-tanda waktu bagi manusia dan (bagi ibadat) haji; Dan bukanlah kebajikan memasuki rumah-rumah dari belakangnya, akan tetapi kebajikan itu ialah kebajikan orang yang bertakwa. Dan masuklah ke rumah-rumah itu dari pintu-pintunya; dan bertakwalah kepada Allah agar kamu beruntung (QS al-Baqoroh/2 : 189)

Diriwayatkan bahwa sebagian sahabat bertanya kepada Rasulullah SAW : “Apa yang terjadi dengan Bulan sabit yang nampak begitu kecil, kemudian bertambah sedikit demi sedikit sehingga menjadi seperti pertama kali muncul?”, kemudian turunlah ayat ini (al-Baqarah : 189). Rasul pun menjawab : “ Bulan sabit itu adalah tanda-tanda waktu bagi manusia, dan sebab kemunculannya dari kecil kemudian menjadi sempurna, lalu berkurang, kemudian menyusut, adalah agar orang-orang mengetahui tanda-tanda waktu bagi aktifitas mereka”. Dalam tafsir *Atsar Al-Tafāsir*<sup>8</sup> juga disebutkan bahwasannya dengan adanya peredaran Bulan ini pula kita dapat mengetahui kapan dimulainya bulan Ramadan dan bulan Haji.

---

<sup>7</sup> Depag Ri, al-Qur'an..., hlm 42

<sup>8</sup> Abu Bakar al-Jazair, *Atsar al-Tafasir*....., hlm 42

Sementara itu lebih rinci lagi dalam al-Qur'an surat al-Baqoroh ayat 185 :

.....<sup>9</sup>فَمَنْ شَهِدَ مِنْكُمُ الشَّهْرَ فَلْيَصُمْهُ<sup>9</sup>.....

Artinya : .....barangsiapa di antara kamu hadir (di negeri tempat tinggalnya) di bulan itu, maka hendaklah ia berpuasa pada bulan itu..... (QS al-Baqoroh/2 : 185)

Surat al-Baqarah ayat 185 di atas menjelaskan mengenai kewajiban berpuasa ketika masuk bulan Ramadan, teks ayat tersebut menggunakan kata شَهِدَ dalam tafsir *Jalālain* bermakna حضر yang berarti hadir/berada dan الشهر bermakna شهر رمضان yang berarti bulan Ramadan. Jadi ayat ini masih bersifat umum, hanya berisi mengenai kewajiban puasa ketika masuk bulan Ramadan, sementara hal-hal mengenai tata cara penentuan masuknya bulan Ramadan belum dijelaskan.<sup>10</sup> Sementara itu dalam tafsir *Baidawi* disebutkan bahwa ada perbedaan dalam pemaknaan ayat tersebut, salah satunya seperti yang dijelaskan dalam tafsir *Jalālain* di atas, dan pendapat lainnya mengatakan bahwa الشهر dimaknai sebagai Hilal bulan Ramadan dan kata شهد dimaknai melihat. Jadi menurut pendapat ini ayat tersebut

---

<sup>9</sup> Kemenag RI, *al-Qur'an dan Tafsirnya*, Jilid 1, Jakarta, PT Sinergi Pustaka Indonesia, 2012, hlm 269

<sup>10</sup> Jalaluddin Ahmad Ibn Ahmad al-Mahally dan Jalaluddin Abdurrahman Ibn Abi Bakr as-Sayuthy, *Tafsir Jalālain*, Mauqi; al-Islam, tt, hlm 28



berbicara mengenai tata cara penentuan awal bulan Ramadan dengan rukyatul hilal.<sup>11</sup>

Dalam ayat lain Allah berfirman :

يُوعِظُ الْجِنُّ وَالْإِنْسَ إِذَا اسْتَعْتَبْتُمْ أَنْ تَتَّقُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ  
فَاتَّقُوا ۗ لَا تَتَّقُوا إِلَّا بِسُلْطٰنٍ ۗ<sup>12</sup>

Artinya : Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan

Secara umum ayat tersebut menjelaskan mengenai kekuasaan Allah yang meliputi langit, Bumi, kehidupan di dunia dan di akhirat, namun secara khusus ada pula yang mengkaitkan ayat ini dengan metode hisab bahwa sebenarnya kata *بِسُلْطٰنٍ* bermakna ilmu pengetahuan yang diberikan atas kekuasaan Allah.<sup>13</sup> Sementara itu dalam hadist, penentuan awal bulan kamariah ini disebutkan:

---

<sup>11</sup> Nashiruddin Abu Said Abdillah bin Umar bin Muhammad asy-Syairazi al-Baidhawi, *Anwar al-Tanzil wa Asroru al-Takwil al-Ma'ruf bi Tafsi al-Baidawi*, Mauqi' al-Tafasir, tt, hlm 124. Lihat pula Abu Abdillah Muhammad bin Umar bin al-Hasan bin al-Husein al-Taimy al-Razi, *Tafsir al-Razi*, juz 5, tt, hlm 89

<sup>12</sup> Kemenag RI, al-Qur'an..., hlm 877

<sup>13</sup> Baca Abu al-Hasan Ali Ibn Muhammad Ibn Muhammad Ibn Habib al-Bashri al-Baghdadi al-Mawardi, *al-Nukat wa al-Uyun*, Juz 5, Mauqi' al-Tafasir, hlm 434. Baca juga Muhammad al-Amin Ibn Muhammad al-Mukhtar Ibn Abi al-Qādir asy-Syankithy, *Adhwa' al-Bayan fi al-Idhah al-Quran bi al-Quran*, Juz 3, Dar al-Fikr, 1995, hlm 152. Lihat pula Muhammad Hadi Bashori, *Penanggalan Islam*, Jakarta, Penerbit PT Elex Media Komputindo, 2013, hlm 134-135

حدثني حرملة ابن يحيى أخبرنا ابن وهب أخبرني يونس عن ابن شهاب قال

حدثني سالم بن عبد الله أنّ عبد الله ابن عمر رضي الله عنهما قال:

سمعت رسول الله صلى الله عليه وسلم يقول اذا رأيتموه فصوموا واذا رأيتموه

فأفطروا فان غمّ عليكم فاقدروا له (رواه مسلم)<sup>14</sup>

Artinya : Harmalah ibnu Yahya telah menceritakan kepada saya, Ibnu Wahbi telah memberi kabar kepada kami, Yunus dari Ibnu Syihab telah memberikan kabar kepada saya berkata : Salim Ibnu Abdillah telah menceritakan kepada saya bahwa Abdillah bin Umar r.a berkata : saya mendengar Rasulullah SAW bersabda : apabila kamu melihat Hilal berpuasalah, dan apabila kamu melihat Hilal berbukalah (ber-idulfitri-lah). Jika Hilal terhalang oleh awan terhadapmu, maka kadarkanlah (HR. Muslim)

Dalam sarah al-Minhaj Imam Nawawi memberikan keterangan bahwa hadist ini mempunyai beberpa arti yang menyebabkan perbedaan penafsiran oleh para ulama. Perbedaan tersebut terletak pada pemaknaan kata فاقدروا, ada yang berpendapat bahwa فاقدروا bermakna بحساب المنازل yang berarti bahwa awal bulan dapat ditentukan dengan perkiraanperhitungan/hisab posisi Hilal. Di antara ulama yang berpendapat demikian adalah Ibnu Qotadah, Ibnu Suraij, dan ulama Mutaakhirin. Pendapat yang lain mengatakan bahwa فاقدروا

---

<sup>14</sup> Muslim bin Hajaj Abu al-Hasan al-Naisaburi, al-Jami' al-Shohih al-Musamma Shohih Muslim, tp, 1992, halm 281-483

bermakna *تمام العدد ثلاثين يوما* yang berarti bahwa penentuan awal bulan kamariah harus melalui rukyattul Hilal dan jika tertutup mendung maka bulan harus digenapkan menjadi 30 hari. Pendapat ini mempertimbangkan redaksi hadist yang lain yang berbunyi *فان غبي عليكم فأكملوا عدّة شعبان ثلاثين يوما*, ini adalah pendapat jumhur ulama di antaranya yaitu Imam Malik, Imam Syafi'i, dan Abu Hanifah.<sup>15</sup>

Sementara itu menurut Syihabuddin al-Qulyubi, hadis di atas memiliki 10 interpretasi yang beragam, yaitu :

1. Perintah berpuasa berlaku untuk semua orang yang melihat Hilal dan tidak berlaku untuk yang tidak melihat Hilal.
2. Melihat di sini melalui mata, karenanya ia tidak berlaku atas orang buta (mata tidak berfungsi)
3. Melihat (rukyah) secara ilmu bernilai mutawatir dan merupakan berita dari orang yang adil.
4. *Nash* tersebut juga memiliki makna *zhan* sehingga mencakup ramalan dan nujum.
5. Ada tuntunan puasa secara *continuous* jika terhalang pandangan atas Hilal manakala sudah ada kepastian Hilal sudah dapat dilihat.

---

<sup>15</sup> Al-Imam al-Hafidz Muhyi al-Din Abu Zakariya Ibn Yahya Ibn Syarif Ibn Hurry al-Nawawi, *al-Minhaj fi Syarh Ibn al-Hajaj*, Bairut Afkar al-Dauliyah, Riyadh, tt, hlm 680

6. Ada kemungkinan Hilal sudah wujud, sehingga wajib puasa, meskipun menurut ahli astronom belum ada kemungkinan terlihat.
7. Perintah hadist ditujukan untuk kaum Muslim secara menyeluruh, namun pelaksanaan rukyah tidak diwajibkan kepada semua orang atau bahkan hanya perorangan.
8. Hadis ini mengandung makna berbuka puasa.
9. Rukyah hanya untuk mengawali Ramadan tidak untuk mengakhirinya.
10. Yang menghalangi rukyah hanya mendung bukan selainnya.

Di hadis lain, dalam riwayat Bukhori disebutkan :

حدثنا آدم حدثنا شعبة حدثنا الأسود بن قيس حدثنا سعيد بن عمرو أنه

سمع بن عمر رضي الله عنهما عن النبي صلى الله عليه وسلم أنه قال أتأ

أمة أمية لا نكتب ولا بحسب, الشهر هكذا وهكذا يعني مرة سبعة وعشرين

ومرة ثلاثين<sup>16</sup>

Artinya : Telah menceritakan kepada kami Adam, telah menceritakan kepada kami Syu'bah, telah menceritakan kepada kami al-Aswad Ibnu Qois, telah menceritakan kepada kami Said bin Amr, sesungguhnya ia telah mendengar dari Ibnu Umar r.a : Nabi SAW bersabda : Sesungguhnya kami adalah umat yang ummi, kami tidak menulis dan menghitung. Bulan itu demikian demikian, maksudnya adalah kadang-

---

<sup>16</sup> Muhammad bin Ismail bin Ibrahim bin al-Mughiroh, *al-Jami' as-Shohih al-Musnad min Hadist Rosulullah SAW al-Syahir al-Shohih Bukhori*, tp, tt, hlm 984

kadang dua puluh Sembilan dan kadang-kadang dua puluh hari. (HR Bukhori)<sup>17</sup>

Hadis ini juga terjadi perbedaan penafsiran di kalangan ulama, Imam Nawawi dalam kitab al-Majmu' menjadikan hadis ini sebagai penolakan atas penetapan awal bulan dengan metode hisab. Imam Nawawi berpendapat bahwa jika saja manusia memahami hisab maka pasti mereka akan merasa sulit dan susah, karena hanya sedikit orang saja yang mampu memahami ilmu hisab ini.<sup>18</sup> Pendapat ini sedikit agak berseberangan dengan pendapat Yusuf al-Qardhawy, ia beargumen bahwa hadist tersebut tidak bias diambil hujjah secara langsung karena hadist tersebut berbicara tentang kondisi umat. Memang pendapat Imam Nawawi tidak salah jika ahli hisab pada zamannya masih sedikit, tetapi berbeda dengan masa sekarang, ilmu hisab sudah menjadi keahlian banyak orang dan sudah dipelajari di berbagai lembaga bahkan sudah menjadi kurikulum yang masyhur. Ilmu hisab ini pun sudah sangat mendekati kebenaran ilmiah karena tingkat kesalahannya hanya 1 : 100.000.<sup>19</sup> Yusuf Qordhowi juga menambahkan bahwa yang dimaksud ilmu hisab adalah sekarang bukanlah ilmu antrologi dan ilmu nujum yang dilarang oleh syara'.<sup>20</sup>

---

<sup>17</sup> Syihabuddin al-Qulyubi, *Hasyiyah Minhaj al-Tholibin*, Kairo : Mustafa al-Bahi al-Halabi, Jilid II, 1856, hlm 49. Dikutip oleh Ahmad Izzuddin, *Fikih Hisab Rukyat*, Jakarta, Penerbit Erlangga, hlm 3

<sup>18</sup> Abu Zakariya Muhyi al-Din Yahya bin Syarif al-Nawawi, *al-Majmu' Syarh al-Muhadzab*, Mauqi' Ya'sub, tt, juz 6, hlm 274-276

<sup>19</sup> Yusuf Qordhowi, *Tafsir al-Fiqh Dhau' al-Qur'an wa as-Sunnah (Fiqh al-Siyam)*, Bairut : Muassisah al-Risalah, 1993, hlm 30-31

<sup>20</sup> Yusuf Qordhowi, *Tafsir al-Fiqh...*, hlm 30-31

Perbedaan pendapat mengenai dalil-dalil awal bulan kamariah memang sudah ada sejak dulu, bahkan permasalahan tersebut terus berkembang seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan. Al-Qalyubi pun sempat memberi jalan tengah bagi aliran hisab dan rukyat, dalam hal ini al-Qalyubi mengartikan rukyat dengan dengan *Imkan ar-Ru'yah* (posisi Hilal mungkin dapat dilihat).<sup>21</sup> Karena itu menurut Qalyubi awal bulan dapat ditetapkan pada hisab *got'i* sehingga kaitannya dengan rukyah, hisab harus berdasarkan pada 3 landasan : a) Pasti tidak mungkin dilihat (*Istilahah ar-Ru'yah*). B) Mungkin dilihat (*Imkan ar-Ru'yah*). c) Pasti dapat dilihat (*Qot'u bi al-Ru'yah*).<sup>22</sup>

Hal serupa juga dilakukan oleh Pemerintah Indonesia dalam menjembatani aliran hisab dan rukyat. Pemerintah membuat sebuah kriteria visibilitas Hilal sebagai acuan penerapan metode *Imkan al-Ru'yah*. Kriteria tersebut dirumuskan pada Lokakarya yang dilaksanakan di hotel USSU Cisarua tahun 1998 dan 2011. Pemerintah memakai kriteria MABIMS yang diadopsi dari pengamatan Hilal awal bulan Ramadan 1394 H/16 September 1974 M, dimana pada pengamatan tersebut ada 10 saksi di tiga tempat berbeda yang berhasil melihat Hilal. Pada Lokakarya

---

<sup>21</sup> Syihabuddin al-Qolyubi, *Hasyiah al-Mnhaj al-Tholibin*, Kairo : Mustafa al-Ban al-Halabi, 1996, juz 3, hlm 49

<sup>22</sup> Syarwani, *Hasyiah Syarwani*, Kairo : Bairut, tt, Juz 3, hlm 373

tersebut dihasilkan kriteria *Imkan al-Ru'yah* dengan ketinggian Hilal 2 derajat, elongasi 3 derajat, dan umur Bulan 8 jam.<sup>23</sup>

Pada pencapaiannya, ternyata kriteria tersebut belum disepakati secara penuh oleh ormas Islam di Indonesia. Ketidakberhasilan pemerintah dalam menyatukan penetapan awal bulan kamariah bisa dilihat dari penetapan awal bulan kamariah antara Pemerintah dan dua ormas besar di Indonesia (Muhammadiyah dan Nahdlatul Ulama), bahkan perbedaan tersebut dimulai pada tahun 1998,<sup>24</sup> dimana kriteria visibilitas Hilal untuk pertama kalinya resmi dipakai oleh Pemerintah.

Alasan mengapa kriteria tersebut tidak dapat diterima oleh ormas Islam di Indonesia, khususnya Muhammadiyah adalah karena kriteria tersebut dinilai terlalu rendah daripada kriteria yang diakui secara ilmiah oleh para astronom.<sup>25</sup> Melihat tradisi yang ada, betapa sulitnya untuk memadukan dua metode yang berbeda tersebut dan potensi perbedaan dalam memulai awal bulan kamariah cukup besar, maka dari itu pula tahun 2004 Majelis Ulama Indonesia (MUI) mengeluarkan mengeluarkan fatwa bagi

---

<sup>23</sup> Thomas Jamaluddin, *Menggagas Fikih Astronomi: Telaah Hisab Rukyat dan Mencari Solusi Perbedaan Hari Raya*, Bandung, Penerbit Kaki Langit, 2005, hlm 61

<sup>24</sup> 1 Syawal 1418 H/1998 M, Pemerintah berbeda dengan ormas Muhammadiyah dalam mengawali awal bulan Syawal. Lihat Slamet Hambali, *Fatwa Sidang Itsbat dan Penyatuan Kalender Hijriyah*, makalah disampaikan pada Lokakarya Internasional Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang, Hotel Siliwangi, 12-13 Desember 2012, hlm 3

<sup>25</sup> Ahmad Izzuddin, *Fikih Hisab Rukyat: Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadan, Idul Fitri, dan Idul Adha*, Jakarta, Penerbit Erlangga, 2007, hlm 160

umat Islam di Indonesia untuk mengikuti peraturan pemerintah (*Uly al-Amr*) dalam mengawali penetapan awal bulan kamariah yang tercakup dalam diktum Fatwa MUI No. 2 Tahun 2004.<sup>26</sup> Usaha dari MUI tersebut pun belum membawakan hasil yang memuaskan karena sifat fatwa MUI yang tidak mengikat pada umat Islam Indonesia dan perbedaan konsep mengenai *Uly al-Amr* oleh para ulama. Hingga saat ini pun perbedaan penetapan awal bulan masih sering terjadi dan seakan tidak pernah ada akhirnya. Kajian mengenai penetapan awal bulan kamariah dan kriteria visibilitas Hilal pun dilakukan oleh lembaga-lembaga di Indonesia saat ini, seperti LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional),<sup>27</sup> RHI (Rukyatul Hilal Indonesia),<sup>28</sup> dan juga para pakar ahli falak dan astronomi, kajian tersebut dilakukan untuk menemukan solusi dan kriteria yang cocok dan tepat untuk diterapkan di Indonesia.

## **B. Sejarah Perkembangan Observasi Hilal dan Kriteria Visibilitas Hilal**

Pengamatan Bulan sabit dan kajian terhadap kriteria visibilitas Hilal sudah lama dilakukan oleh para astronom

---

<sup>26</sup> Keputusan Fatwa Majelis Ulama Indonesia (MUI) Nomor Tahun 2004 tentang Penetapan Awal Ramadan, Syawal, dan Zulhijjah. Lihat pada A Kadir, *Cara Mutakhir Menentukan Awal Ramadan, Syawal, dan Zulhijjah Perspektif al-Qur'an, Sunnah, dan Sains*, Semarang : Fatwa Publishing, 2009, hlm 115

<sup>27</sup> Lihat Thomas Jamaluddin, *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Umat*, Bandung : Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LPAN), 2011, hlm 18

<sup>28</sup> Lihat Musthofa Arkanuddin dan Muhammad Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm 34



terdahulu, sejarah mencatat bahwa penanggalan yang berpatokan pada pergerakan Bulan sudah mulai sejak masa Babilonia.<sup>29</sup> Pada masa itu (568-74 SM),<sup>30</sup> pengamatan hilal dilakukan untuk kepentingan penentuan sistem kalender mereka yang berbasis Bulan (*Lunar Calender*). Setelah masa Babilonia kemudian disusul oleh peradaban-peradaban yang lain seperti Cina, India (Hindu), Yahudi, beberapa sekte Kristen dan peradaban Islam.<sup>31</sup>

### 1. Kriteria Klasik

Pengamatan bulan sabit tercatat telah dilakukan sejak peradaban Babilonia, astronom Babilonia kuno mengamati Bulan saat Matahari terbenam dalam waktu-waktu tertentu tanpa bantuan alat optik. Tabel-tabel tanah liat (*Conuiform*) yang telah diekskavasi memperlihatkan observasi yang dilakukan secara terus menerus selama lima abad (568 – 74 SM).<sup>32</sup> Mereka melakukan pengamatan dan penelitian Bulan sabit untuk kepentingan penentuan sistem kalender mereka.

---

<sup>29</sup> Mutoha Arkanuddin dan Muh Ma'rufin Sudiby, *Kriteria Visibilitas Hilal Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) (Konsep Kriteria dan Implementasi)* Jurnal LP2H RHI, hlm 34

<sup>30</sup> Louay I Fatoohi, *The Babylonian First Visibility of The Lunar Creasent Date and Criterion*, NASA Astrophysics Date Sistem, 1999, hlm 52 Pada keterangan lain disebutkan antara tahun 626 SM s/d 75 M. Lihat Mutoha Arkanuddin dan Muh Ma'rufin Sudiby, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm 34

<sup>31</sup> Mutoha Arkanuddin dan Muh Ma'rufin Sudiby, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm 34

<sup>32</sup> Muh Ma'rufin Sudiby, *Observasi Hilal di Indonesia dan Signifikansinya dalam Kriteria Visibilitas Hilal*, Jurnal LP2IF-RHI, Volume 24, Nomer 1. April 2014 hlm 123 dikutip dari Liouay I Fatoohi, *The Danjon Limit of First Visibility of The Lunar Creasent*, The Observatory, Volume 118, 1998, hlm 69

Di samping untuk kepentingan ilmu astrologi<sup>33</sup> juga menjadi hal yang mendatangkan ketertarikan untuk mengamati benda-benda langit, khususnya bulan pada saat itu.<sup>34</sup>

Bangsa Babilonia pun sukses memformulasikan kebenaran perhitungan matematika teori Bulan untuk memprediksi berbagai parameter visibilitas Bulan sabit. Pengamatan-pengamatan mereka membuahkan hasil bahwa penampakan Bulan sabit pertama kali dapat dilihat jika:

- a. Umur Bulan  $> 24$  jam
- b. *Lag Time*<sup>35</sup> = 40 menit<sup>36</sup>

Kriteria ini terbentuk sangat sederhana, pada awalnya kriteria ini mengacu pada nilai  $as \geq 12$ ,<sup>37</sup> dengan letak Babilonia di lembah Mesopotamia lintang  $25^{\circ}$  LU sehingga bisa diterjemahkan sebagai  $Lag \geq 40$  menit.<sup>38</sup>

Di tempat yang lain, juga muncul rumusan kriteria untuk pengamatan Bulan sabit, kriteria ini terbentuk hampir semasa dengan kriteria Babilonia yakni pada 500 –

---

<sup>33</sup> Ilmu astrologi secara umum mempelajari benda-benda langit, secara khusus ilmu ini mempelajari peredaran benda-benda langit pada orbitnya masing-masing untuk diketahui posisi benda langit terhadap benda langit lain agar diketahui pengaruhnya terhadap kehidupan di muka Bumi. Lihat Muhyidin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta : Buana Pustaka, 2005, hlm 34

<sup>34</sup> Louay I Fatoohi, *The Babylonian....*, hlm 52

<sup>35</sup> Beda waktu antara terbenam Bulan dan Matahari

<sup>36</sup> Louay I Fatoohi, *The Babylonian....*, hlm 60

<sup>37</sup>  $as$  adalah sudut jarak antara dua benda langit dalam equator atau dapat pula diartikan sebagai beda *axcensio recta*. Lihat Muhammad Ilyas, *Sistem Kalender Islam*, Selangor, Dewan Bahasa dan Pustaka, 1997, hlm 81

<sup>38</sup> Moh Ma'rufin Sudibyo, *Observasi Hilal*, hlm 124 Lihat pula Louay I Fatoohi, *The Babylonian....*, hlm 60

700 SM, Meskipun dengan sistem penanggalan yang berbeda, kriteria India dengan kalender *lunisolar*nya pun membuat satu nilai untuk menentukan kapan terjadinya awal bulan yang mengacu pada fase Bulan. Kriteria India yang memakai acuan beda nilai Bulan dan Matahari dalam equator sebesar  $12^0$ , keterangan ini dapat ditemui dalam Surya Sidhanta<sup>39</sup> (600 M) dan Khandakhadyaka (650 M).<sup>40</sup>

Nilai tersebut diambil dari pergerakan Bulan terhadap Matahari secara sederhana (*'urfi*) dalam satu waktu yaitu  $12^0$ , dalam istilah mereka dinamakan *Thithi*. Dalam satu bulan terdapat 30 *thithi*, sehingga perjalanan Bulan terhadap Matahari akan genap  $360^0$  dalam satu tahun, pada saat ijtimak (*amavasya*), jarak antara Bulan dan Matahari dalam equator adalah  $0^0$  sehingga Bulan sabit pertama dapat diamati jika telah mencapai 1 *thithi*.<sup>41</sup>

Sebelum itu sebenarnya peradaban India juga telah menerapkan variabel lebar sabit (W) dalam penentuan kondisi visibilitasnya, keterangan tersebut bisa ditemukan dalam Panch Sidhantika (500 M), meskipun kalkulasi dalam sistem

---

<sup>39</sup> Buku astronomi pertama dalam peradaban India

<sup>40</sup> D King, *Same Early Islamic Tables for Determining Lunar Crescent Visibility*, Annals of The New York Academy of Science, 1987, hlm 185-225 dikutip oleh Louay I Fatoohi, *The Babylonian....*, hlm 60

<sup>41</sup> Sudha Bhuijje dan M.N Vahia, *Chalculation of Thithis As Extension of Surya Sidhanta Formulation*, Annals of Bhandarkar Oriental Research Institute, 2006, hlm 2. Lihat pada Chia Daphne, *Indian Calender: Comparing the Surya Sidharta and The Astronomical Ephimeris*, Departement of Mathematics National University of Singapura, 2000, hlm 12

tersebut belum bisa dikatakan baik sampai pada akhirnya muncullah sistem yang ada pada Surya Sidhanta.<sup>42</sup> Kriteria-kriteria di atas merupakan penemuan yang sangat besar yang mempengaruhi pemikiran dan kriteria-kriteria visibilitas Hilal yang terbentuk pasca ini, terutama kriteria-kriteria yang dibentuk oleh astronom muslim.<sup>43</sup>

Pada periode klasik lainnya, meskipun tidak terdapat perkembangan yang signifikan dalam kriteria visibilitas Hilal, namun praktik observasi dalam penentuan awal bulan yang beracuan pada Bulan sabit selalu dilakukan, contoh saja pada bangsa China,<sup>44</sup> Ibrani dan Yahudi.<sup>45</sup>

## 2. Kriteria Masa Peradaban Islam

Pada masa ini (700 – 1100 M) ilmu astronomi mencapai puncak kejayaannya, bukan hanya karena kepentingan teori sistem penanggalan mereka, tetapi secara keilmuan memang terjadi perkembangan pesat pada saat itu. Bukan hanya astronomi, tetapi ilmu-ilmu lain, seperti ilmu kedokteran, matematika, seni, ilmu alam, dan ilmu-ilmu yang lain pun turut berkembang. Penelitian-penelitian mengenai kriteria visibilitas Hilal pun gencar dilakukan, terbukti dengan

---

<sup>42</sup> Muhammad Ilyas, *Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calender*. NASA Astrophisic Data System, Vol 35, hlm 433

<sup>43</sup> Mutoha Arkanudin dan Muh Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm 35

<sup>44</sup> Lihat Helmer Aslaksen, *The Mathematics of Chinese Calender*, Departement of Mathematics National University of Singapura, 2010, hlm 14

<sup>45</sup> Lihat Herb Solinsky, *Historical Departure of Bhiblical Calender*, Document of Bhiblical Calender Researcher, Agustus 2016, hlm 16

banyaknya kriteria yang mencul, yang diusung oleh para ahli astronom sebut saja Ya'qub ibn Thoriq.<sup>46</sup> Ia adalah muslim yang paling awal membuat tabel ketetapan visibilitas Hilal, ia juga mengutarakan mengenai pentingnya variabel lebar Hilal dalam penentuan kriteria.

Kriteria Babilonia dan India pun masih diperhitungkan pada masa ini, para astronom memakai nilai  $as \geq 12^0$  untuk Hilal yang tipis dan menambahkan  $as \geq 10^0$  untuk Hilal yang lebar, di antara ahli astronom tersebut adalah Habash<sup>47</sup> al-Khawarizmi,<sup>48</sup> al-Farghani,<sup>49</sup> al-Battani,<sup>50</sup> Kemudian mereka membuat perbaikan perhitungan visibilitas

---

<sup>46</sup> Ahli astronom dan matematika dari Baghdad, salah satu pengembang ilmu astronomi yang bersumber dari Yamandan India, salah satu karyanya adalah kitab *al-I'lal*. Lihat [http://islamci.mc.gill.ca/RASI.BEA/Yaqub\\_Ibn\\_Taqiq\\_BE.html](http://islamci.mc.gill.ca/RASI.BEA/Yaqub_Ibn_Taqiq_BE.html). Diakses pada 15 Januari 2019 pukul 11.45 WIB.

<sup>47</sup> Habash al-Hasib al-Mawarzi adalah ahli astronom yang hidup pada pemerintahan khilafah al-Ma'mun dan al-Mu'tashim. Lahir di Persia dan wafat pada sekitar tahun 874 M. Ia disebut sebagai penerus rasio Trigonometri. Lihat [http://islamci.mc.gill.ca/RASI/BEA/Habash\\_al-Hasib\\_BE.html](http://islamci.mc.gill.ca/RASI/BEA/Habash_al-Hasib_BE.html). Diakses pada 15 Januari 2019 pukul 09.45 WIB

<sup>48</sup> Abu Ja'far Muhammad bin Musa al-Khawarizmi adalah seorang astronom dan matematikawan pada pemerintahan kholifah al-Ma'mun. Ia adalah penemu alJabar. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta, Pustaka Pelajar, 2012, hlm 24

<sup>49</sup> Abdul Abbas Ahmad al-Farghani ia dikenal sebagai pelopor astronomi modern. Di Eropa ia dikenal dengan sebutan Alparganus. Lihat Muhtidin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, hlm 102

<sup>50</sup> Ibnu Jabr al-Battani, di dunia barat ia dikenal dengan sebutan Albatenus, ia membuktikan kemungkinan terjadinya gerhana Matahari cincin, ia juga menetapkan kemiringan perjalana Matahari, panjangnya tahun sideris, dan tahun tropis, musim-musim, garis lintas Matahari semu dan sebenarnya, Bulan mati dan fungsinya Sinus. Lihat Muhyidin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, hlm 99

Hilal yang dianggap sebagai masalah pada saat itu, misalnya al-Khawarizmi yang memberikan model dan tabel matematika untuk memprediksi sabit baru, kemudian menekankan visibilitas Hilal dengan parameter  $ARCL$  atau  $ARCV$ , dimana Hilal dapat dilihat dengan  $ARCL > 95^0$ . Hal itu kemudian diikuti oleh astronom selanjutnya, di antaranya adalah Ibnu Maimun (731 – 861 M). Ibnu Maimun menetapkan variabel  $ARCV$  dan  $ARCL$  sebagai parameter dan memasukkan faktor musim semi dan musim gugur dengan  $9^0 \leq IARCL \leq 24^0$  dan  $ARCV + ARCL \geq 22^0$ . Selanjutnya Ibnu Qurroh<sup>51</sup> memperbaiki kriteria dari Ibnu Maimun dengan  $10^0 \leq ARCL \leq 25^0$ .

Pada masa selanjutnya al-Biruni<sup>52</sup> pun merekomendasikan pemikiran al-Bttani, bahwa al-Battani mengetahui ada hal yang lebih penting daripada parameter umur bulan (24 jam). Banyak parameter yang harus diperhitungkan karena Hilal tidak hanya tercakup dalam 1 busur ( $arc$ ) saja, tetapi banyak busur yang harus diperhitungkan. Ia pun memberikan perhitungannya dengan

---

51 Tsabit Ibnu Qurroh lahir pada 830 M, ia dikenal sebagai ahli astronomi dan merupakan salah satu penerus karya al-Khawarizmi. Ia pun sempat menerjemahkan karya Plotomeus yaitu *Almagest*. Lihat [http://islamci.mc.gill.ca/RASI/BEA/Tsabit\\_Ibnu\\_Qurro\\_BEA.htm](http://islamci.mc.gill.ca/RASI/BEA/Tsabit_Ibnu_Qurro_BEA.htm). diakses pada 15 Januari 2019 pukul 07.46 WIB

52 Abu Raihan al-Biruni berasal dari Paris, dalam ilmu astronomi beliau dikenal dengan sebutan *Ustadz fi al-Ulm*, ia menemukan teori perputaran Bumi pada porosnya serta teori bujur dan lintang Bumi. Lihat Muhyidin Jhazin, *Kamus Ilmu Falak*, hlm 100

beberapa variabel dan koreksi, termasuk pengaruh dari jarak Bumi – Bulan, bentuk dan lebar Hilal, dan lain-lain. Hal tersebut merupakan sistem kalkulasi matematika yang sangat kompleks.<sup>53</sup> Al-Biruni pun ikut memberikan kontribusinya, ia kemudian mengembangkan konsep visibilitas Hilalnya dengan parameter *ARCL* dan *Daz*.

### 3. Masa Stagnasi Perkembangan Kriteria

Terlepas dari rumitnya sistem yang dikembangkan oleh al—Battani dan astronom lain pada masa ini, pada periode selanjutnya (1000 – 1800 M), kriteria Babilonia pun tetap dipakai oleh para astronom, sebut saja al-Sufi<sup>54</sup> dan al-Kashani.<sup>55</sup> Keduanya mengutip kriteria  $as > 12^0$  dalam buku mereka *Astroglobes* dan *Khaqoni Zij*.<sup>56</sup> Astronom yang lain

---

<sup>53</sup> Lihat Muhammad Ilyas *Lunar Crescent Visibility*, hlm 430 – 433. Lihat pada Mutoha Arkanuddin dan Muh Ma’rufin Sudibyoy, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm 35. Lihat pula Muh Ma’rufin Sudibyoy, *Observasi Hilal*, hlm 124 - 125

<sup>54</sup> Abu al-Rohman al-Sufi mempunyai karya yang terkenal yaitu *al-Kawakib al-Tsabit al-Munawwar (Book on The Constellation)* yang memuat katalog Bintang yang berdasarkan pengamatannya sendiri. Ia wafat pada tahun 986 M. Lihat [http://islamci,mc,gill.ca/RASI/BEA/Sufi\\_BEA.htm](http://islamci,mc,gill.ca/RASI/BEA/Sufi_BEA.htm). Diakses pada 15 Januari 2019 pukul 10.34 WIB

<sup>55</sup> Ghiyats al-Din Jamsyid al-Kashi, ahli astronomi dari wilayah Kasihan Iran. Ia membuat karya yang didedikasikan untuk Ulugh Begh yang berjudul *Khaqoni Zij*. Lihat <http://www.britanica.com/biography/al-Kashi>. Diakses pada 15 Januari 2019 pukul 01.32

<sup>56</sup> Lihat Muhammad Ilyas, *Lunar Crescent Visibility*, hlm 436

juga ada yang berpendapat sama, di antaranya adalah Ibnu Sina<sup>57</sup> dan al-Thusi.<sup>58</sup>

Pada masa selanjutnya, dengan adanya kemunduran politik kekaisaran Islam secara bertahap, kriteria Babilonia pun mulai tidak terpakai lagi secara luas oleh umat Islam dan pada akhirnya dilupakan. Tidak ada perkembangan lagi pada masa ini sampai pada pertengahan abad ke 19 M.

#### 4. Kriteria Modern

Pada pertengahan abad ke 19 M, Schmid<sup>59</sup> (1868) dari Athena membuat pengamatan yang cermat selama 20 tahun dan menghasilkan 72 data Hilal, ia pun mencatat data-data yang berhubungan dengan pengamatan tersebut. Fotheringham<sup>60</sup> (1910) kemudian memakai data-data dari

---

<sup>57</sup> Ibnu Sina dikenal di dunia barat dengan sebutan Avicenna, ia adalah ahli filsafat dan ilmu kedokteran, meskipun seperti itu ia juga paham dengan ilmu astronomi karena sezaman dengan al-Biruni dan sering melakukan diskusi dengan al-Biruni dalam permasalahan astronomi. Ia menemukan pemikiran bahwa bintang-bintang mempunyai cahaya sendiri, tidak seperti Bulan. Lihat [http://islamci.mc.gill.ca/RASI/BEA/Tsabit\\_Ibnu\\_Sina\\_BEA.htm](http://islamci.mc.gill.ca/RASI/BEA/Tsabit_Ibnu_Sina_BEA.htm). diakses pada 15 Januari 2019 pukul 23.10 WIB

<sup>58</sup> Nasiruddin Muhammad al-Thusi adalah seorang ahli astronomi dari Marogh, ia yang membuat observatorium Maragha, ia membuat tabel-tabel astronomi benda-benda langit yang bernama Ijadwal al-Kaniyan. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, hlm 116

<sup>59</sup> Johann Fredrick Julius Schmid, seorang astronom dari Jerman. Lihat "Johann Fredrick Julius Schmid" dalam *Proceedings of The American Academy of Arts and Sciences*, Vol 19 (May, 1883 – May 1884) hlm 564 Diakses dari [http://www.jstor.org/stable/25138755?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/25138755?seq=1#page_scan_tab_contents) pada 15 Januari 2019 pukul 12.06 WIB

<sup>60</sup> John Knight Fotheringham adalah astronom asal British, ia sangat ahli dalam bidang ilmu kronologi Peradaban Babilonia. Lihat <http://www.oxforddnh.com/view/10.103/refndnb/97801986141228.001.0001/odnh-97801986141228-e-33220>. Diakses pada 15 Januari 2019 pukul 12.11 WIB



Schmidi untuk mengembangkan kriteria visibilitas Hilal dengan variable ketinggian dan azimuth, mengikuti parameter yang sebenarnya telah ditemukan oleh al-Biruni. Selanjutnya kriteria Fotherigham direvisi oleh Mounder<sup>61</sup> (1911) dengan menambahkan beberapa pengamatan dari Indian Astronomical Ephemeris oleh Carl Schooch,<sup>62</sup> dan terbentuklah kriteria Fotherigham – Mounder dengan  $ARCV \geq -0.01 Daz^2 - 0.05 Daz + 10$ ,<sup>63</sup> atau dapat dilihat dari tabel berikut :<sup>64</sup>

Tabel 1. Kriteria Fotherigham – Mounder

$DAz$	$0^0$	$5^0$	$10^0$	$15^0$	$25^0$
$ARCV$	11	10,5	9,5	8	6

Kriteria ini menjadi acuan kriteria visibilitas Modern meskipun dalam realisasinya kriteria ini tidak benar-benar dipakai dalam kalender Hijriah.<sup>65</sup> Kriteria ini secara fungsional lebih fleksibel karena bisa diaplikasikan untuk

---

<sup>61</sup> Edwerd Walter Moulder adalah ahli astronomi khususnya dalam bidang *sunspot* dan *solar magnetic*. Lihat <http://www.britanica.com/place/sun/solar/activity#ref1027849>. Diakses pada 15 Januari 2019 pukul 12.12 WIB

<sup>62</sup> Ia adalah peneliti dari Coastswise Science, ia ahli dibidang atmosfer dan kelautan. Lihat Muhammad Ilyas, *Lunar Crescent*, hlm 436

<sup>63</sup> Muh Ma'rufin Sudiby, *Observasi Hilal*, hlm 125

<sup>64</sup> BD Yallop, *A Methode for Predicting The Firs Sigtingof The New Crescent Moon*, NAO Techival Note No.69. 1997, hlm 2

<sup>65</sup> Zainal, *A Selective Literature Rewiew of Young Moon Crescent Visibility Studies*, ICOP, hlm 3. Dikiutip oleh Muh Ma'rufin Sudiby, *Observasi...*, hlm 125

kawasan yang lebih luas, dan tidak terbatas pada lingkup tertentu saja sebagaimana kriteria visibilitas Hilal klasik.<sup>66</sup>

Pada periode 1932-1936, Danjon<sup>67</sup> juga meneliti visibilitas Bulan sabit dengan menggunakan 75 data pengukuran untuk memahami pengaruh *ARCL* terhadap panjang sabit, dan ia menemukan bahwa pada  $ARCL < 7^0$  nilai panjang sabit adalah 0 (tidak ada Hilal terbentuk) dan nilai  $ARCL \geq 7^0$  kemudian dijadikan sebagai batas visibilitasnya (Danjon Limit).<sup>68</sup>

Penelitian terhadap visibilitas Hilal memasuki ranah yang lebih modern lagi, Bruin<sup>69</sup> (1977) menyajikan kriteria yang berdasarkan teori-teori yang berkembang pada masa peradaban Islam, Bruin juga mempertimbangkan beberapa variabel baru seperti kecerahan langit senja, kontras yang dapat dilihat, intensitas cahaya Hilal, dan lain-lain. Sistem ini dianggap cukup akurat dan juga memungkinkan seseorang untuk menentukan durasi visibilitas Hilal di tempat-tempat

---

<sup>66</sup> Muh Ma'rufin Sudibyo, *Observasi Hilal*, hlm 125

<sup>67</sup> Andre Luis Danjon adalah astronom asal Prancis, ia adalah direktur dari *Observatory of Starsbrough*. Lihat <http://www.britanica.com/biography/Andre-Louis-Danjon>. Diakses pada 15 Januari 2019 pukul 12.14 WIB

<sup>68</sup> Lihat Louay J. Fatoohi, dll, *The Danjon Limit of First Visibility of The Lunar Crescent*, The Observatory, Volume 118, 1998, hlm 67

<sup>69</sup> Frans Bruin, astronom asal Amsterdam, seorang pengajar di Otto Neugebauer, seorang peneliti di American University. Lihat David A. King "Frans Bruin" dalam *Journal for The History of Astronomy*, Vol 33, Part 2, No 111, 2002, hlm xxxiii

tertentu.<sup>70</sup>Bruin memperkenalkan kriteria visibilitasnya dengan parameter  $w$  dan  $ARCV$ ,  $ARCV > 12,4023 - 9,4878 W + 3,9512 W^2 - 0,5632 W^3$ , dapat pula dilihat dari tabel berikut:<sup>71</sup>

Tabel 2. Kriteria Visibilitas Hilal Bruin

$W$	0,3 <sup>0</sup>	0,5 <sup>0</sup>	0,7 <sup>0</sup>	1 <sup>0</sup>	2 <sup>0</sup>	3 <sup>0</sup>
$ARCV$	10	8,4	7,5	6,4	4,7	4,3

Ia mengikuti langkah yang telah ditempuh oleh al-Biruni, kriteria baru ini dinamakan kriteria Bruin. Kriteria Bruin dapat juga ditransformasikan menjadi  $ARCV \geq 0,03 DA_z^2 + 0,14 DA_z + 10,136$ .<sup>72</sup> Kriteria ini kemudian menjadi acuan bagi perkembangan kriteria visibilitas Hilal modern yang muncul pada masa selanjutnya.

Ilyas<sup>73</sup> (1994) mengembangkan kriteria Bruin dengan merevisi nilai  $W$  dari 0,5 menjadi 0,25. Menurut Ilyas jika perubahan tersebut ditetapkan, maka nilai  $ARCL$  minimum kriteria Bruin akan sesuai dengan  $ARCL$  minimum kriteria Fotheringham – Mounder, dan pengembangan ini menurut Ilyas membuat kriteria Fotheringham – Mounder bisa

---

<sup>70</sup> Muhammad Ilyas, *Lunar Crescent Visibility*, hlm 436

<sup>71</sup> BD Yallop, *A Mhetode.....*, hlm 2

<sup>72</sup> Muh Ma'rufin Sudiby, *Observasi Hilal*, hlm 125

<sup>73</sup> Muhammad Ilyas merupakan ahli falak dari Malaysia, seorang pelopor dari terbentuknya kalender global. Muhammad Ilyas, *Sistem Kalender Islam*, hlm 135 - 155

diaplikasikan lebih luas lagi dibandingkan sebelumnya, sehingga dapat mencakup daerah-daerah kawasan lintang tinggi (kriteria global). Pengembangan yang dilakukan oleh Ilyas membuat kriteria baru yang disebut kriteria komposit Ilyas.<sup>74</sup>

Pengembangan paling baru dilakukan oleh Yallop<sup>75</sup> dan Odeh<sup>76</sup> (2004). Yallop menggunakan 295 data observasi dari Bredly Schaefer,<sup>77</sup> sementara Odeh menggunakan ratusan data (737 data) terdiri dari : 294 data observasi Bredly Scheafer (AS), 6 data observasi Jim Stamm (AS), 47 data observasi SAAO (South African Astronomy Observatory), 15 data observasi Mohsen Mirsaid (Iran), 57 data observasi Alireza Mahreni (Iran), dan 323 data observasi ICOP (Islamic Crescent Observation Project) sejak 1998.<sup>78</sup>

---

<sup>74</sup> Muh Ma'rufin Sudibyoy, *Observasi Hilal*, hlm 126. Pemikiran Ilyas kemudian berkembang ke ranah penyatuan kalender Islam internasional dengan konsep ILDLnya. Sejak saat itu sampai sekarang kalender islam universal terus dikaji dan dikembangkan. Kajian terakhir dilakukan 19 -19 Februari 2013 dan 28 – 30 Mei 2016 di Turki, serta 28 – 30 November 2017 di Indonesia. Lihat pula Muhammad Ilyas, *Sistem Kalender Islam*, hlm 135 - 155

<sup>75</sup> Bernad. B. Yallop merupakan salah seorang tokoh yang mengembangkan teori visibilitas Hilal, yang mana kriteria yang ia buat dikenal dengan sebutan Yallop's Crescent. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, hlm 241

<sup>76</sup> Muhammad Syawkat Oudah, merupakan astronom asal Yordania, ia menciptakan aplikasi yang sangat terkenal yaitu Accurate Time dan pengagas ICOP. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, hlm 148

<sup>77</sup> BD. Yallop, *A Methode for Predicting*, hlm 4

<sup>78</sup> Muhammad SH. Odeh, *New Criterion of Lunar Crescent Visibility*, *Experimental Astronomy*, 2004, hlm 43

Yallop membentuk ulang kriteria Bruin dengan menerapkan perubahan kondisi *topocentric* untuk variabel  $W$ ,<sup>79</sup> sementara Odeh memperbaiki kriteria Yallop dengan menyusun kriteria secara *topocentric* (untuk variabel  $ARCV$  dan  $W$ ) dan *airless*.<sup>80</sup>

Ada hal menarik yang ada pada kriteria Yallop dan Odeh, selain menerapkan kondisi *topocentric* pada variabelnya, mereka juga membuat kriteria yang dikelompokkan berdasarkan pada kondisi pengamat, yaitu: terlihat dengan mata telanjang, terlihat dengan alat optik (mungkin terlihat dengan mata telanjang), hanya terlihat dengan alat optik, dan tidak terlihat. Yallop mendefinisikan hal tersebut dengan;  $q = ARCV - (11,8371 - 6,3226 W + 0,7319 I W^2 - 0,1018 W^3) / 10$  sementara itu Odeh mendefinisikannya dengan bentuk  $V = ARCV - (-0,1018 W^2 + 0,7319 W^3 - 6,3226 W + 7,1651)$ .<sup>81</sup> Kriteria tersebut diteraokan dalam parameter berikut :

Tabel 3. Kriteria Visibilitas Hilal Yallop ( $q$ ) dan Odeh ( $V$ )

<b>Visibilitas Hilal</b>	<b>Q</b>	<b>V</b>
Terlihat dengan mata telanjang	$q > 0,216$	$V \geq 5,56$

<sup>79</sup> BD. Yallop, *A Methode for Predicting*, hlm 5

<sup>80</sup> Toposentrik : kondisi pengamat di atas permukaan Bumi, *airless* : mengabaikan kondisi atmosfer. Lihat Muhammad Odeh. *New Critarion....*, hlm 43

<sup>81</sup> BD. Yallop, *A Methode for Predicting*, hlm 11

Terlihat dengan alat optik (mungkin terlihat dengan mata telanjang )	0,014 $<q \leq 0,216$	$2 \leq V$ $< 5,56$
Hanya terlihat dengan alat optik	$-0,232 < q \leq -$ 0,014	$-0,96 \leq$ $V < 2$
Tidak terlihat	$q \leq -0,232$	<u><math>V &lt; -0,96</math></u>

Sebelum adanya kriteria yang dikenal oleh Odeh, pada tahun 2001 South African Astronomical Observatory (SAAO) yang dipelopori oleh Caldwell dan Lamey juga membuat kriteria berdasarkan pengamatan Scheafer. Hasil dari penelitian tersebut membuahkan kriteria yang berbeda untuk pengamatan dengan mata telanjang dan dengan alat optik namun secara umum kriteria tersebut memiliki nilai  $ACRV > 4^0$ .<sup>82</sup>

##### 5. Kriteria Visibilitas Hilal di Indoneisa

Sebelum adanya pembahasan mengenai kriteria *Imkan ar-Ru'yah* oleh Pemerintah Indonesia, sebenarnya sudah ada literatur dalm kitab klasik yang membicarakan hal tersebut. Dalam *al-Khulāshah al-Wafiyah* karya Zubaer Umar al-Jaelany<sup>83</sup> Disebutkan bahwasannya masing-masing ahli falak memiliki kriteria yang berbeda-beda dalam hal batas

---

<sup>82</sup> John AR Caldwell dan C David Lamey, *First Visibility of Lunar Crescent*, Astronomical Society of South Africa, 2001, hlm 151. Lihat pula Muhammad SH Odeh, *Mew Crirerion....*, hlm 40

<sup>83</sup> Zubaer Umar al-Jaelany merupakan ahli falak dari Bojonegoro Jawa Timur Indonesia, pengarang kitab *al-Khulāshoh al-Wafiyah fi al-Falak bi al-Jadwal al-Lughoritmiyah*. Lihat Muhyidin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, hlm 118

*Imkan ar-Ru'yah*. Dalam kitab *Sullam an-Nayyirain* karya Mansur al-Batawi<sup>84</sup> dikemukakan bahwa ada pendapat yang menyatakan bahwa kriteria *Imkan ar-Ru'yah* adalah tinggi minimal Hilal sebesar  $\frac{2}{3}$  *manzilah*, 1 *manzilah* adalah 13 derajat, 8 derajat 13 menit atau kurang dari 13 derajat, ada juga yang berpendapat bahwa nilai tinggi harus mencapai 7 derajat, sedangkan yang lain mengatakan tingginya minimal 6 derajat.<sup>85</sup>

Pembahasan mengenai *Imkan ar-Ru'yah* oleh Pemerintah dimulai sejak tahun 1991, terbentuk berawal dari pertemuan-pertemuan tidak resmi oleh MABIMS dan menghasilkan kriteria rukyat dengan tinggi Hilal *mar'i* (Ht)  $\geq 2^0$  dan umur Bulan  $\geq 8$  jam atau  $ARCL \geq 3^0$ .<sup>86</sup> Thomas Djamaluddin mengungkapkan bahwa kriteria itu berdasarkan pengamatan empiric rukyat hilal pada Ramadan 1394 H, ada 10 saksi di tiga tempat yang berbeda yang menyatakan melihat Hilal. Pada saat itu nilai  $DAz = 6^0$  dari nilai  $ARCL =$

---

<sup>84</sup> Muhammad Mansur atau yang lebih dikenal dengan Guru Mansur adalah ahli falak asal Betawi Jakarta. Salah satu akarya yang fenomenal dalam ilmu falak adalah *Sulam an-Nayyiroin*. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, hlm 110-111

<sup>85</sup> Ahmad Izzuddin, *Fikih Hisab Rukyat; Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri, dan Idul Adha*, Jakarta ; Erlangga, 2001, hlm 15

<sup>86</sup> Ahmad Izzuddin, *Kesepakatan untuk Kebersamaan*, makalah Lokakarya Internasional dan Call for Paper Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo Semarang di Hotel Siliwangi 12-13 Desember 2013, hlm 10

6,8<sup>0</sup> nilai ini sama dengan nilai limit Danjon.<sup>87</sup> Kriteria tersebut diperkuat dengan diadakannya Lokakarya Musyawarah Kerja Hisab Rukyat di Cisarua Bogor baik tahun 1998 maupun 2011.

Di samping kriteria MABIMS, di Indonesia juga dikenal kriteria-kriteria lain, yaitu kriteria LPAN dan kriteria RHI. Dalam perumusannya, kriteria LPAN memakai kompilasi data penetapan awal bulan oleh Kementerian Agama Republik Indonesia dan menghasilkan kriteria dengan umur Hilal  $> 8$  jam,  $ARCL > 5,6^0$  dan  $ARCV > 3^0$ . Kriteria tersebut berlaku untuk  $DAz \geq 6^0$  dan jika  $DAz \leq 6^0$  maka memerlukan nilai  $ARCV$  yang lebih besar lagi<sup>88</sup>

RHI pun mempunyai kriteria dengan hasil pengamatannya sendiri dari tahun 2007 – 2009 dengan data sebanyak 174 data, terdiri dari 107 visibilitas positif dan 67 visibilitas negatif dan menghasilkan visibilitas dengan ketinggian minimum 5<sup>0</sup> pada  $DAz$  7,5<sup>0</sup> sampai tinggi Hilal 10,4<sup>0</sup> pada  $DAz$  0<sup>89</sup>

---

<sup>87</sup> Thomas Djameluddin, *Menggagas Fikih Astronomi; Telaah Hisab Rukyat dan Pecarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, Bandung, Penerbit Kaki Langit, 2005, hlm 61 Dalam literatur lain ditemukan bahwa kriteria ini didasarkan pada rukyatul hilal Syawal 1404 H. Lihat Mutoha Arkanuddin dan Muh Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm 39

<sup>88</sup> Thomas Djameluddin, *Astronomi Memberi Solusi....*, hlm 18

<sup>89</sup> Mutoha Arkanuddin dan Muh Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm 40



### BAB III

#### BMKG, ATMOSFER, DAN VISIBILITAS HILAL

##### A. Eksistensi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

BMKG merupakan singkatan dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Pada awalnya BMKG bernama BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika) yang didirikan pada tahun 1841 oleh Dr. Onnen Konihklijk seorang Kepala Rumah sakit di Bogor melalui pengamatan yang di lakukannya. Kegiatan ini selalu berkembang sesuai dengan semakin dibutuhkannya data-data hasil pengamatan cuaca dan geofisika tersebut. Selanjutnya pada tahun 1866, kegiatan yang hanya bersifat individu tersebut diresmikan oleh Pemerintah Hindia Belanda menjadi instansi Pemerintah yang bersifat resmi dengan nama *Magnetisch en Meteorologisch Observatorium* atau *Observatorium Magnetik dan Meteorologi* dipimpin oleh Dr. Bergsma sebagai Direktur I.<sup>1</sup>

Guna mengembangkan instansi ini, pada tahun 1879 dibangun sebuah jaringan penakar hujan sebanyak 74 stasiun pengamatan di pulau Jawa, dan 44 stasiun di luar Jawa. Hingga pada akhirnya tahun 1902 pengamatan medan magnet bumi dipindahkan dari Jakarta ke Bogor. Pengamatan yang dilakukan pun mulai mengalami perkembangan, hal ini terbukti dengan

---

<sup>1</sup> BMG, *Pelayanan Meteorologi dan Geofisika di Indonesia*, Jakarta: BMG, hlm : 4

adanya pengamatan gempa bumi yang mulai dilakukan pada tahun 1908.<sup>2</sup>

Pada saat Jepang menduduki Indonesia tahun 1942 sampai dengan 1945, nama instansi ini diganti menjadi *Kisho kauso kusho*. Akan tetapi setelah kemerdekaan Indonesia pada tahun 1945, instansi ini dipecah menjadi dua yakni *pertama* Biro Meteorologi yang berada di lingkungan Markas Tertinggi Tentara Rakyat Indonesia di Yogyakarta. *Kedua* Jawatan Meteorologi dan Geofisika yang dibentuk dibawah Kementerian Pekerjaan Umum dan Tenaga di Jakarta.<sup>3</sup>

Hingga pada tanggal 21 Juli 1947, ketika Belanda menguasai Indonesia untuk kedua kalinya, Jawatan Meteorologi dan Geofisika diambil alih oleh Pemerintah Belanda dan namanya diganti menjadi *Meteorologisch en Geofisiche Dienst*. Sementara itu, ada juga Jawatan Meteorologi dan Geofisika yang dipertahankan oleh Pemerintah Republik Indonesia, yang bertempat di Jl. Gondangdia, Jakarta. Pada akhirnya ketika penyerahan Negara Republik Indonesia oleh Belanda yakni pada tahun 1949, *Meteorologisch en Geofisiche Dienst* diubah menjadi Jawatan Meteorologi dan Geofisika dibawah pengawasan Departemen Perhubungan dan Pekerjaan Umum.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> BMG, *Pelayanan.....*, hlm : 4-5.

<sup>3</sup>BMG Departemen Perhubungan, *Mengenal Badan Meteorologi dan Geofisika Departemen Perhubungan*, Jakarta: BMG Dep. Perhubungan, hlm : 2

<sup>4</sup> BMG Departemen Perhubungan, *Mengenal .....*, hlm : 2-3.

Selanjutnya pada tahun 1951, Indonesia secara resmi masuk sebagai anggota Organisasi Meteorologi Dunia (*World Meteorological Organization* atau (*WMO*), dan Kepala Jawatan Meteorologi dan Geofisika menjadi *Permanent Representative of Indonesia with WMO*.<sup>5</sup> Jawatan Meteorologi dan Geofisika diubah namanya menjadi Lembaga Meteorologi dan Geofisika dibawah pengawasan Departemen Perhubungan pada tahun 1955. Pada tahun 1960, namanya diubah menjadi Direktorat Meteorologi dan Geofisika di bawah Departemen Perhubungan Udara.<sup>6</sup>

Pada tahun 1972, Direktorat ini diganti namanya menjadi Pusat Meteorologi dan Geofisika, sebuah instansi setingkat eselon II di bawah Departemen Perhubungan, dan pada tahun 1980 statusnya dinaikan menjadi suatu instansi setingkat eselon I dengan nama Badan Meteorologi dan Geofisika, yang masih tetap berada di bawah Departemen Perhubungan.<sup>7</sup> Pada tahun 2002, struktur organisasinya diubah menjadi Lembaga Pemerintah non Departemen (LPND) dengan nama tetap Badan Meteorologi dan Geofisika. Sesuai dengan keputusan Presiden RI Nomor 46 dan 48 tahun 2002.<sup>8</sup> Akan tetapi nama lembaga ini tidak mengalami

---

<sup>5</sup> Karena sejak tahun 1950 mulai dikembangkan pengumpulan data klimatologi, tanda waktu, seismologi dan magnet Bumi. *Ibid.* hlm.2

<sup>6</sup> [http://www.bmkg.go.id/BMKG\\_Pusat/Profil/Sejarah.bmkg](http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Profil/Sejarah.bmkg). diakses pada hari Selasa. 26 April 2019.

<sup>7</sup>[http://www.bmkg.go.id/BMKG\\_Pusat/Profil/Sejarah.bmkg](http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Profil/Sejarah.bmkg). diakses pada hari Selasa. 26 April 2019

<sup>8</sup> Berdasarkan keputusan Presiden tersebut, BMG mempunyai tugas pemerintahan di bidang Meteorologi, Klimatologi, Kualitas Udara, dan Geofisika sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Lihat BMG, *Pelayanan.....*, hlm : 2-3.

perubahan. Badan ini kemudian diganti namanya menjadi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dengan status tetap, yakni sebagai lembaga Pemerintah Non Departemen. Keputusan ini melalui Peraturan Presiden Nomor 61 tahun 2008.<sup>9</sup>

Pada akhirnya BMKG mulai menunjukkan eksistensinya dengan adanya Undang-Undang Republik Indonesia No. 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika yang disahkan oleh Presiden Republik Indonesia, Susilo Bambang Yudhoyono. Sekarang ini di BMKG ada 4 deputi, yaitu : Deputi Meteorologi, Deputi Geofisika, Deputi Klimatologi, dan Deputi Instrumen, Kalibrasi, Engineering dan Komunikasi.<sup>10</sup>

#### 1. Tugas dan Fungsi BMKG.

Tugas BMKG yakni melaksanakan tugas Pemerintahan di bidang meteorologi, klimatologi, kualitas Udara dan geofisika sesuai dengan ketentuan perundang-undangan yang berlaku.<sup>11</sup> Dalam kesehariannya BMKG menyelenggarakan fungsinya sebagai berikut:

- a. Perumusan kebijakan nasional dan kebijakan umum di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.

---

<sup>9</sup> Selengkapnya lihat Peraturan Presiden Nomor 61 tahun 2008 di Lampiran.

<sup>10</sup> [http://www.bmkg.go.id/BMKG\\_Pusat/Profil/Sejarah.bmkg](http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Profil/Sejarah.bmkg). diakses pada hari Sabtu 26 April 2019

<sup>11</sup>

[http://www.bmkg.go.id/BMKG\\_Pusat/Profil/Tugas\\_dan\\_Fungsi.bmkg](http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Profil/Tugas_dan_Fungsi.bmkg). diakses pada hari sabtu 26 April 2019 pkl 10:00.

- b. Perumusan kebijakan teknis di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.
- c. Koordinasi kebijakan, perencanaan dan program di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.
- d. Pelaksanaan, pembinaan dan pengendalian observasi, dan pengolahan data dan informasi di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.
- e. Pelayanan data dan informasi di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.
- f. Penyampaian informasi kepada instansi dan pihak terkait serta masyarakat berkenaan dengan perubahan iklim.
- g. Penyampaian informasi dan peringatan dini kepada instansi dan pihak terkait serta masyarakat berkenaan dengan bencana karena factor meteorologi, klimatologi, dan geofisika.
- h. Pelaksanaan kerja sama internasional di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.
- i. Pelaksanaan penelitian, pengkajian, dan pengembangan di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.
- j. Pelaksanaan, pembinaan, dan pengendalian instrumentasi, kalibrasi, dan jaringan komunikasi di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.

- k. Koordinasi dan kerja sama instrumentasi, kalibrasi, dan jaringan komunikasi di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.
- l. Pelaksanaan pendidikan dan pelatihan keahlian dan manajemen pemerintahan di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.
- m. Pelaksanaan pendidikan profesional di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.
- n. Pelaksanaan manajemen data di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.
- o. Pembinaan dan koordinasi pelaksanaan tugas administrasi di lingkungan BMKG.
- p. Pengelolaan barang milik/kekayaan negara yang menjadi tanggung jawab BMKG.
- q. Pengawasan atas pelaksanaan tugas di lingkungan BMKG.
- r. Penyampaian laporan, saran, dan pertimbangan di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.<sup>12</sup>

Dalam melaksanakan tugas dan fungsinya, BMKG bertanggungjawab kepada Menteri Perhubungan.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Tugas – tugas ini diputuskan dalam Peraturan Presiden No 61 tahun 2008, pada Bab I pasal 3. Lihat lampiran.

<sup>13</sup> BMG Departemen Perhubungan, *Mengenal Badan Meteorologi dan Geofisika Departemen Perhubungan*, Jakarta: BMG Dep. Perhubungan, hlm. 4

## 2. Struktur Organisasi

BMKG dipimpin oleh seorang Kepala berada di bawah dan bertanggung jawab kepada Presiden. BMKG memiliki 4 deputi sebagai berikut:

- a. Deputi Bidang Meteorologi.
- b. Deputi Bidang Klimatologi.
- c. Deputi Bidang Geofisika.
- d. Deputi Bidang Instrumentasi, Kalibrasi, Rekayasa dan Jaringan Komunikasi.<sup>14</sup>

### **B. Atmosfer.**

#### 1. Definisi Atmosfer

Lapisan udara yang melindungi Bumi disebut atmosfer,<sup>15</sup> atmosfer juga melindungi manusia dari sinar Matahari dan meteor-meteor. Keberadaan atmosfer memperkecil perbedaan siang dan malam, atmosfer yang menutupi Bumi dan menjerat panas sehingga lebih lambat bergerak ke ruang angkasa dan mengurangi angin udara pada malam hari. Atmosfer Bumi merupakan selubung gas yang menyelimuti permukaan padat dan cair pada Bumi, selubung ini membentang ke atas (vertikal) sejauh beratur-ratus kilometer dan akhirnya bertemu dengan medium yang

---

<sup>14</sup> Di kutip dari Buklet “*BMKG*” yang di bagikan ketika acara Kuliah Kerja Lapangan pada hari Selasa 2 April 2013

<sup>15</sup> Dalam bahasa arab disebut *jawun* yang diartikan sebagai angkasa. Diartikan sebagai gas penyelimut suatu benda langit. Lihat Muhyidin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Jogjakarta, Buana Pustaka, 2005, hlm 40

berkecepatan rendah dalam sistem tata surya yang sebaliknya dapat dianggap sebagai perluasan korona Matahari.<sup>16</sup>

Atmosfer berasal dari dua kata Yunani yaitu, *atmos* berarti uap dan *sphaira* berarti bulatan,<sup>17</sup> jadi atmosfer adalah lapisan gas yang menyelubungi bulatan Bumi. Atmosfer adalah lapisan gas atau campuran gas yang menyelimuti dan terikat pada Bumi oleh gaya gravitasi Bumi,<sup>18</sup> campuran gas ini dinamakan udara.<sup>19</sup> Udara adalah campuran berbagai unsur dan senyawa kimia, beberapa ahli filsafat Yunani dahulu menganggap bahwa udara merupakan unsur utama, terdiri dari zat dasar yang tak dapat dibagi lagi menjadi unsur pokok yang merupakan usul semua benda.<sup>20</sup>

Atmosfer Bumi mempunyai ketebalan sekitar 1000 km yang dibagi menjadi lapisan-lapisan berdasarkan profil temperatur, sifat atmosfer, sifat radioelektronik, dan lain-lain. Karena sebaran panas tidak sama di atmosfer, maka terjadi gejala-gejala cuaca yaitu dari angin lemah sampai sangat kencang di dalam badai atau siklon, dari cuaca cerah, cuaca

---

<sup>16</sup>Ardina Parbo “Memahami Lingkaran Atmosfer Kita”, Bandung, ITB Bandung, 1995, edisi II, hlm 30

<sup>17</sup> Bayong Tjasyono, *Meteorologi Indonesia 1 (Karakteristik dan Sirkulasi Atmosfer)*, Jakarta, Badan Meteorologi dan Geofisika, 2006, hlm 19

<sup>18</sup> Arief Suryantoro, dkk, “Analisis Karakteristik Atmosfer di Wilayah Belitung dan Sekitarnya Berbasis Observasi Satelit EOS Aqua dan TRMM serta Luaran Model CCAM Periode 1998 – 2013”, *Jurnal Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng dan DIY, Yogyakarta, 15 April 2015*, hlm 351

<sup>19</sup> Susilo Prawiropradoyo, *Meteorologi*, Bandung, Penerbit ITB, 1996, hlm 1

<sup>20</sup> Morris Neiburger, *Understanding.....*, hlm 39



berawan, sampai hujan deras (*shower*). Kajian tentang deskripsi dan pemahaman fenomena atmosfer disebut Sains Atmosfer yang secara tradisi dibagi dua menjadi meteorologi dan klimatologi

Atmosfer tropis<sup>21</sup> mencakup daerah 23,5<sup>0</sup> U (tropis cancer) dan 23,5<sup>0</sup> S (tropis capricorn). Ahli meteorologi sering memakai batas lain untuk mendefinisikan atmosfer tropis dengan memakai sumbu sel tekanan tinggi subtropis yaitu batas sirkulasi atmosfer yang didominasi oleh angin timuran di tropis dan angin baratan di subtropis. Batas dari atmosfer tropis adalah lintang 30<sup>0</sup> U dan 30<sup>0</sup> S yang disebut “lintang kuda” (*horse latitude*). Atmosfer ekuatorial<sup>22</sup> dapat didefinisikan sebagai atmosfer yang dibatasi oleh lintang 10<sup>0</sup> U dan 10<sup>0</sup> S. Jadi atmosfer di atas Indonesia dapat dikatakan atmosfer ekuatorial.<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> Istilah tropis tidak mempunyai arti yang eksak. Ilmuan menemukan kata “tropis” dari tropis cancer (23,5 U) dan tropis capricorn (23,5 S) yang menunjukkan batas jarak semu Matahari yaitu ketika Matahari berada pada lintang 23,5 U yang disebut garis balik utara pada tanggal 23 Juni dan ketika berada pada lintang 23,5 S yang disebut garis balik selatan pada tanggal 22 Desember. Lihat Bayong Tjasyono HK, *Mikrofisika Awan dan Hujan*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta 2007, hlm 3

<sup>22</sup> Daerah ekuatorial merupakan daerah yang dibatasi lintang 10 U dan 10 S atau daerah yang dibatasi oleh Coriolis =  $2 \sin 2 \times 7,29 \times 10^5 \times \sin 10 = 14,58 \times 10^5 \times 0,174 = 2,5 \times 10^5$ . Lihat Bayong Tjasyono HK, *Mikrofisika Awan.....*, hlm 3

<sup>23</sup> Bayong Tjasyono, *Meteorologi Ind.....*, hlm 19

## 2. Komposisi Atmosfer

Tanpa atmosfer, manusia, hewan, dan tumbuhan akan mati. Atmosfer bertindak sebagai pelindung kehidupan di Bumi dari radiasi Matahari yang kuat pada siang hari dan mencegah hilangnya panas ke ruang angkasa pada malam hari.<sup>24</sup> Sangat beruntung bahwa atmosfer menyebabkan hambatan benda-benda yang bergerak melaluinya, sehingga sebagaimana meteor yang melalui atmosfer akan menjadi panas dan hancur sebelum mencapai permukaan Bumi. Atmosfer bersifat dapat dimampatkan (*compressible*) sehingga lapisan atmosfer bawah lebih padat daripada lapisan di atasnya, akibatnya tekanan udara berkurang dengan ketinggian. Massa total atmosfer adalah sekitar  $56 \times 10^{14}$  ton, setengah dari massa tersebut kira-kira terletak di bawah 6.000 m dan lebih dari 99%nya terletak di bawah ketinggian 35.000 m dari permukaan Bumi.

Lapisan atmosfer merupakan campuran dari gas-gas yang tidak tampak dan tidak berwarna, empat gas yaitu nitrogen, oksigen, argon, dan karbondioksida meliputi hampir 100% dari volume udara kering (lihat tabel 2.1). Gas lain yang stabil seperti neon, helium, metan, kripton, hidrogen, xenon dan kurang stabil termasuk ozon dan radon juga terdapat di atmosfer dalam jumlah yang kecil.<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Bayong Tjasyono, *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*, Bandung, Remaja Rosdakarya, 2009, cet II, hlm 115

<sup>25</sup> Bayong Tjasyono, *Meteorologi Ind.....*, hlm 120

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 musim panas, serta di daerah perairan atau daratan dan dataran rendah maupun tinggi.<sup>26</sup>

Tabel 4. Gas dalam udara kering<sup>27</sup>

Macam Gas	Unsur Gas	Fraksi Volume
Gas Utama	N <sub>2</sub>	78,09%
	O <sup>2</sup>	20,95%
	Ar	0,93%
	CO <sup>2</sup>	0,03%
Gas Minor		
1. Permanen	Ne	18 ppm
	He	5 ppm
	Kr	1 ppm
	Ae	0,09 ppm
2. Semi Permanen	CH <sub>2</sub>	1,5 ppm
	CO	0,1 ppm

---

<sup>26</sup> Handoko, *Klimatologi Dasar*, Jakarta, Dunia Pustaka Jaya, 1995, hlm 13

<sup>27</sup> Bayong Tjasyono, *Meteorologi Ind.....*, hlm 20. Lihat juga Benyamin Lakitan, *Dasar-dasar Klimatologi*, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Palembang, 1993, hlm 6

	H <sub>2</sub>	0,5 ppm
	N <sub>2</sub> O	0,25 ppm
3. Variabel	O <sub>2</sub>	Sampai dengan 10 ppm di Ozonosfer (stratosfer), 5-500 ppb dalam udara tak terpolusi. Sampai dengan 500 ppb dalam udara terpolusi di permukaan tanah
	H <sub>2</sub> S	0,2 ppb di atas tanah
	SO <sub>2</sub>	0,2 ppb di atas tanah
	NH <sub>2</sub>	6 ppb di atas tanah
	NO <sub>2</sub>	100 ppb di atas tanah

Simbol ppm dan ppb menyatakan satuan konsentrasi “*part per mollar*” dan “*part per billion*”. Satuan-satuan ini biasanya dipakai untuk menyatakan gas perunut (*trace gases*), “*part*” diartikan sebagai bagian volume (*part of volume*) :

$$\text{Jadi. } 1 \text{ ppm} = \frac{1}{10^6} = 10^{-6} \qquad 1 \text{ ppb} = \frac{1}{10^9} = 10^{-9}$$

bagian volume

$$1 \text{ percent} = \frac{1}{10^2} = 10^{-2} \quad = 10^4 \text{ ppm} = 10^7$$

bagian volume.

Dari waktu tinggal di atmosfer, maka unsur-unsur udara dapat diklasifikasikan menjadi 3 golongan :<sup>28</sup>

- a. Gas permanen dengan waktu tinggal sangat lama, misalnya waktu tinggal He adalah 2 juta tahun.
- b. Gas semi permanen dengan waktu tinggal beberapa bulan sampai tahun, misalnya  $\text{CO}_2 = 0,25$  tahun dan  $\text{CH}_2 = 3$  TAHUN
- c. Gas variabel dengan waktu tinggal dari beberapa hari sampai minggu, Unsur-unsur ini adalah gas aktif secara kimia, siklusnya berkaitan dengan siklus air (cuaca), misalnya waktu tinggal uap air berorde 10 hari,  $\text{SO}_2$  BERORDE 5 HARI, dan  $\text{NH}_2$  berorde 1 sampai 4 hari.

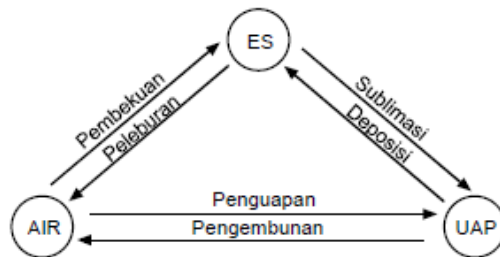
Sampai pada ketinggian lebih dari 60 km, proporsi gas relatif masih tetap, kecuali fase gas air (uap air). Sekitar 999% didominasi oleh gas nitrogen dan oksigen. Proporsi gas di atmosfer berubah jika udara ditinjau bersama dengan komposisi uap airnya. Secara praktis, atmosfer dapat berada pada tempat yang langka uap air dan pada tempat lain jumlah uap air (kebasahan) dapat mencapai 4%. Meskipun berat molekulen uap air lebih kecil dari pada berat molekulen beberapa gas lain, namun uap air ini berada dalam ketebalan beberapa kilometer atmosfer paling bawah. Hal ini dapat

---

<sup>28</sup> Bayong Tjasyono, *Meteorologi Ind.....*, hlm 21

dimengerti bila disadari bahwa sumber air atmosferik secara langsung adalah lautan yang mencakup 70% luas permukaan Bumi dan bahwa temperatur udara atas di dalam troposfer sangat dingin sehingga air tidak dapat mempertahankan wujudnya dalam bentuk gas. Air di atmosfer dapat berada dalam ketiga wujud (fase). Perubahan fase cair (air) menjadi gas (uap air) disebut penguapan (evaporosi) dan sebaliknya disebut pengembunan (kondensasi), perubahan fase cair menjadi padat (es) disebut pembekuan dan sebaliknya disebut pencairan, perubahan fase es menjadi gas disebut sublimasi dan sebaliknya disebut deposisi.<sup>29</sup>

Gambar 1. Perubahan fase air



Di samping unsur-unsur gas yang disajikan pada tabel 3.1, atmosfer yang mengandung jenis bahan yang bukan bagian dari komposisi gas. Beberapa dari jenis bahan ini adalah partikel garam, partikel debu, dan partikel tetes air. Bila uap air yaitu bagian dari udara natural (alam) berubah menjadi

<sup>29</sup> Bayong Tjasyono, *Meteorologi Ind.....*, hlm 21

partikel cair atau padat (partikel air dan es), maka partikel-partikel ini menjadi benda asing dalam atmosfer, dan menyebabkan awan, hujan, kabut, salju, embun, dan batu es (*haliston*). Perubahan uap air di udara menjadi sangat penting dalam menentukan kondisi cuaca.

Nitrogen ( $N_2$ ), terdapat di udara dalam jumlah paling besar yaitu sekitar 78% bagian volume,  $N_2$  tidak langsung bergabung dengan unsur lain, tetapi nitrogen bagian dari senyawa organik. Oksigen ( $O_2$ ), sangat penting bagi kehidupan yaitu mengubah makanan menjadi energi hidup. Meskipun nitrogen dan oksigen meliputi 99% volume udara, tetapi kedua gas ini sangat pasif terhadap proses cuaca. Unsur-unsur atmosfer yang berubah terhadap ketinggian sampai 240 km, ditunjukkan pada gambar 1.2

Gambar 3.2. Komponen Atmosfer yang berubah dengan ketinggian

Gas-gas yang penting dalam proses cuaca adalah :<sup>30</sup>

- a. Uap air ( $H_2O$ ) yang dapat berubah fase (wujud) menjadi fase cair; misalnya tetes-tetes awan, dari fase padat; misalnya salju dan batu es.
- b. Korbondioksida ( $CO_2$ ) yang bertindak sebagai gas rumah kaca (GPK) dan menyebabkan efek rumah kaca (ERK), yaitu transparan terhadap radiasi gelombang pendek Matahari dan menyerap radiasi gelombang panjang Bumi.

---

<sup>30</sup> Bayong Tjasyono, *Meteorologi Ind.....*, hlm 22

Kenaikan kadar CO<sub>2</sub> akan menyebabkan kenaikan temperatur permukaan Bumi dan menimbulkan pemanasan global. Sejak revolusi industri, konsentrasi CO<sub>2</sub> terus naik yang disebabkan antara lain kenaikan pemakaian bahan bakar karbon (BBK) dan hidrokarbon.

- c. Ozon<sup>31</sup> (O<sub>3</sub>), gas ini terdapat terutama pada ketinggian antara 20 dari 30 km di atas permukaan laut (d.p.l). Ozon sangat penting karena menyerap radiasi ultraviolet yang mempunyai energi tinggi dan berbahaya bagi tubuh manusia. Atmosfer pada ketinggian 20 – 30 km biasanya sudah sangat tipis, sehingga apabila seluruh ozon dimampatkan di bawah kondisi tekanan permukaan laut, maka ketebalan lapisan ozon (*ozonosfer*) hanya sekitar 1 inci (25,4 mm) saja.
- d. Aerosol<sup>32</sup> dan asap, terutama partikel-partikel higroskopis (misalnya partikel garam) dapat bertindak sebagai titik kondensasi awan.

---

<sup>31</sup> Ozon adalah bentuk senyawa oksigen triatomic, atau tiga atom (O<sub>3</sub>) dan merupakan salah satu gas penyusun atmosfer. Di troposfer, ozon terbuat baik secara alami dan oleh reaksi fotokimia yang melibatkan gas-gas yang dihasilkan dari kegiatan manusia (kabut asap), ozon troposfer bertindak sebagai gas rumah kaca. Di stratosfer, ozon diciptakan oleh interaksi antara radiasi ultraviolet Matahari dan molekul oksigen (O<sub>2</sub>). Ozon stratosfer memainkan peran yang dominan dalam keseimbangan radiasi stratosfer. Konsentrasi tertinggi di lapisan ozon yang berada di lapisan stratosfer. Lihat Edvin Aldrian, *Kamus Perubahan Iklim*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta, 2013, hlm 116

<sup>32</sup> Aerosol adalah kumpulan partikel padat atau cair di udara dengan ukuran khas yaitu antara 0,01 dan 10 μm yang berada di atmosfer setidaknya selama beberapa jam. Aerosol terbentuk secara alami seperti letusan gunung berap



Gas helium (He), adalah gas yang paling ringan sehingga sering dipakai untuk mengisi balon meteorologi. Gas ini sangat jarang berada di atmosfer bawah kecuali pada panas level yang tinggi. Neon (Ne), argon (Ar), xenon (Xe), dan kripton (Kr) tidak mudah bergabung dengan unsur lain, disebut gas mulia. Meskipun gas ini kurang penting di atmosfer, namun neon biasanya dipakai pada pemasangan iklan atas reklame dan argon dipakai untuk bola lampu dan cahaya listrik.

### 3. Struktur Vertikal Atmosfer

Atmosfer dapat ditinjau sebagai lapisan gas yang sangat tebal yang menyelimuti Bumi dari permukaan dan meluas ke atas dengan densitas (massa jenis) terus menerus menjadi kecil. Atmosfer dipengaruhi oleh gaya tarik Bumi yaitu gravitasi (*grafity*)<sup>33</sup>, sehingga atmosfer semakin tipis jika menjauhi permukaan Bumi sampai pada akhirnya tidak dapat lagi dibedakan dari gas planet lain. Karena itu puncak atmosfer atau batas atas atmosfer tidak terdefiniskan secara tegas, tetapi rumbai-rumbai Bumi (*fringe of the earth*) yang

---

atau berasal dari bahan antropogenik yang dikeluarkan oleh gas buang baik pabrik atau kendaraan bermotor. Aerosol dapat mempengaruhi iklim dengan beberapa cara: langsung melalui hamburan dan menyerap radiasi dan tidak langsung dengan bertindak sebagai inti kondensasi awan atau modifikasi sifat optik dan masa hidup awan. Lihat Edvin Aldrian, *Kamus Perubahan Iklim*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta, 2013, hlm 5

<sup>33</sup> Eddy Hermawan, "Profil Vertikal Suhu Atmosfer di Atas Indonesia Berbasis Hasil Analisis Data Satelit FORMOSAT-3/COSMIC", *Jurnal Sains Dirgantara* Vol. 7 No. 1 Desember 2008, hlm 186

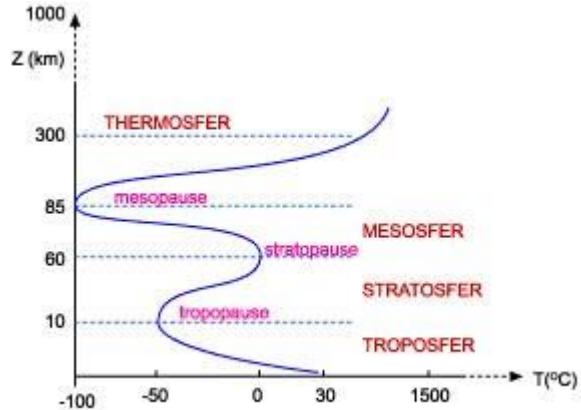
mencapai ketinggian sekitar 1000 km dapat dianggap sebagai puncak atmosfer Bumi. Penurunan massa jenis sangat cepat pada setengah pertama lapisan atmosfer yang terletak di bawah ketinggian 5,5 km (3,5 mil), dan 75% massa atmosfer terdapat pada lapisan di bawah 20 km atau 99,9% massa atmosfer terdapat pada ketinggian di bawah 50 km atau pada tekanan atmosfer di atas 1 mb (1 milibar = 1000 pascal). Tebal atmosfer Bumi 1000 km sangat tipis sekitar 16% jika dibandingkan dengan jejari Bumi (6370 ml)

Berdasarkan distribusi temperatur vertikal, lapisan atmosfer mulai dari permukaan ke atas dibagi menjadi troposfer, stratosfer, mesosfer, dan termosfer,<sup>34</sup> masing-masing lapisan merupakan bulatan-bulatan yang konsentris terhadap pusat Bumi. Puncak dari masing-masing lapisan disebut tropopause, stratopause, mesopause, dan termopause.

---

<sup>34</sup> Lihat juga Richard Mahendra, *Rangkuman Meteorologi Fisis*, Jakarta, 2015, hlm 1

Gambar 2. Lapisan atmosfer berdasarkan profil temperatur vertikal



Batasan lapisan-lapisan atmosfer ditentukan oleh diskontinuitas profil temperatur dan masing-masing lapisan mempunyai sifat fisis khusus sebagai berikut :

a. Troposfer

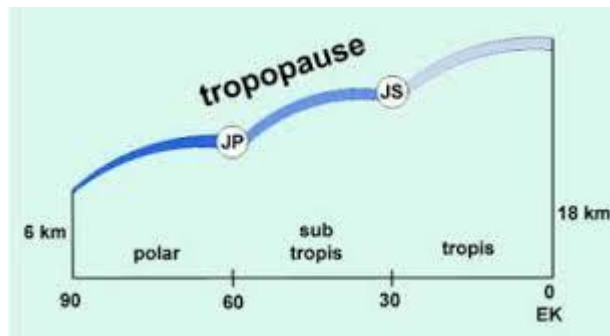
Secara harfiah troposfer berasal dari kata *tropos* yang artinya berubah dan *sphaira* yang artinya bulatan atau lapisan adalah lapisan yang berubah-ubah. Gejala cuaca, misalnya awan, hujan, badai guruh, dan sebagainya terjadi pada lapisan troposfer. Akibat adanya pencampuran vertikal yang kuat dan curah hujan maka waktu tinggal merata aerosol dalam atmosfer agak pendek, berkisar dari beberapa hari sampai minggu.

Troposfer adalah lapisan atmosfer paling bawah dengan ketebalan lapisan rerata 10 km. Di atas ekuator

puncak troposfer mencapai sekitar 18 km (paling tinggi) sedangkan di atas hanya mencapai 6 km (paling rendah). Tropopause tidak kontinu, tetapi terputus oleh adanya aerojet (jet stream) subtropis (JS) dan polar (JP) yaitu angin kencang di atas troposfer atau di stratosfer bawah.

Karakteristik lapisan<sup>35</sup> ini adalah sifatnya yang basah dan mengandung sekitar 80% dari unsur total atmosfer termasuk semua aerosol. Karena sifat inilah lapisan troposfer dikenal sebagai lapisan pembuat cuaca sehingga pada lapisan ini terdapat gejala cuaca seperti hujan, panas, dingin, kelembaban, kecepatan dan arah angin serta tekanan udara yang vreatif menurut waktu, ketinggian tempat, serta topografi wilayah.<sup>36\</sup>

Gambar 3. Tropopause dalam bidang meridian. JS :  
aerojet subtropis dan JP : aerojet polar (kutub)



<sup>35</sup> Lihat juga Handoko, *Klimatologi Dasar.....*, hlm 19

<sup>36</sup> Muh Altin Massinai dkk, Analisis Kecenderungan Perubahan Suhu Udara Permukaan Kota Makasar, Makalah Prodi Geofisika UNHAS, hlm 6

Troposfer mempunyai susut temperatur (*lapse rate*) yang nilainya antara 0,5 dan 1°C per 100 m dengan nilai rerata 1,65°C per 100 m atau 6,5°C per km. Susut Temperatur  $\gamma$  didefinisikan sebagai penurunan temperatur terhadap ketinggian atmosfer atau gradien temperatur vertikal negatif dan secara matematik dapat ditulis :

$$\gamma = -\frac{\delta T}{\delta z}$$

Dengan T adalah temperatur dan z adalah ketinggian atmosfer, tanda negatif berarti temperatur turun terhadap ketinggian. Berdasarkan definisi di atas maka troposfer mempunyai temperatur positif. Troposfer sangat sedikit menyerap radiasi Matahari, sebaliknya permukaan Bumi banyak memberikan panas kepada troposfer melalui konduksi, konveksi, dan panas laten kondensasi atau sublimasi yang dilepaskan ketika uap air berubah wujud menjadi tetes air atau kristal es.

b. Stratosfer

Stratosfer (*strata* berarti lapisan dan *sphaira* berarti bulatan) artinya bulatan lapisan yang berlapis, karena pada lapisan stratosfer terdapat banyak lapisan ozon (ozonosfer). Stratosfer terletak di atas troposfer pada ketinggian antara 10 dan 60 km, karena troposfer lebih tinggi di ekuator daripada di kutub, maka stratosfer lebih tipis di ekuator daripada di kutub. Tropopause mempunyai ketinggian 18 km dengan temperatur sekitar  $-80^{\circ}\text{C}$

sedangkan di kutub, tropopause hanya mencapai ketinggian 6 km dengan temperatur  $-40^{\circ}\text{C}$ .<sup>37</sup>

Stratosfer ditandai dengan susut temperatur negatif atau kenaikan temperatur terhadap ketinggian (inversi temperatur), disebabkan oleh ozonosfer yang menyerap radiasi ultra violet berenergi tinggi dari Matahari. Pertukaran antara gas troposfer dan stratosfer sangat kecil karena stratosfer adalah lapisan yang stabil atau inversi temperatur. Bagian atas stratosfer dibatasi oleh permukaan diskontinuitas temperatur kedua (yang pertama adalah puncak atmosfer) disebut stratopause yang terletak pada ketinggian sekitar 60 km dengan temperatur berorde  $0^{\circ}\text{C}$ . Stratosfer mempunyai percampuran vertikal yang sangat lemah, badai guruh yang mempunyai arus udara ke atas (updrafr) sangat kuat dapat menembus beberapa kilometer ke dalam stratosfer bawah.

c. Mesosfer

Mesosfer (*messo* berarti tengah dan *sphaira* berarti bulatan) artinya lapisan gas bagian tengah yang menyelubungi bulatan Bumi. Mesosfer terletak di atas stratopause dari ketinggian 60 km sampai 85 km, yang ditandai dengan susut temperatur positif dengan gradien temperatur berorde  $0,4^{\circ}\text{C}$  per 100 m. Penurunan temperatur ini disebabkan mesosfer mempunyai

---

<sup>37</sup> Bayong Tjasyono, *Meteorologi Ind.....*, hlm 27

keseimbangan radiatif negatif. Puncak mesosfer dibatasi oleh mesopause yaitu permukaan yang mempunyai temperatur paling rendah di atmosfer yaitu  $-100^{\circ}\text{C}$ . Lapisan mesosfer tumpang tindih (overlaps) bersamaan dengan ionosfer.

d. Termosfer

Termosfer (*thermo* berarti panas dan *phaira* berarti bulatan) artinya lapisan panas yang menyelubungi bulatan Bumi pada ketinggian 85 km sampai 300 km. Termosfer ditandai dengan susut temperatur negatif atau kenaikan temperatur dari  $-100^{\circ}\text{C}$  sampai ratusan bahkan ribuan derajat. Bagian atas mesosfer disebut termopause yang meluas dari ketinggian 300 km sampai pada rumbai-rumbai Bumi (*fringe of the earth*) sekitar 1000 km. Termopause adalah panas transisi ke profil temperatur yang mendekati isothermal atau temperatur konstan. Termosfer dan termopause meluas ke atas sampai berbaaur dengan atmosfer Matahari ribuan kilometer di atas permukaan Bumi dan dalam perluasannya sebagian gas ini terionisasi. Temperatur termopause adalah konstan terhadap ketinggian tetapi bervariasi terhadap aktivitas Matahari. Temperatur malam beresilasi antara  $300^{\circ}\text{C}$  sampai  $1200^{\circ}\text{C}$  atau antara 600 sampai 1500 k, sedangkan pada siang hari temperatur beresilasi antara  $700^{\circ}\text{C}$  sampai  $1700^{\circ}\text{C}$  atau antara 1000 sampai 2000 k. Kenaikan temperatur disebabkan termosfer menyerap

radiasi EUV (*extreme ultraviolet*) karena makin ke atas konsentrasi (densitas) atmosfer semakin kecil maka perpindahan panas semakin sulit, sehingga temperatur konstan.

#### 4. Cuaca dan Iklim<sup>38</sup>

Cuaca<sup>39</sup> merupakan peristiwa fisik yang berlangsung di atmosfer pada suatu saat dan tempat/ruang<sup>40</sup> tertentu yang dinyatakan dalam berbagai variabel disebut unsur-unsur cuaca. Menurut Bayong, cuaca adalah variasi atmosfer periode pendek atau keadaan atmosfer pada saat tertentu di wilayah

---

<sup>38</sup> Laboratorium Pengelolaan Das dan Konservasi Sumberdaya Hutan, *Klimatologi (Suatu Pengantar)*, Makasar: tanpa penerbit, 2009), hlm 1

<sup>39</sup> Keadaan parameter fisis atmosfer yang terjadi pada suatu skala ruang dan selalu berubah secara dinamis menurut waktu dan tempat. Lihat Wan Dayantolis, “Analisis Kondisi Fisis Atmosfer Pada Saat Hujan Ekstrem dan Terjadinya Banjir Bulan Februari 2006 di Manado”, *Jurnal Program Sarjana Ekstensi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia*, Desember 2006, hlm 3

<sup>40</sup> Soerdjadi Wirjohamidjojo dan Yunus. S. Swarinoto menyatakan bahwa W.J. Gibbs mengatakan dalam buletin WMO Volume 36 bulan Oktober 1987 halaman 290-297 agar melihat kembali definisi yang telah ditetapkan dalam Konferensi Iklim Dunia (*World Climate Conference*) tahun 1979 yang menyatakan bahwa definisi cuaca dan iklim adalah *Weather is associated with the complete state of the atmosphere at a particular instant in time, and with the evolution of this state through the generation, growth and decay of individual disturbances. And Climate is the synthesis of weather events over the whole of period statistically long enough to establish ensemble properties (mean values, variances, probabilities of extreme events, etc) and is largely independent of any instantaneous state.* Lihat Soerdjadi Wirjohamidjojo dan Yunus. S. Swarinoto, *Iklim Kawasan Indonesia (dari aspek dinamik-sinoptik)*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta, 2010, hlm 2



tertentu.<sup>41</sup>Unsur-unsur ini diamati satu atau beberapa kali dalam sehari sebagai data cuaca diurnal, yang selanjutnya hasil pengamatannya dalam setahun sebagai data harian dalam setahun. Jika data pengamatan dikumpulkan selama beberapa tahun yang merupakan data historis jangka panjang tentang perilaku atmosfer yang mencirikan iklim, sehingga data hasil pengamatan tersebut merupakan informasi penting dalam berbagai bidang terutama yang berkaitan dengan kehidupan manusia<sup>42</sup> seperti kehutanan dan pertanian dalam arti luas, penerbangan, hidrologi, dan pengairan, serta kesehatan masyarakat<sup>43</sup>

Sehingga cuaca merupakan semua proses/peristiwa fisik yang terjadi/berlangsung di atmosfer pada suatu saat dan tempat tertentu<sup>44</sup> atau nilai sesaat dari atmosfer serta perubahannya dalam jangka pendek di suatu tempat tertentu di Bumi. Sedangkan iklim merupakan penyebaran cuaca dari waktu ke waktu (hari demi hari, bulan demi bulan, tahun demi tahun) dan termasuk di dalamnya harga rata-rata dan harga-

---

<sup>41</sup> Mona Berlian Sari, “Sistem Pengukuran Intensitas dan Durasi Penyinaran Matahari Realtime PC Berbasis LDR dan Motor Stepper”, *Jurnal Vol 7 (1) 2015*, hlm 37

<sup>42</sup> Carizs Kainama dkk, “Analisis Pola Distribusi Unsur-unsur Cuaca di Lapisan Atas Atmosfer pada Bulan Januari dan Agustus di Manado”, *Jurnal MIPA UNSRAT Online Vol 3 (1) 20.24*, hlm 21

<sup>43</sup> Laboratorium....., hlm 1

<sup>44</sup> Arief Suryantoro, dkk, *Analisis Karakteristik Atmosfer di Wilayah Belitung dan Sekitarnya Berbasis Observasi Satelit EOS Aqua dan TRMM serta Luaran Model CCAM Periode 1998 – 2013*, *Jurnal Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng dan DIY, Yogyakarta*, 15 April 2015, hlm 351

harga ekstrim (yaitu maksimum dan minimum) atau kesediaan rata-rata cuaca pada suatu periode yang cukup lama atau daerah yang cukup luas.<sup>45</sup>

Dengan kata lain, cuaca berarti kondisi yang berhubungan dengan suhu, tekanan udara, angin, awan, kelembaban udara, radiasi, jarak pandang/*visibility*, dan sebagainya di suatu tempat pada waktu tertentu dan pengamatannya dilakukan setiap hari. Sedangkan iklim menunjukkan nilai rata-rata dari atmosfer di suatu tempat yang meliputi wilayah yang luas pada waktu tertentu dalam jangka panjang.<sup>46</sup>

Mengingat iklim adalah sifat cuaca dalam jangka waktu yang panjang dan pada daerah yang luas, maka data cuaca yang digunakan untuk menyusunnya sayogyanya dapat mewakili keadaan atmosfer seluas mungkin di wilayah yang bersangkutan. Sifat data cuaca dan iklim adalah data diskontinyu yang terdiri dari pancaran surya, lama penyinaran surya, presipitasi (hujan, hujan es, salju, dan embun) dan penguapan (evaporosi dan transpirasi). Penyajian datanya dalam bentuk akumulasi dan ditampilkan dalam grafik histogram, sedangkan data kontinyu yang terdiri dari suhu, kelembaban, tekanan udara dan angin disajikan dalam angka-

---

<sup>45</sup> Laboratorium....., hlm 3

<sup>46</sup> Dewi Surinati, "Lautan dan Iklim", *Jurnal Oseana*, Vol XXXVIII, No 3 TAHUN 2013, hlm 33

angka sesaat atau rata-rata dan grafiknya dalam bentuk kurva.<sup>47</sup>

Cuaca dan iklim merupakan ramuan dari berbagai unsur dan dalam fisika disebut besaran, adapun unsur-unsur tersebut adalah :

a. Pancaran Surya

Pada saat Bumi mengedari Matahari, posisi sumbu Bumi tidak selalu tegak lurus dengan garis hubung antara inti Bumi dengan inti Matahari. Garis hubung antara inti Bumi dengan inti Matahari paralel dengan radiasi Matahari, sudut yang terbentuk bervariasi sekitar  $90 \pm 23,5^{\circ}$ . Variasi dan 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  $0^{\circ}$ ), pada saat sumbu Bumi berada pada posisi kemiringan yang maksimal maka garis edar Matahari berada pada garis lintang  $23^{\circ}27'$ .

Perubahan garis edar Matahari ini menyebabkan perubahan panjang hari (lama penyinaran) yang diterima di lokasi-lokasi di permukaan Bumi. Perubahan panjang hari tidak terlalu besar di daerah tropis yang dekat

---

<sup>47</sup>Laboratorium....., hlm 4

dengan ekuator, semakin jauh letak tempat dari garis ekuator, maka frekuensi lama penyinaran Matahari akan semakin besar.<sup>48</sup> Untuk 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<sup>0</sup> LU, lama penyinaran yang pendek < 12 jam terjadi pada saat garis edar Matahari di belahan Bumi selatan. Kejadian yang sebaliknya terjadi di belahan Bumi sebelah utara.<sup>49</sup>

Pergeseran garis edar Matahari ini menyebabkan fluktuasi suhu musiman, terutama untuk daerah garis lintang pertengahan. Suhu akan terpengaruh terhadap pemuain dan penyusutan volume udara. Jika udara memuai, maka udara akan menjadi lebih renggang dan akibatnya tekanan udara akan menurun, sebaliknya jika volume udara menyusut, maka kecepatan udara menjadi lebih tinggi akibatnya tekanannya akan meningkat,<sup>50</sup>

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 musim

---

<sup>48</sup> Saipul Hamdi, "Mengeal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi", *Jurnal Berita Dirgantara* Vol 15 No. 1, hlm 8

<sup>49</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-dasar Klimatologi*, (Jakarta; Rajawali Pers, 1994), hlm 70-80

<sup>50</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-dasar.....*, hlm 144-145

panas, serta di daerah perairan atau daratan dan dataran rendah maupun tinggi.

Penyinaran Matahari mempengaruhi naik turunnya temperatur permukaan Bumi serta mempengaruhi unsur-unsur cuaca lainnya. Selain sebagai pengendali iklim dan cuaca, Matahari adalah sumber energi yang penting bagi kehidupan. Penyinaran Matahari akan bergantung pada durasi dan lamanya penyinaran Matahari, Arturo menyatakan bahwa durasi penyinaran Matahari didefinisikan sebagai jumlah waktu (biasanya dalam satuan jam) radiasi Matahari langsung melebihi batas ambang yaitu  $120 \text{ W/m}^2$ . Sedangkan menurut Petter intensitas penyinaran Matahari saat penyinaran langsung dalam satuan lux ialah 32.000 sampai 130.000 lux<sup>51</sup>

b. Suhu Udara

(a) Profil Suhu Udara

Suhu merupakan karakteristik *inherent*,<sup>52</sup> dimiliki oleh suatu benda yang berhubungan dengan panas dan energi. Jika panas dialirkan ke suatu benda, maka suhu benda tersebut akan meningkat, sebaliknya suhu benda tersebut akan

---

<sup>51</sup> Mona Berlian Sari, *Sistem.....*, hlm 37

<sup>52</sup>Karakteristik inherent merupakan ukuran relatifitasdimana suatu benda dapat saja mengalami perubahan kondisi termal sebagai akibat perpindahan kalor dari suatu benda yang bersuhu lebih panas ke bena yang bersuhu rendah sehingga dapat tercipta suatu kondisi termal

turun jika benda yang bersangkutan kehilangan panas. Maka suhu merupakan ukuran relatif dari kondisi termal yang dimiliki oleh suatu benda.

Ukuran panas suatu benda disebut temperatur, Suhu suatu benda adalah keadaan yang menentukan kemampuan benda tersebut untuk mentransfer panas atau menerima panas dari benda satu ke benda yang lain. Distribusi suhu dalam atmosfer sangat bergantung terutama kepada keadaan radiasi Matahari. Oleh sebab itu suhu udara selalu mengalami perubahan.<sup>53</sup>

Suhu udara<sup>54</sup> akan berfluktuasi dengan nyata selama setiap 24 jam. Fluktuasi suhu udara 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 radiasi Matahari ini akan menyebabkan suhu udara meningkat. Suhu udara harian maksimum tercapai beberapa saat

---

<sup>53</sup> Ahmad Fadholi, "Studi Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara terhadap Operasi Penerbangan di Bandara H.A.S. Hananjoeddin Buluh Tumbang Belitung Periode 1980-2010", *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA) Vol 3 No 1, Juni 2013, hlm 3*

<sup>54</sup> Udara secara umum adalah atmosfer yang merupakan lapisan campuran gas yang menyelimuti Bumi dan terikat pada Bumi oleh gaya grafitasi Bumi

setelah intensitas cahaya maksimum tercapai. Intensitas cahaya maksimum tercapai pada saat berkas cahaya jatuh tegak lurus, yaitu pada siang hari.

Sebagian radiasi pantulan dari permukaan Bumi juga akan diserap oleh gas-gas dan partikel-partikel atmosfer tersebut. Karena permukaan udara dekat permukaan lebih tinggi dan lebih berkesempatan untuk menyerap radiasi pantulan dari permukaan Bumi, maka pada siang hari suhu udara dekat permukaan akan lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan udara yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada malam hari terutama pada saat menjelang subuh suhu udara dekat permukaan menjadi lebih rendah dibandingkan dengan suhu pada lapisan udara yang lebih tinggi.

(b) Variasi Suhu di Wilayah Indonesia

Fluktuasi musiman untuk masing-masing lokasi di wilayah Indonesia sangat kecil. Hal ini disebabkan karena Indonesia terletak di daerah tropis. Oleh sebab itu, Indonesia disebut memiliki iklim *isothermal*. Variasi suhu di Indonesia lebih dipengaruhi oleh ketinggian tempat (altitude). Suhu maksimum di Indonesia menurun sebesar  $0,6^{\circ}\text{C}$  untuk setiap kenaikan elevasi setinggi 100 meter, sedangkan suhu minimum menurun  $0,5^{\circ}\text{C}$  per

kenaikan elevasi 100 meter. Berdasarkan data yang dikumpulkan di 60 lokasi, Oldeman menemukan hubungan antara suhu udara dengan ketinggian tempat, sebagai berikut :

$$T_{\text{mak}} = 31,3 - 0,0006 x$$

$$T_{\text{min}} = 22,8 - 0,0005 x$$

Dimana

$$T_{\text{mak}} = \text{suhu maksimum } (^{\circ}\text{C})$$

$$T_{\text{min}} = \text{suhu minimum } (^{\circ}\text{C})$$

x = ketinggian tempat

Suhu maksimum tertinggi umumnya tercapai pada sekitar bulan oktober (pada akhir musim kemarau) dan suhu minimum terendah tercapai pada sekitar bulan Juli dan Agustus. Suhu maksimum rata-rata di Indonesia umumnya tidak melebihi  $32^{\circ}\text{C}$ . Hal ini terjadi karena wilayah Indonesia sebagian besar merupakan wilayah lautan, permukaan air yang luas akan berperan penting dalam memperkecil fluktuasi suhu, karena sebagian besar energi radiasi Matahari terpakai untuk penguapan air (evaporasi), berbeda dengan lokasi yang terletak di tengah benua yang luas, misalnya bagian interior Benua Australia, gurun Gobi yang terletak di tengah daratan China, gurun Sahara yang terletak di tengah Afrika Utara, atau gurun di negara bagian Arizona di Amerika Utara



Suhu minimum rata-rata pada ketinggian 1000 meter dari permukaan laut terendah masih di atas  $15^{\circ}\text{C}$  masih jauh di atas titik beku air. Suhu minimum lebih rendah pada ketinggian  $>1000$  meter, tetapi pada ketinggian ini hanya sedikit lingkungan pemukiman dijumpai. Selain itu total luas wilayah Indonesia yang berada pada ketinggian  $>1000$  meter relatif kecil dibandingkan dengan total luas wilayah Indonesia secara keseluruhan.

c. Tekanan Udara

(a) Profil Tekanan Udara

Tekanan udara adalah gaya berat kolom udara dari permukaan tanah sampai puncak atmosfer per satuan luas. Gaya ini ditimbulkan oleh percepatan ke bawah berupa gravitasi ( $g$ ) dan masa udara ( $m$ ). Hasil perkalian keduanya disebut berat ( $w$ ), oleh karena itu tekanan udara pada setiap titik ( $P$ ) merupakan berat total udara di atas titik tersebut. Tekanan makin rendah seiring dengan meningkatnya ketinggian tempat karena kerapatan udara makin kecil, kolom udaranya makin pendek. Oleh karena itu, tekanan udara selalu turun dengan naiknya ketinggian. Kerapatan udara sangat bergantung pada suhu uap air di udara dan gaya

berat, sehingga hubungan antara tekanan udara dan ketinggian cukup kompleks<sup>55</sup>

Karena udara merupakan gas, tekanan yang ditimbulkan oleh atmosfer dapat juga dihubungkan dengan jumlah dan kecepatan molekul-molekul yang menerpa permukaan. Kita dapat menghubungkan tekanan dengan suhu maupun dengan perubahan kerapatan ( $p$ ) karena faktor-faktor ini mempengaruhi jumlah molekul pada volume udara tertentu dan kecepatan Bergeraknya. Kerapatan udara rendah yang disebabkan oleh jumlah molekul yang sedikit per satuan volume, berakibat pada tekanan udara yang rendah. Kerapatan dapat diubah dengan mengurangi energi kinetik molekul-molekul udara pada suatu volume udara tanpa merubah jumlah massanya. Kecepatan gerak molekul-molekul udara dipengaruhi oleh suhu, apabila suhu meningkat energi kinetiknya semakin tinggi sehingga semakin cepat molekul-molekul udaranya bergerak. Oleh karena itu untuk suatu volume udara tetap, tekanannya akan semakin tinggi dengan bertambahnya suhu. Namun

---

<sup>55</sup> Fanani Arpan dkk, *Kajian Meteorologis Hubungan antara Hujan Harian dan Unsur-unsur Cuaca (Studi kasus Stasiun Meteorologi Adisucipto Yogyakarta)*, Majalah Geografi Indonesia, Vol 18, No 2, September 2004, hlm 72

demikian, tekanan dan suhu serta kecepatan saling berinteraksi dan berhubungan

d. Kelembaban Udara

(a) Profil Kelembaban Udara

Kelembaban udara ditentukan oleh jumlah uap air yang terkandung di dalam udara. Total massa uap air per satuan volume udara disebut sebagai kelembaban absolute (*absolute humidity*), umumnya dinyatakan dalam satuan  $\text{kg/m}^3$ . Perbandingan antara massa uap air dengan massa udara lembab dalam satuan volume udara tertentu disebut sebagai kelembaban spesifik (*specific humidity*), umumnya dinyatakan dalam satuan  $\text{g/kg}$ . Massa udara lembab adalah total massa dari seluruh gas-gas atmosfer yang terkandung, termasuk uap air, jika massa uap air tidak diikutkan maka disebut sebagai massa udara kering (*dry air*).

Data klimatologi untuk kelembaban udara yang umum dilaporkan adalah kelembaban relatif (*relative humidity*) disingkat RH. Kelembaban relatif adalah perbandingan antara tekanan uap air aktual (yang terukur) dengan tekanan uap air pada kondisi jenuh. Umumnya dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\text{RH} = [P_A/P_e] \times 100\%$$

Dimana

$P_A$  = tekanan uap air aktual

$P_e$  = tekanan uap air pada kondisi jenuh

Tekanan uap air adalah tekanan parsial uap airdalam udara. Satuan yang digunakan untuk tekanan udara adalah pascal, disingkat  $P_A$ . Tekanan uap air jenuh adalah tekanan uap air maksimum yang dapat dicapai pada suhu tertentu. Tekanan uap air ditentukan oleh kerapatan uap air (*water vapor density*) dan suhu. Kerapatan uap air adalah jumlah uap air yang terkandung per satuan volume udara, jadi sama dengan kelembaban absolut atau sering juga disebut konsentrasi uap air (*vapor concentration*). Hubungan empiris antara tekanan uap air dengan kerapatan uap air dan suhu adalah sebagai berikut :

$$P_A = 4,62 \times 10^4 p_v \cdot T$$

Dimana

$P_A$  = tekanan uap air dalam satuan kPa

$P_v$  = tekanan uap air dalam satuam  $g/m^3$

$T$  = suhu dalam satuan K

Pada kondisi tekanan atau kerapatan uap air jenuh, udara tidak dapat lagi menampung tambahan uap air. Penambahan uap air akan diimbangi dengan proses kondensasi sehingga uap air yang terkandung tidak akan melebihi kapasitas tampung udara tersebut. Pada kondisi tekanan atau kerapatan

uap air tak jenuh dan jika udara tersebut kontak dengan permukaan air atau es, maka uap air dalam udara tersebut akan bertambah terus sampai mencapai kondisi jenuh. Uap air tersebut berasal dari penguapan dari permukaan air atau es tersebut.

Berdasarkan rumus di atas, terlihat bahwa kemampuan udara untuk menampung uap air akan bertambah dengan meningkatnya suhu. Dengan demikian, jika udara yang jenuh uap air ditingkatkan suhunya, maka udara tersebut menjadi tak jenuh uap air. Sebaliknya, jika udara yang tak jenuh uap air diturunkan suhunya perlahan-lahan dan kerapatan uap airnya dijaga konstan, maka udara tersebut akan mendekati kondisi jenuh uap air. Suhu pada saat udara tersebut mencapai kondisi jenuh uap air disebut suhu titik embun (*dew point temperature*). Penamaan suhu titik embun ini berkaitan dengan proses fisika yang terjadi yakni terjadinya pengembunan (kondensasi) sesaat setelah kondisi jenuh uap air tercapai. Fenomena ini kemudian dimanfaatkan dalam merancang alat pengukuran kelembaban udara yang disebut higrometer titik embun.

Fluktuasi kandungan uap air di udara lebih besar pada lapisan 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 kelembaban lebih tinggi pada udara dekat permukaan. Sebaliknya pada malam hari, kelembaban lebih rendah pada udara dekat permukaan.

Kelembaban udara yang lebih tinggi pada udara dekat permukaan pada siang hari disebabkan karena penambahan uap air dari hasil evapotranspirasi dari permukaan. Proses ini berlangsung karena permukaan tanah menyerap radiasi Matahari selama siang hari tersebut. Pada malam hari, akan berlangsung proses kondensasi atau pengembunan yang memanfaatkan uap air yang berasal dari udara. Oleh sebab itu, kandungan uap air di udara dekat permukaan tersebut akan berkurang.

Kelembaban udara pada ketinggian lebih dari 2 meter dari permukaan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara malam dan siang hari. Pada lapisan udara yang lebih tinggi tersebut, pengaruh angin menjadi lebih besar, udara lembab dan udara kering akan tercampur lebih cepat.

e. Angin

(a) Profil Angin

Masa udara yang bergerak disebut angin. Angin dapat bergerak secara vertikal maupun horizontal dengan kecepatan yang bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis. Faktor pendorong Bergeraknya massa udara adalah tekanan udara antara satu tempat ke tempat yang lain. Angin selalu bertiup dari tempat dengan tekanan udara tinggi ke tempat dengan tekanan udara yang lebih rendah. Jika tidak ada gaya lain yang mempengaruhi, maka angin akan bergerak secara langsung dari udara bertekanan tinggi ke udara bertekanan rendah. Akan tetapi, perputaran Bumi pada sumbunya, akan menimbulkan gaya yang mempengaruhi arah pergerakan angin. Pengaruh rotasi Bumi terhadap arah angin disebut Pengaruh Coriolis (*Coriolis Effect*). Pengaruh coriolis menyebabkan angin bergerak searah jarum jam mengitari daerah bertekanan rendah di belahan Bumi selatan dan sebaliknya bergerak dengan arah berlawanan dengan jarum jam mengitari daerah bertekanan rendah di belahan Bumi utara.

Pada atmosfer Bumi diketahui ada pola umum sirkulasi udara. Angin yang mengikuti pola umum sirkulasi udara ini disebut *prevailing wind*.

Pada daerah tropis dan subtropis, angin berhembus dari tenggara untuk belahan Bumi selatan dan dari arah timur laut untuk belahan Bumi utara. Sedangkan untuk daerah beriklim sedang (*temperate zone*), angin secara umum berhembus dari arah barat, yakni dari arah barat-laut untuk belahan Bumi selatan dan dari arah barat-daya untuk belahan Bumi utara. Sebaliknya, untuk daerah kutub, angin umumnya berhembus dari arah timur yakni searah dengan angin pada daerah tropis. *Prevailing wind* pada daerah tropis disebut *trade wind*, dan di daerah kutub disebut angin kutub (*polar wind*).

Selain angin yang mengikuti pola umum sirkulasi atmosfer Bumi, terdapat pula angin musiman (*seasonal wind*). Contoh yang paling dikenal adalah angin monsoon. Arah angin ini akan berubah sesuai dengan musim, umumnya angin akan bertiup dari arah timur-laut selama periode 6 bulan dan dari arah barat-daya selama 6 bulan berikutnya.

Angin pada lapisan udara dekat permukaan Bumi mempunyai kecepatan yang lebih rendah dibandingkan angin pada lapisan udara yang lebih tinggi, terutama akibat gesekan dengan permukaan Bumi. Arah angin pada lapisan yang lebih tinggi juga lebih bervariasi. Pada ketinggian 6-12 km, dapat



dijumpai angin berkecepatan tinggi (dapat mencapai 300 km/jam) yang umumnya berhembus dari arah barat. Angin ini disebut *jet stream* yang sangat penting untuk mendapatkan perhatian pada dunia penerbangan.

Pada lapisan udara dekat permukaan juga terdapat angin lokal, yakni angin yang dipengaruhi kondisi geografis setempat. Angin lokal yang paling dikenal misalnya adalah angin laut dan angin darat, Angin ini terjadi akibat perbedaan suhu udara di atas laut dengan udara di atas wilayah daratan. Pada siang hari udara di atas daratan akan lebih panas dibandingkan di atas lautan, maka tekanan udara di daratan lebih rendah dan ini mengakibatkan angin berhembus dari arah laut ke daratan, oleh sebab itu disebut angin laut. Sebaliknya pada malam hari, daratan menjadi lebih dingin sehingga tekanan udara lebih tinggi, ini akan menyebabkan angin berhembus dari daratan ke arah laut, disebut angin darat (nama arah angin berasal darimana angin itu berasal)

Angin lokal yang lain adalah angin gunung dan angin lembah. Prinsip terjadinya angin ini sama dengan pada angin laut dan angin darat. Pada siang hari yang cerah, bagian puncak gunung akan menerima lebih banyak radiasi Matahari sehingga

suhu menjadi lebih tinggi dan angin akan berhembus dari lembah ke arah puncak gunung, oleh sebab itu disebut angin lembah. Sebaliknya pada malam hari terutama pada kondisi langit cerah angin akan bergerak dari puncak ke lembah karena udara di puncak lebih dingin dibandingkan di lembah akibat puncak kehilangan banyak radiasi Matahari.

(b) Pola Angin di Indonesia

Pola angin di Indonesia dipengaruhi oleh keberadaan dua benua, yakni Asia dan Australia, dan dua samudera, yakni Pasifik dan Indonesia, yang mengapit wilayah kepulauan Indonesia. Pada musim hujan (sekitar bulan Januari), pada wilayah di utara garis ekuator angin bertiup dari arah timur atau timur-laut (dari arah samudera Pasifik), sedangkan pada wilayah di selatan garis ekuator, angin bertiup dari arah barat atau barat-daya (dari arah samudera Indonesia)

Pada musim kemarau (sekitar bulan Juli), angin bertiup dari arah barat daya di wilayah sebelah utara garis ekuator, dan bertiup dari arah tenggara untuk wilayah di selatan garis ekuator. Angin ini berasal dari benua Australia bergerak ke barat laut setelah mendekati ekuator arah angin tersebut membelok ke arah timur-laut. Angin yang

berasal dari daratan benua Australia ini hanya mengandung sedikit uap air.

f. Awan

Awan merupakan hasil daripada proses kondensasi yang terjadi pada siklus hidrologi, awan dapat bergerak bergerak naik bersama kantong udara memiliki safat yang memantulkan dan menyerap radiasi surya serta menyerap radiasi Bumi. Hal ini menunjukkan bahwa awan juga ikut menentukan pemanasan dan pendinginan Bumi. Awan dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk dan ketinggianya,<sup>56</sup> yaitu :<sup>57</sup>

a) Awan Tinggi

Merupakan awan-awan yang mempunyai ketinggian lebih dari 6000 meter dengan suhu yang sangat rendah, pada umumnya terdiri dari kristal-kristak es berwarna putih atau mendekati transparan. Yang termasuk awan tinggi adalah sebagai berikut :

- 1) Cirrus : awan yang halus seperti bulu setruktur seratnya sering tersusun seperti pola melengkung.
- 2) Cirrostratus : Seperti kelambu putih halus menutup seluruh angkasa, berwarna pucat dan

---

<sup>56</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-dasar Klimatologi.....*, hlm 127

<sup>57</sup> Handoko, *Klimatologi Dasar.....*, hlm111

sering menimbulkan lingkaran pada Matahari atau Bulan.

3) Cirrocumulus : seperti kumpulan bulu domba

b) Awan Tengah

Merupakan awan yang terdapat pada ketinggian antara 2000-6000 m di atas permukaan laut, awan ini merupakan campuran titik-titik air dan kristal-kristal es, awan ini meliputi :

1) Altocumulus : merupakan sekumpulan awan yang berbentuk bulat, berlapis-lapis, tersusun dalam pola baris atau group atau gelombang, berwarna putih pucat, dan terdiri dari beberapa bagian yang keabu-abuan karena kekurangan sinar.

2) Altostratus : berbentuk seperti selendang yang tebal, berserat, dan berwarna keabu-abuan.

c) Awan Rendah

Merupakan awan-awan yang terdapat pada ketinggian 2000 m dari permukaan laut, awan ini meliputi :

1) Stratus : awan yang melebar seperti kabut, seringkali terbentuk dari kabut yang naik. Hujan yang terjadi akibat awan ini biasanya hujan ringan.

2) Stratocumulus : berbentuk seperti gelombang lautan, langit yang berwarna biru sering masih tampak diantara awan ini.

3) Nimbusstratus : suatu lapisan awan yang tebal dengan bentuk yang tidak teratur yang menimbulkan banyak hujan.

d) Awan yang berkembang vertikal

Merupakan awan yang dihasilkan oleh kantong udara yang hangat dan lembab yang masih mampu naik sampai ketinggian yang cukup tinggi setelah melewati arus kondensasi, awan ini meliputi :

1) Cumulus : berbentuk seperti kubah dengan dasar vertikal, biasanya terbentuk pada siang hari pada udara yang bergerak naik. Bagian yang berhadapan dengan Matahari terang dan berwarna kelabu pada bagian yang tidak tersinari.

2) Cumulonimbus : awan yang berukuran sangat besar, berbentuk seperti menara, kadang-kadang puncaknya melebar. Awan ini menghasilkan hujan yang disertai kilat dan guntur serta badai, kadang-kadang disertai kristal es dan berwarna putih.

g. Curah Hujan

Curah hujan sebenarnya merupakan dari air endapan, yaitu titik-titik air yang ada di awan dan

kemudian jatuh ke permukaan Bumi. Curah hujan terjadi karena masa udara yang membumbung naik dan suhunya menurun, apabila masa udara telah mencapai jenuh maka terjadilah kondensasi yang menyebabkan turunnya hujan. Uap air yang dihasilkan melalui proses *evapatranspirasi* dari berbagai sumber di permukaan Bumi akan bergerak ke lapisan atmosfer Bumi. Suhu udara pada lapisan troposfer Bumi akan semakin rendah denan bertambahnya ketinggian, penurunan suhu udara kan semakin cepat tercapainya kejenuhan uap air di udara, sehingga merangsang terjadinya kondensasi.

Kedatangan uap air yang berada di atmosfer mudah berubah menurut arah maupun waktu. Kandungan uap air ini bergantung pada kandungan air di permukaan Bumi, uap air di atmosfer berasal dari kondensasi air dalam bentuk hujan dan melalui curahan lain. Uap air di atmosfer dapat menyerap radiasi Matahari maupun radiasi Bumi, sehingga berpengaruh terhadap suhu udara.<sup>58</sup> Curah hujan yang tinggi sangat mempengaruhi pengamatan Hilal, hal ini disebabkan oleh gumpalan awan yang berpotensi hujan dan menghalangi ufuk pengamatan.

---

<sup>58</sup> Handoko, *Klimatologi Dasar*, (Jakarta; Dunia Pustaka Jaya, 1995), hlm

### **C. Teori Atmosfer dalam Visibilitas Hilal Menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)/**

Dalam sub bab ini, penulis akan menjelaskan tentang bagaimana keterkaitan atau hubungan antara pengamatan objek di langit khususnya Hilal dengan keadaan atmosfer sebagai medium antara pengamatan dan objek langit tersebut. Sudah menjadi pengetahuan umum bahwa atmosfer memiliki peran yang sangat besar terhadap kehidupan manusia di Bumi, fungsinya sebagai pelindung kehidupan di Bumi dari efek langsung sinar Matahari merupakan salah satu peran atmosfer yang dapat kita rasakan langsung setiap hari.

Namun demikian, dalam hal pengamatan objek di langit, atmosfer merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan disebabkan karena kandungannya yang terdiri dari berbagai macam gas dan unsur lainnya yang berpotensi mengganggu pengamatan objek di langit dari permukaan Bumi. Hal ini dapat membawa kita kepada suatu hipotesa bahwa visibilitas objek di langit itu tidak hanya ditentukan oleh parameter-parameter posisi objeknya saja, melainkan juga ditentukan oleh keadaan atmosfer di tempat dan pada saat pengamatan.

Dalam hal pengamatan Hilal, Indonesia merupakan negara yang sulit melakukan pengamatan Hilal dibandingkan dengan negara lain.<sup>59</sup> Hal ini disebabkan karena Indonesia merupakan

---

<sup>59</sup> Fuadi Thobari, dkk, "Kondisi Meteorologi Saat Pengamatan Hilal 1 Syawal 1438 H di Indonesia; Upaya Peningkatan Kemampuan Pengamatan dan

negara maritim kontinental<sup>60</sup> terdiri dari 1/6 daratan, 2/6 lautan, dan 3/6 merupakan wilayah udara<sup>61</sup> dimana proses fisis pembentukan awan berlangsung. Letaknya berada di equator yang banyak menerima energi Matahari sepanjang tahun dan potensial membangkitkan awan *konvektif*.<sup>62</sup>

Selain itu negara Indonesia secara geologis, mempunyai banyak gunung yang mentriger pembentuk awan *orografis*.<sup>63</sup> Indonesia juga merupakan pertemuan dua sistem sirkulasi udara yaitu : 1) Sirkulasi Utara –Selatan (*Hedley*) karena posisinya berada di antara 2 benua Asia-Australia yang ditengarai dengan adanya *persistent*<sup>64</sup> angin selama enam bulan dari Utara yang

---

Analisis Data Hilal”, *Jurnal Ahkam Fakultas Syariah dan Hukum Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*, Vol 17 November 2017, hlm 141

<sup>60</sup> Maritim kontinental merupakan negara dengan jumlah perairan lebih banyak dibandingkan daratan yang bertalian langsung dengan benua. Lihat <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/%20kontinental> diakses pada Minggu, 30 Juni 2019 pukul 08:27 WIB

<sup>61</sup> Dalam literatur lain disebutkan bahwa wilayah daratan mencapai 1/3 dari seluruh luas wilayah Indonesia, sementara luas wilayah lautan mencapai 2/3, dan wilayah udara mencapai 3/3. Wilayah kesatuan Negara Republik Indonesia adalah satu kesatuan wilayah daratan, perairan, pedalaman, perairan kepulauan, laut territorial, dan udara yang berada di atasnya. Lihat “ARSIP (Media Kearsipan Nasional), Beranda Depan Negara dalam Bingkai NKRI”, *Arsip Nasional Republik Indonesia* Edisi 56 Th 2011/Edisi Khusus, hlm 5

<sup>62</sup> Awan konvektif merupakan awan yang dihasilkan dari naiknya udara hangat yang lembab dengan proses penurunan suhu secara adiabatik. Lihat Hnadoko, *Klimatologi Dasar.....*, hlm 116

<sup>63</sup> Awan orografis merupakan awan yang dihasilkan dari naiknya udara lembab secara paksa oleh dataran tinggi atau pegunungan. Lihat Hnadoko, *Klimatologi Dasar.....*, hlm 116

<sup>64</sup>Persistent merupakan hal terus menerus atau berkesinambungan. Lihat <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/%20kontinental> diakses pada Minggu, 30 Juni 2019 pukul 08:36 WIB



mengakibatkan musim penghujan dan berganti arah pada enam bulan berikutnya yang mengakibatkan musim kemarau. 2) Sirkulasi Timur-Barat (*Helker*) karena Indonesia berada di antara dua samudera Pasifik dan Hindia. Sirkulasi *halcker* ini mendominasi wilayah Indonesia yang akan memicu banyak hujan (*La\_Nina*) dan sebaliknya memicu sedikit hujan atau kemarau panjang (*El-Nino*).<sup>65</sup>

Berdasarkan kondisi geografis, proses fisis dan dinamis yang menyertai, secara garis besar berdasarkan data klimatologi. Indonesia memiliki 3 tipe iklim, yaitu : 1) Tipe monsun yang ditengarai enam bulan relatif banyak hujan (Oktober – Maret) dan enam bulan berikutnya relatif sedikit hujan (April – September). 2) Tipe iklim equatorila yang mengakibatkan banyak hujan sepanjang tahun, curah hujan (CH) maksimum, yang biasanya berlangsung pada bulan Maret dan Oktober. 3) Tipe iklim lokal yaitu kebalikan dari tipe iklim monsun. Manakala di daerah tipe iklim monsun musim hujan, di daerah tipe iklim lokal justru musim kemarau, demikian sebaliknya. Bahkan pada tahun-tahun tertentu temperature seluruh wilayah Indonesia terkadang mengalami musim hujan sepanjang tahun (*La-Nina*) atau sebaliknya mengalami curah hujan yang relatif kecil sepanjang tahun (*ElNino*).<sup>66</sup>

---

<sup>65</sup> Fuadi Thobari, dkk, "Kondisi Meteorologi.....", hlm 141

<sup>66</sup> Fuadi Thobari, dkk, "Kondisi Meteorologi.....", hlm 142

Secara umum di wilayah Indonesia dapat dikatakan banyak hujan sepanjang tahun. Hal ini juga menggambarkan banyaknya awan atau kandungan uap air di udara yang ditengarai menyebabkan kelembaban udara (RH) relatif tinggi sepanjang tahun, keadaan inilah yang menyulitkan pengamatan Hilal di Indonesia.

Salah satu faktor atmosfer yang mendukung keberhasilan pengamatan Hilal ditentukan oleh keadaan cuaca pada saat itu, di antaranya adalah tingkat kecerahan atmosfer serta prakiraan cuaca satu atau dua hari sebelum pengamatan dimulai dan pada saat pelaksanaan pengamatan.

#### 1. Kecerahan Atmosfer

Salah satu faktor yang mendukung keberhasilan pengamatan Hilal ditentukan oleh keadaan cuaca saat itu, di antaranya adalah tingkat kecerahan atmosfer yang menggambarkan kecerahan atmosfer di sepanjang medium tersebut.<sup>67</sup> Bilangan kebeningan atmosfer atau *clearness number* merupakan sebuah bilangan yang menunjukkan penyimpangan atmosfer dari atmosfer standarnya dan dirumuskan dengan perbandingan radiasi surya yang mencapai permukaan Bumi pada kondisi standar dengan hasil pengukuran.<sup>68</sup> Bilangan kebeningan atmosfer diperoleh dengan cara menghitung perbandingan antara radiasi global

---

<sup>67</sup> Fuadi Thobari, dkk, "Kondisi Meteorologi.....", hlm 143

<sup>68</sup> Hoesin, "Penelitian Ketersediaan Tenaga Matahari di Indonesia", *Laporan Teknis Lembaga Fisika Nasional – LIPI*, Bandung, 1983

Matahari yang diukur di permukaan dengan radiasi total Matahari yang dihitung dari puncak atmosfer (*top of atmosphere, TOA*).<sup>69</sup>

Sinar Matahari yang memasuki puncak atmosfer Bumi dikenal dengan nama *solar constant* atau konstanta Matahari, dan memiliki nilai rata-rata sebesar 1367 W/m<sup>2</sup>. Konstanta Matahari berfluktuasi mengikuti aktifitas Matahari dan jarak Bumi-Matahari. Peningkatan aktivitas Matahari yang mengikuti siklus sebelas tahunan menghasilkan fluktuasi sebelas tahunan juga. Selain siklus sebelas tahunan, ledakan (*flare*) Matahari juga berpotensi menghasilkan partikel energi tinggi akibat terbukanya salah satu loop medan magnet di Matahari. Namun demikian, *flare* hanya terjadi pada waktu-waktu tertentu saja sehingga tidak begitu terpengaruh secara keseluruhan pada bilangan kebeningan atmosfer jangka panjang.<sup>70</sup>

Perubahan jarak Bumi-Matahari akibat lintasan orbit Bumi mengelilingi Matahari berbentuk *elips* menyebabkan terjadinya fluktuasi intensitas radiasi puncak atmosfer mengikuti pola jarak Bumi-Matahari. Agustus merupakan bulan saat Bumi mencapai jarak terjauh dengan Matahari

---

<sup>69</sup> Ideah dan Sulaeman, *Sky at Ibadan During 1975-1980*, Solar Energy, 1989, hlm 325-330 Lihat juga Kuye and Jagtap, *Analysis of Solar Radiation Data, for Port Harcourt*, Nigeria, Solar Energy, Vol 49 (2), 1992, hlm 139-145

<sup>70</sup> Saipul Hamdi, *Bilangan Kebeningan Atmosfer dan Aplikasinya dalam Ilmu Lingkungan Atmosfer*, Jurnal Dirgantara Vol 16 No 1 Juni 2015 Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, hlm 17

(*perihelion*) sehingga pada saat tersebut konstanta Matahari mengalami nilai terendahnya dalam periode satu tahun. Sebaliknya, Januari merupakan saat Bumi mengalami jarak terdekat dengan Matahari sehingga konstanta Matahari mencapai nilai terbesar. Perubahan besaran konstanta Matahari ini mengikuti pola sinuosidal, dan variasi dari maksimum ke minimum adalah sebesar 0,1<sup>71</sup>

Beberapa hal yang mempengaruhi kebeningan atmosfer di antaranya adalah aktivitas Matahari, jarak Bumi-Matahari, dan komposisi kandungan atmosfer Bumi. Beberapa senyawa di atmosfer Bumi berpotensi melemahkan intensitas radiasi Matahari melalui proses penghamburan dan penyerapan yang dikenal dengan istilah transmitasi. Senyawa-senyawa yang berkontribusi terhadap transmitasi tersebut di antaranya adalah uap air, ozon, aerosol, dan debu. Di dalam spektrum sinar Matahari, uap air memiliki pita yang paling lebar dan menyerap sinar Matahari, baik dalam spektrum infra merah, ultra violet maupun cahaya tampak. Dengan demikian, uap air mempunyai kontribusi paling besar dalam melemahkan intensitas radiasi sinar Matahari dan dapat diartikan pula sebagai faktor utama dalam menentukan kebeningan atmosfer.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai atmosfer Bumi dalam upaya menetapkan besaran-

---

<sup>71</sup> Saipul Hamdi, *Bilangan Kebeningan.....*, 17

besaran standar kandungan atmosfer Bumi, di antaranya adalah Angstrom yang mengusulkan atmosfer standar dengan kandungan kolom uap air 1,5 – 4 cm, ozon 0,25 cm<sub>NTP</sub>, partikel debu 300 cm<sup>-1</sup>, dan tekanan atmosfer 760 mmHg.<sup>72</sup> (*NTP : normal temperature pressure, 293,15k dan 0,897 atm*). Schuepp<sup>73</sup> juga menyusun model atmosfer bening dengan kandungan ozon (O<sub>3</sub>) : 0,34 cm, *precipitable water* (w) : 2,0 c, *turbidity* (B) : 0 dan tekanan (p) : 1000 mbar pada jarak Bumi-Matahari yang sebenarnya. Penyimpangan besaran-besaran dari nilai yang ditentukan dapat diartikan sebagai perubahan komposisi atmosfer terutama yang berkaitan dengan pelemahan sinar Matahari

Bilangan kebeningan atmosfer dihitung dari perbandingan intensitas sinar Matahari yang diukur di permukaan Bumi terhadap intensitas sinar Matahari ketika memasuki atmosfer Bumi (*Top of Atmosphere TOA*). Intensitas Matahari yang dihitung adalah intensitas radiasi global Matahari, yaitu jumlah dari radiasi langsung (*direct*) dan radiasi *diffuse*.<sup>74</sup> Dimaksud dengan radiasi langsung atau *direct* adalah radiasi Matahari yang menuju permukaan Bumi

---

<sup>72</sup> Hoesin dan Isril Haen, *Proses Radiasi di Atmosfer dan Peramalan Radiasi Matahari Normal, Global di Daerah Tropis*, Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dirgantara, LAPAN, Bandung, 1983. Lihat di Saipul Hamdi, *Bilangan.....*, 18

<sup>73</sup> Robinson, *Solar Radiation*, Elsevier Publishing Co, Amsterdam, 1996, hlm 159-185. Lihat di Saipul Hamdi, *Bilangan.....*, 18

<sup>74</sup> Iqbal, *An Introduction to Solar Radiation*, Academi Prees, New York, 1983. Lihat di Saipul Hamdi, *Bilangan Kebeningan.....*, 18

secara langsung pada bidang tegak lurus, sedangkan radiasi *diffuse* adalah bagian dari radiasi Matahari yang dipantulkan dan dibiaskan kembali ke angkasa oleh permukaan Bumi kemudian dikembalikan lagi ke permukaan Bumi melalui hamburan oleh atmosfer.

Setelah menembus atmosfer Bumi, maka sinar Matahari mengalami pelemahan akibat proses-proses yang terjadi, dan di antara proses tersebut adalah penyerapan energi dan pemantulan, baik pemantulan balik maupun pembiasan. Sinar Matahari yang dihitung di puncak atmosfer seringkali disebut sebagai *solar constant* atau konstanta Matahari yang besarnya sangat bergantung pada jarak Bumi terhadap Matahari. Konstanta Matahari didefinisikan sebagai jumlah energi Matahari yang tiba di puncak atmosfer Bumi (TOA) dalam arah tegak lurus terhadap sinar Matahari datang pada jarak rata-rata Bumi-Matahari. Hasil pengamatan menggunakan satelit sejak 1978 menunjukkan bahwa konstanta Matahari tidaklah bernilai tetap namun memiliki fluktuasi pada waktu-waktu tertentu. Fluktuasi ini memiliki variasi maksimum – minimum sebesar 0,1.<sup>75</sup>

Untuk menghitung nilai transmisivitas yang harganya berkisar antara 0 sampai dengan 1, artinya semakin mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa radiasi yang diterima di

---

<sup>75</sup> Chapman, Arun, *Rev, Astro, and Astrophys*, 1967, hlm 25. Lihat di Saipul Hamdi, *Bilangan.....*, 18

permukaan Bumi relatif besar. Hal ini menggambarkan bahwa perjalanan radiasi Matahari di sepanjang atmosfer sedikit terhalang uap air di udara (awan) atau polutan yang mengembang di atmosfer. Keadaan tersebut menggambarkan atmosfer relatif cerah, demikian sebaliknya, apabila nilai transimivitas kecil menunjukkan bahwa atmosfer gelap. Besarnya radiasi di permukaan Bumi sesuai hukum *Beer Bouger Lamber*<sup>76</sup> sebandiing dengan besarnya radiasi di puncak atmosfer yang akan meluruh secara eksponensial sebagai fungsi koefisien penyerapan ( $k_a$ ) dikalikan kerapatan udara ( $t$ ) sepanjang mediiium dan jarak Matahari terhadap Bumi ( $ds$ ). Model matematis formula untuk menghitung radiasi Matahari di permukaan Bumi dinyatakan seperti persamaan berikut :<sup>77</sup>

$$hs = ho \times \exp(-k_a \times t \times ds) \dots\dots\dots 1)$$

Selanjutnya besarnya nilai  $\exp(-k_a \cdot t \cdot ds)$  disebut koefisien transmisivitas yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan tingkat kecerahan atmosfer. Dengan manipulasi matematis persamaan 1) dapat dituliskan dengan

$$\dots\dots\dots 78$$

$$\exp = (-k_a \times t \times ds) \dots\dots\dots 2)$$

---

<sup>76</sup> Fuadi Thohari, dkk, *Kondisi Atmosfer .....*, hlm 144 mengutip dari K.N.Liau, *An Introduction to Solar Aradiation*, Second Edition, tp 2002, hlm 28

<sup>77</sup> Fuadi Thohari, dkk, *Kondisi Atmosfer .....*, hlm 144

<sup>78</sup> Fuadi Thohari, dkk, *Kondisi Atmosfer .....*, hlm 144

Sedangkan besarnya radiasi di puncak atmosfer ( $h_0$ ), secara matematis dinyatakan sebagai berikut :<sup>79</sup>

$$h_0 = \frac{24}{\pi} \times I_0 \times (1 + 0,033 \times (\cos(\frac{2\pi \times n}{365,242!})) \times \cos(\theta) \times \cos(\delta) \times \sin(\sin W_s - W_s \times \cos W_s) \quad \dots\dots 3)$$

Untuk menghitung  $h_0$  diperlukan input data nilai panjang hari ( $W_s$ ) dan deklinasi Matahari ( $\delta$ ) kemudian untuk menghitung nilai tersebut dapat digunakan formula sebagai berikut :

$$W_s = \arccos(-rg\theta \times rg\delta) \quad \dots\dots\dots 4)$$

$$\delta = (23 + \frac{27}{60}) \times \sin(360 \times \frac{n}{365,25}) \quad \dots\dots\dots 5)$$

Diaman :

- $h_s$  = radiasi Matahari di permukaan Bumi
- $h_0$  = radiasi Matahari di puncak atmosfer
- $t$  = koefisien penyerapan
- $ds$  = jarak Bumi-Matahari
- $\delta$  = deklinasi
- $W_s$  = panjang hari
- $I_0$  = solar constant (1353 watt/m<sup>2</sup>)
- $\Theta$  = lintang stasiun
- $n$  = hari ke  $n$  (tanggal 1 januari,  $n=1$ )

---

<sup>79</sup> Fuadi Thohari, dkk, *Kondisi Atmosfer .....*, hlm 144 mengutip dari Su=eyed Abbas Mousavi Maleki and Chandima Gomes I. *Review Estimation of Hourly, Daily, and Monthly Global Solar Radiation an Inclined Surfaces;Models Re-Visited*, tp, 2017, hlm 20



$h_s/h_o$  = koefisien transmisivitas yang menyatakan tingkat kecerahan atmosfer (*clearness number*)

Penghitungan bilangan kebeningan atmosfer biasanya dilakukan pada keadaan hari cerah tak berawan, untuk menghilangkan pengaruh awan yang dapat menyerap sinar Matahari secara kuat. Perhitungan juga dilakukan saat Matahari mencapai kulminasinya, atau memiliki sudut zenith yang terkecil dalam satu hari. Akibat dari kecilnya sudut yang dibentuk oleh sinar Matahari ini maka lintas optis sinar Matahari menjadi terpendek dalam satu hari. Bilangan kebeningan atmosfer adalah 0 sampai 1,3 dan menunjukkan tingkat kekotoran atmosfer. Bilangan kebeningan atmosfer yang tinggi menunjukkan bahwa atmosfer dalam kondisi yang bersih dan sebaliknya atmosfer dalam kondisi kotor.

<b>CN</b>	<b>Keadaan Atmosfer</b>
0,0 - 0,5	Berawan dan Mendung
0,5 - 0,7	Keruh
0,7 - 0,9	Biru Buram
0,9 - 1,1	Biru Sekali
>1,3	Amat Biru Sekali (jarang terjadi)

## 2. Tutupan Awan

Pengaruh atmosfer yang secara visual dapat kita saksikan secara langsung adalah tutupan awan, dimana keawanan ini dinyatakan dalam luas total langit dalam satuan perdelapan, persepuluh, atau persen. Keawanan 0

menunjukkan langit cerah tanpa awan dan keawanan 8/8 atau 10/10 atau 100% langit tertutup awan total. Pengamatan awan secara manual sering bersifat objektif dan hasil pengamatan antara satu pengamat dengan pengamat yang lain sering berbeda.<sup>80</sup>

Keawanan cukup tinggi dekat equator yang berhubungan dengan konvergensi<sup>81</sup> massa udara dari dua belahan Bumi ITCZ (*Inter Tropical Convergence Zone*). Keawanan yang sangat rendah terjadi di sekitar 20<sup>0</sup>-30<sup>0</sup> lintang yang merupakan daerah divergensi<sup>82</sup> karena adanya sel-sel tekanan tinggi subtropika. Keawanan rata-rata dapat ditemui di sekitar lintang 60<sup>0</sup> yang merupakan daerah pertemuan massa udara hangat dan lembab dari lintang menengah dan udara dingin dan kering dari daerah kutub.<sup>83</sup>

Keawanan juga bervariasi baik menurut tempat maupun waktu, pada bulan Januari pada umumnya keawanan tinggi terjadi di dekat ITCZ. Variasi harian keawanan terlihat juga di atas daratan dan lautan. Di atas daratan pada umumnya keawanan maksimum terjadi siang hari sampai sore hari yang diakibatkan oleh proses konveksi terutama di daerah tropis.

---

<sup>80</sup> Handoko. *Klimatologi Dasar...*, hlm 114

<sup>81</sup> Konvergensi merupakan pertemuan massa udara dari dua belahan Bumi. Lihat <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/%20konvergensi> diakses pada Minggu, 30 Juni 2019 pukul 09:38 WIB

<sup>82</sup> Divergensi merupakan penyebaran massa udara karena adanya tekanan udara yang tinggi. Lihat <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/%20divergensi> diakses pada Minggu, 30 Juni 2019 pukul 09:40 WIB

<sup>83</sup> Handoko. *Klimatologi Dasar...*, hlm 114

Keawanan minimum terjadi pada malam hari ketika udara mulai stabil karena turunnya suhu permukaan Bumi. Keawanan maksimum sekunder terjadi dari kabut pagi yang naik, sering terjadi di daerah benua terutama di atas lembah dan danau.

Di atas permukaan laut keawanan maksimum terjadi pada malam hari pada saat ketidak stabilan meningkat karena adanya pendinginan (pelepasan energi melalui radiasi) dari puncak awan. Keawanan minimum terjadi menjelang Matahari terbit, pada saat terjadi absorpsi radiasi langsung oleh lapisan-lapisan udara yang rendah sehingga awan-awan rendah menghilang.<sup>84</sup>

Di samping kecerahan atmosfer, perihal yang patut diperhatikan dalam pelaksanaan rukyat hilal yaitu informasi perkiraan cuaca satu (1) atau dua (2) hari sebelum pengamatan dimulai dan pada saat pengamatan. Informasi perkiraan cuaca tersebut harus diperbaiki (*update*) setiap 1 jam sekali.<sup>85</sup>

Salah satu tugas BMKG bidang pelayanan Meteorologi Publik yaitu dapat memberikan informasi perkiraan cuaca jangka pendek (*New Casting*) dengan rentang waktu hingga 2 jam ke depan. Khusus informasi CH yang dipantau menggunakan radar atau satelit cuaca, tingkat akurasi maksimum hingga 6 jam ke depan. Selanjutnya dalam skala Mesoscale dalam kurun waktu 6 –

---

<sup>84</sup> Handoko. *Klimatologi Dasar...*, hlm 114

<sup>85</sup> Fuadi Thobari, dkk, *Kondisi.....*, hlm 145

10 jam ke depan, perkiraan cuaca lebih akurat menggunakan model cuaca Nomerik. Selanjutnya dalam skala Synoptik pada kurun waktu 18 – 36 jam ke depan, lebih cocok menggunakan model *Metode out put statistic*<sup>86</sup>

Informasi prakiraan cuaca yang dibutuhkan saat pengamatan Hilal meliputi suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, angin dan tutupan awan. Semua unsur atmosfer di atas sangatlah penting untuk diperhatikan, sebab keberhasilan pengamatan Hilal selain ditentukan oleh posisi astronomisnya juga ditentukan oleh keadaan cuaca pada saat pengamatan. Dalam praktik pengamatan Hilal di Indonesia, sering sekali Hilal tidak dapat terlihat disebabkan karena keadaan cuaca pada saat pengamatan tersebut sedang berawan dan mendung, meskipun posisi Hilal sudah pada ketinggian yang mungkin diamati.

Parameter atmosfer di atas haruslah sangat diperhatikan meskipun beberapa parameter seperti suhu udara, tekanan udara, kelembaban udaran dan angin tidak berpengaruh secara langsung dalam keberhasilan pengamatan Hilal, yang berpengaruh secara langsung adalah tutupan awan. Namun demikian, parameter-parameter di atas saling berkaitan satu sama lain,<sup>87</sup> sehingga tidak bisa dinafikan begitu saja.

---

<sup>86</sup> Browning, K.A, Meteorological Magazine, Vol 108, 1979, hlm 161-184

<sup>87</sup> Wawancara langsung dengan Dr. Indra Gustari (Kepala Bidang Analisis Variabelitas Iklim BMKG Pusat di kantor BMKG Pusat Jl. Angkasa 1 No. 2 Kemayoran Jakarta Pusat pada 24 Mei 2019 pukul 13.23 juga via watsapp pada hari Kamis tanggal 27 Juli 2019 pukul 08.42 WIB

Keterkaitan unsur-unsur atmosfer tersebut dapat kita lihat dalam siklus hidrologi<sup>88</sup> yang meliputi : 1) Penguapan air dari permukaan Bumi, baik yang berasal dari permukaan air, tanah, atau dari jaringan tumbuhan. 2) Kondensasi uap air pada lapisan troposfer sehingga terbentuk awan. 3) Perpindahan awan mengikuti arah angin. 4) Presipitasi dalam bentuk cair (hujan) atau padat (salju dan kristal es) yang mengembalikan uap air dari atmosfer ke permukaan Bumi. 5) Mengalirnya air di permukaan Bumi mengikuti gaya gravitasi.<sup>89</sup>

Suhu Udara, tekanan udara, dan kelembaban udara secara langsung terlibat dalam proses evaporasi atau penguapan. Laju evaporasi ini sangat tergantung kepada suhu udara atau energi radiasi Matahari yang diterima, semakin besar radiasi Matahari yang diterima atau semakin tinggi suhu udara maka akan semakin banyak air yang diuapkan, Oleh sebab itu, laju evaporasi yang tinggi tercapai pada waktu sekitar tengah hari.

Selain masukan energi, laju evaporasi juga dipengaruhi oleh kelembaban udara di atasnya. Laju evaporasi akan semakin terpacu jika udara di atasnya kering atau kelembaban udaranya rendah, sebaliknya akan terhambat jika kelembaban udara tinggi.

---

<sup>88</sup> Siklus hidrologi merupakan proses distribusi air di seluruh permukaan Bumi. Lihat Lakitan Benyamin, *Dasar-dasar.....*, hlm 123. Dr. Ir. Handoko mengemukakan bahwa siklus hidrologi adalah siklus atau daur air dalam berbagai bentuk meliputi proses evaporasi, kondensasi, kemudian kembali lagi ke daratan bentuk presipitasi. Siklus ini juga mencakup transfer uap air, limpasan, dan peresapan air. Lihat juga Handoko, *Klimatologi Dasar*, PT Dunia Pustaka Jaya, Jakarta, 1995, hlm 103

<sup>89</sup> Lakitan Benyamin, *Dasar-dasar.....*, hlm 123

Jika udara di atasnya dalam kondisi jenuh uap air, maka evaporasi tidak dapat berlangsung meskipun masukan energi yang diterimanya cukup besar.

Selain terlibat dalam proses evaporasi, suhu udara, tekanan udara, dan kelembaban udara juga terlibat dalam transpirasi.<sup>90</sup> Laju transpirasi ini juga ditentukan oleh masukan energi yang diterima, semakin besar energi yang diterima maka akan semakin besar pula air yang diuapkan melalui stomata<sup>91</sup>

Pengaruh suhu terhadap pengamatan ini juga dapat dilihat pada proses pengembunan yang terjadi pada daerah dengan suhu rendah, misalnya di daerah pegunungan pada pagi hari. Suspensi butiran air yang halus dapat terbentuk pada lapisan udara dekat permukaan tanah, kumpulan butiran air yang tersuspensi ini disebut kabut atau *flog*. Butiran air pada kabut ini akan segera menguap apabila suhu udara meningkat karena menerima radiasi Matahari.<sup>92</sup> Pengembunan ini jika terjadi di atas titik beku 0°C akan menghasilkan pengembunan dalam status cair (embun, kabut, dan awan), dan jika terjadi di bawah titik beku 0°C akan menghasilkan pengembunan dalam bentuk kristal es (ibun putih, *rime*, salju dan awan putih).

---

<sup>90</sup> Transpirasi merupakan penguapan yang terjadi pada jaringan tumbuhan melalui stomata. Lihat Lakitan Benyamin, *Dasar-dasar.....*, hlm 126.

<sup>91</sup> Stomata adalah celah-velah pada epidermis tumbuhan biasanya terdapat jumlah yang banyak terutama pada daun. Lihat <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/%20stomata> diakses pada Minggu, 30 Juni 2019 pukul 09:43 WIB

<sup>92</sup> Lakitan Benyamin, *Dasar-dasar.....*, hlm 128

Proses kondensasi sehingga terbentuknya awan juga dipengaruhi oleh suhu udara pada setiap lapisan atmosfer. Penurunan suhu udara dengan bertambahnya ketinggian akan mempercepat tercapainya kejenuhan uap air sehingga merangsang terjadinya kondensasi. Uap air yang dihasilkan melalui proses evapotranspirasi dari berbagai sumber di permukaan Bumi akan bergerak ke lapisan atas atmosfer Bumi, Naiknya udara yang mengandung uap air ini dapat terjadi adalah akibat suhu udara pada lapisan bawah lebih tinggi sehingga udara tersebut memuai dan menjadi lebih ringan atau lebih renggang dan udara dingin pada lapisan atas akan menurun karena lebih berat atau lebih rapat.

Setelah awan terbentuk melalui proses kondensasi, angin berperan membawa awan tersebut sehingga menyebar ke seluruh permukaan Bumi dan terjadilah hujan setelah melalui proses presipitasi. Jika butiran air atau kristal es mencapai ukuran yang cukup besar, maka butiran air atau kristal es tersebut akan jatuh ke permukaan Bumi.

Ukuran butiran air yang jatuh sebagai presipitasi akan beragam. Butiran air yang berdiameter lebih dari 0,5 akan sampai ke permukaan Bumi dan dikenal sebagai hujan, ukuran butiran antara 0,2 mm sampai 0,5 mm akan juga sampai ke permukaan Bumi dan dikenal sebagai gerimis. Sedangkan ukuran butiran yang kurang dari 0,2 mm tidak akan sampai ke permukaan Bumi karena akan menguap dalam perjalanannya menuju permukaan Bumi.

Sumber dari berlangsungnya semua proses di atas adalah pancaran radiasi Matahari, yaitu suatu proses yang diakibatkan

oleh tingginya suhu permukaan Matahari sehingga Matahari dapat memancarkan radiasinya (dalam bentuk cahaya) ke ruang angkasa dan sekitarnya, dimana sebagian dari radiasi cahaya tersebut akan sampai ke permukaan Bumi.<sup>93</sup>

Penerimaan radiasi surya di permukaan Bumi sangat bervariasi menurut tempat dan waktu. Berdasarkan tempat, penerimaan radiasi Matahari ditentukan oleh perbedaan letak lintang serta keadaan atmosfer terutama awan. Perbedaan letak lintang ini akan mengakibatkan perubahan panjang hari (lama penyinaran) yang diterima di lokasi-lokasi di permukaan Bumi. Perubahan panjang hari tidak terlalu besar di daerah tropis yang dekat dengan ekuator, semakin jauh letak tempat dari garis ekuator, maka frekuensi lama penyinaran Matahari akan semakin besar.<sup>94</sup> Untuk 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 di belahan Bumi sebelah utara.<sup>95</sup> Dengan kata lain, belahan Bumi utara akan mengalami siang yang lebih panjang pada saat deklinasi Matahari maksimum, dan belahan Bumi selatan akan mengalami siang lebih lama saat deklinasi minimum.

---

<sup>93</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-dasar Klimatologi*, ....hlm 61

<sup>94</sup> Saipul Hamdi, "Mengeal Lama Penyinaran...", hlm 8

<sup>95</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-dasar.....* hlm 70-80



## BAB IV

### PENGARUH ATMOSFER DALAM VISIBILITAS HILAL

#### A. Pengamatan Hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan lembaga pemerintah non-departemen (LPND)<sup>1</sup> yang mendapatkan amanah undang-undang untuk melakukan pengamatan sedikitnya terhadap posisi Matahari dan Bulan yang secara eksplisit disebutkan pada pasal 11 Undang-undang Republik Indonesia No. 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi Klimatologi dan Geofisika<sup>2</sup>

BMKG mulai melakukan pengamatan Hilal khususnya untuk kepentingan penetapan awal bulan kamariyah sejak tahun 1972 dan lebih intensif sejak tahun 2010.<sup>3</sup> Pengamatan Hilal BMKG dilakukan Pengamatan Hilal BMKG ini dilakukan oleh tenaga profesional yang telah mendapatkan pendidikan pada sekolah kedinasan STMKG, pusat pendidikan dan pelatihan (PUSDIKLAT) BMKG, dan sarana pendidikan yang lain. Secara

---

<sup>1</sup> Lihat Fungsi dan Tugas Pokok BMKG di <http://www.bmkg.go.id/profil/?p=tugas-fungsi>, diakses pada 1 Januari 2018 Pukul 08.31 WIB

<sup>2</sup>Lampiran Undang-undang Republik Indonesia No. 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, pasal 11, hlm : 10

<sup>3</sup> Wawancara dengan Rukman Nugroho Staf BMKG di bidang Geofisika Potensial di kantor BMKG Jl. Angkasa 1 No. 2 RT 10 Gunung Sahari Selatan Kecamatan Kemayoran Daerah Husus Ibukota Jakarta Pusat pada Senin. 8 Februari 2016 pukul 10.00 WIB. Lihat Skripsi Badrul Munir, *Analisis Hasil Pengamatan Hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)*, Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, tahun 2016, hlm 56

*continou* setiap bulan BMLG melakukan pengamatan Hilal di beberapa titik di Indonesia, diantaranya :<sup>4</sup>

1. BMKG Pusat : Bidang Potensial dan Tanda Waktu.
2. Sta. Geof, Kelas III Mata le – Banda Aceh.
3. BMKG Wilayah I Medan.
4. Sta. Geof, Kelas I Silaing – Padang Panjang.
5. Sta. Geof, Kelas I Tangerang.
6. Sta. Geof, Kelas I Bandung.
7. Sta. Geof, Kelas I Yogyakarta.
8. Sta. Geof, Kelas III Karang Kates – Malang.
9. BMKG Wilayah III Denpasar.
10. Sta. Geof, Kelas I Kampung Baru – Kupang.
11. Sta. Geof, Kelas II Gowa – Makasar.
12. Sta. Geof, Kelas I Palu.
13. Sta. Geof, Kelas I Winangun – Manado.
14. Sta. Geof, Kelas III Ternate.
15. Sta. Geof, Kelas I Karang Panjang – Ambon.
16. Sta. Geof, Kelas I Angkasapura – Jayapura.

Guna mendapatkan hasil yang maksimal, pengamatn Hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) ini didukung oleh alat-alat optik<sup>5</sup>, diantaranya

---

<sup>4</sup> Daftar Titik Teleskop di BMKG (tempat-tempat pengamatan Hilal), Didapat saat melakukan pra riset di gedung BMKG Pusat Jakarta pada tanggal 9 Februari 2016

<sup>5</sup> Wawancara dengan Staf bidang Geofisika Potensial dan Tanda waktu Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di gedung BMKG Pusat Jakarta pada hari Senin. 14 Maret 2016 pukul 10.34 WIB

1. Teleskop : William Optic Megrez 72 FD APO (f/D: 6, D: 72)<sup>6</sup>  
+ 2" Dielectric Diagonal

Teleskop Megrez 72 APO ini dirancang untuk kompak namun memberikan *image quality* yang sangat prima. Karena koreksi warna dan ketajamannya yang baik, megrez 72 cocok untuk digunakan untuk pengamatan visual dan astrophotography.<sup>7</sup> Spesifikasi dari teleskop ini<sup>8</sup> adalah:

- a. *Aperture* : 72 mm
- b. *Focal Ratio* : F/6
- c. *Focal Length* : 432 mm (17")
- d. *Objective Type* : *Doublet, Air Spaced, Fully Multi-coated, SMC coating*
- e. *Resolving Power* : 1.58"
- f. *Limiting Magnitude* : 11
- g. *Lens Shade* : Retractable
- h. *Focuser* : 50.8 mm (2") *Crayford Focuser with 1:10 Dual Speed microfocuser, 81 mm (3.2") focuser Travel Length, 360" Rotatable Design*
- i. *1.25" Adapter : Brass Compression Rings*
- j. *L-type Mount* : L Bracket
- k. *Field Stops* : 2 Baffles
- l. *Tube Diameter* : 87 mm (3.43")

---

<sup>6</sup> Lihat lampiran, gambar 1

<sup>7</sup><http://www.prominencescope.com/prominence/produkdetail.aspx?id=144&idk=6&idl=2> diakses pada hari senin 13 April 2016 pkl 19:00

<sup>8</sup> *ibid*

- m. *Tube Length* : 300 mm (11.8") *Fully Retracted*, 360 mm (14.2") *Fully Extended*
  - n. *Tube Weight* : 4.8 lbs. (2.2 kg)
  - o. *Backpack Dimension* : 31.8 cm × 44.5 cm × 16 cm
  - p. (W×H×D) : (12.5" × 17.5" × 6.2") *water resistant*
  - q. *Backpack Weight* : 4.01 lbs. (1.82 kg)
2. *Penyangga/Mount* : Vixen GP-2 Mount (German Equatorial Go-To)
3. *Filter* : *Thousand Oaks Optical Solar Filters* RG 3750 for Megrez 72

Vixen GP-2 Mount German Equatorial mount yang presisi. Desainnya kompak dan bobotnya yang relatif ringan cocok untuk mereka yang sering berpindah tempat dalam melakukan pengamatan. Mount ini memiliki kapasitas 7-8 kg.<sup>9</sup>

Filter yang berbahan optical glass ini menggunakan ring aluminium yang sangat kuat. Karena konstruksinya, filter ini dapat secara aman digunakan selama bertahun-tahun. Dengan density 5, artinya pemakaian yang tak terbatas waktunya secara aman untuk mata - dan dapat juga digunakan

---

<sup>9</sup><http://www.prominencescope.com/prominence/produkdetail.aspx?id=47&idk=18&idl=2> diakses pada hari Rabu 4 Mei 2016 Pukul 16.20 WIB

untuk memotret matahari dengan menggunakan berbagai macam kamera<sup>10</sup>

4. Adapter : Universal Digiscoping Adapter
5. Kamera digital : Canon Powershoot A3100S
6. Kompas Geologi : Brunton
7. GPS : Garmin CSX76

Dalam perjalanannya, pengamatan Hilal BMKG ini mendapatkan apresiasi dari lembaga internasional yang bernama Islamic Crescents Observation Project (ICOP).<sup>11</sup> Hasil pengamatannya mendapatkan rekor dunai : *Pertama*, pengamatan hilal awal Rajab 1436 H dengan kategori umur bulan termuda yang dilakukan di Makassar pada 19 April 2015 dengan tinggi Hilal: 6,83°, elongasi: 7,95°, dan umur Bulan: 15,06 jam. *Kedua*, pengamatan hilal awal Safar 1438 H yang dilakukan pada hari Senin, 31 Oktober 2016 di Pero Konda, Bondo Kodi, Kab. Sumba Barat Daya, NTT dengan kategori elongasi terpendek. Hilal tersebut teramati pada pukul 18:08:53 - 18:14:18 WITA dengan tinggi Hilal 6,21°, elongasinya adalah 7,89°, umur bulannya

---

<sup>10</sup><http://www.prominencescope.com/prominence/produkdetail.aspx?id=57&idk=16&idl=2> diakses pada hari Rabu 4 Mei 2016 Pukul 16.20 WIB

<sup>11</sup> ICOP adalah singkatan dari Islamic Crescents Observation Project yang merupakan sebuah proyek internasional yang didirikan pada 1419 H. (1998 CE), dan dikelola oleh International Astronomical Center (IAC). ICOP adalah sekelompok pengamat dan pakar yang tertarik dengan topik astronomi yang terkait dengan aplikasi Islam, seperti observasi bulan sabit, waktu sholat, kalender Hikriyah dan arah kiblat. Anggota ICOP yang berada di seluruh dunia mengamati bulan sabit secara bulanan dan mengirimkan hasil pengamatan mereka, yang dipublikasikan di situs ICOP setelah diverifikasi.

adalah 16,39 jam, lagunya adalah 30 menit, dan fraksi iluminasi bulannya adalah 0,48%.<sup>12</sup>

Di dalam hubungannya dengan pembahasan faktor atmosfer dalam visibilitas Hilal ini, penulis menggunakan data hasil pengamatan Hilal yang diamati dari Manado dan Kupang pada tahun 2017 dan 2018. Manado dan Kupang merupakan salah satu titik pengamatan Hilal BMKG yang ditengarai sering berhasil mengamati Hilal.

Di Manado, pada tahun 2017 pengamat berhasil mengamati Hilal sebanyak 4 kali yaitu pada 1) bulan Januari untuk Hilal awal *Jumadil Ula* 1438 H, 2) bulan April untuk Hilal awal *Sya'ban* 1438 H, 3) bulan Mei untuk Hilal awal *Ramadhan* 1438 H, dan 4) bulan Juli untuk Hilal awal *Dzulqo'dah* 1438 H. Pada tahun 2018, pengamat berhasil mengamati Hilal sebanyak 4 kali pula yaitu : 1) bulan Maret untuk Hilal awal *Rojab* 1439 H, 2) bulan Mei untuk Hilal awal *Ramadhan* 1439 H, 3) bulan Juni untuk Hilal awal *Syawwal* 1439 H, dan 4) bulan September untuk Hilal awal *Muharrom* 1439 H.<sup>13</sup>

Sementara di Kupang, pada tahun 2017 pengamatan berhasil mengamati Hilal sebanyak 6 kali, yaitu : 1) bulan Januari

---

<sup>12</sup> <http://www.bmkg.go.id/berita/?p=tim-rukayat-hilal-stasiun-geofisika-waingapu-bmkg-pecahkan-rekor-dunia&lang=ID> Diakses pada Rabu 09 November 2017 Pukul 07.19 WIB

<sup>13</sup> Kompilasi Hasil Pengamatan Hilal BMKG di Manado tahun 2017, didapatkan saat melakukan riset di kantor BMKG Pusat Jl. Angkasa 1 No. 2 RT 10 Gunung Sahari Selatan Kecamatan Kemayoran Daerah Husus Ibukota Jakarta Pusat pada 24 Mei 2017

untuk Hilal awal *Jumādil Ūla* 1438 H, 2) bulan April untuk Hilal awal *Sya'ban* 1438 H, 3) bulan Mei untuk Hilal awal *Ramadhan* 1438 H, 4) bulan Juli untuk Hilal awal *Dzulqo'dah* 1438 H, 5) bulan Agustus untuk Hilal awal *Dzulhijjah* 1438 H, dan 6) bulan Oktober untuk Hilal *Sofar* 1438 H. Pada tahun 2018, pengamat berhasil mengamati Hilal sebanyak 3 kali, yaitu : 1) bulan Mei untuk Hilal awal *Ramadhan* 1439 H, 2) bulan Agustus untuk Hilal awal *Dzulhijjah* 1439 H, dan 3) bulan November untuk Hilal awal *Robi'ul Awal* 1439 H.<sup>14</sup>

Selain itu, Manado dan Kupang juga ditengarai sebagai salah satu wilayah di Indonesia dengan kecerahan langit yang cukup baik, hal ini dapat dibuktikan dengan melakukan perhitungan berdasarkan perbandingan antara radiasi di puncak atmosfer (*Top of Atmosfer*) dan radiasi di permukaan Bumi.<sup>15</sup> Bilangan kecerahan atmosfer adalah 0 sampai 1,3 dan menunjukkan tingkat kekotoran atmosfer. Bilangan kebeningan atmosfer yang tinggi menunjukkan bahwa atmosfer dalam kondisi yang bersih dan sebaliknya atmosfer dalam kondisi kotor.

---

<sup>14</sup> Kompilasi Hasil Pengamatan Hilal BMKG di Manado tahun 2017, didapatkan saat melakukan riset di kantor BMKG Pusat Jl. Angkasa 1 No. 2 RT 10 Gunung Sahari Selatan Kecamatan Kemayoran Daerah Husus Ibukota Jakarta Pusat pada 24 Mei 2018

<sup>15</sup> Fuadi Thobari, dkk, "Kondisi Meteorologi Saat Pengamatan Hilal 1 Syawal 1438 H di Indonesia; Upaya Peningkatan Kemampuan Pengamatan dan Analisis Data Hilal", *Jurnal Ahkam Fakultas Syariah dan Hukum Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*, Vol 17 November 2017, hlm 141

Tabel 4. Nilai Kecerahan Atmosfer (*Clearness Number*)

CN	Keadaan Atmosfer
0,0 - 0,5	Berawan dan Mendung
0,5 - 0,7	Keruh
0,7 - 0,9	Biru Buram
0,9 - 1,1	Biru Sekali
>1,3	Amat Biru Sekali (jarang terjadi)

Dengan menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, penulis menemukan bahwa tingkat kecerahan atmosfer di Manado pada bulan Agustus 2017 mencapai nilai 0,3 atau masih dalam kategori berawan dan mendung. Di dalam menghitung tingkat kecerahan atmosfer di Manado ini, penulis hanya bisa menghitung nilai rata-rata kecerahan atmosfer setiap bulan. Hal ini disebabkan karena penulis hanya mendapatkan data radiasi Matahari permukaan Bumi di wilayah Manado dengan nilai rata-rata per bulan saja.<sup>16</sup> Dalam hal pengamatan Hilal, idealnya dapat menghitung kecerahan atmosfer pada saat pengamatan dengan data radiasi Matahari permukaan Bumi di tempat pengamatan tersebut 1 atau 2 hari<sup>17</sup> sebelum

---

<sup>16</sup> Wawancara dengan Candra (seorang forcaster di Stasiun Klimatologi Manado pada hari Senin, 1 Juli 2019 pukul 14.30 WIB melalui watsapp di nomor 085256585261. Dalam dialog ini, Stasiun klimatologi Manado menyatakan bahwa pihaknya tidak dapat mengeluarkan data radiasi Matahari permukaan Bumi harian, melainkan bulanan.

<sup>17</sup> Hal ini disebabkan karena statistik cuaca pada 1 hari sebelumnya dan 1 hari sesudahnya bernilai 75%. Artinya cuaca hari ini relatif sama dengan cuaca hari kemarin dan besok. Lihat Bradley. E. Schafer, "Astronomy and The Limits of Vision", *Vistas In Astronomy*, Vol 36 1993, hlm :329



pengamatan dan pada saat pengamatan, sehingga bisa memprediksi kemungkinan ketampakan Hilal.

## **B. Pengaruh Faktor Atmosfer dalam Visibilitas Hilal.**

Dalam mendefinisikan pengaruh atmosfer dalam visibilitas hilal ini, penulis menggunakan suatu model yang berfungsi untuk melihat potensi teramatinya Hilal pada saat pengamatan. Model yang digunakan adalah model yang dibangun oleh Katsner<sup>18</sup> yang memprediksi visibilitas pada saat senja untuk objek-objek di langit di dekat Matahari.<sup>19</sup> Perhitungan fungsi visibilitas model Katsner ini menyertakan faktor kecerahan objek di luar dan di dalam atmosfer Bumi, ekstingsi optis atmosfer sebagai fungsi ketinggian objek, distribusi kecerahan langit senja sebagai fungsi sudut depresi Matahari, dan kontribusi dari kecerahan langit malam.<sup>20</sup>

Secara umum, Katsner menyertakan beberapa faktor di bawah ini dalam modelnya

### 1. Menentukan posisi benda langit

Penentuan visibilitas benda langit hampir selalu diawali dengan perhitungan posisi benda tersebut terhadap langit.

Perhitungan posisi benda langit dapat dibagi menjadi 2 tahap,

---

<sup>18</sup> Lihat Sidney. O. Katsner, "Calculation of The Twilight Visibility Function of Near Sun Object", *The Journal of The Royal Astronomical Society of Canada*, Vol 70 No. 4, 1976

<sup>19</sup> J.A.Utama, A. Siregar, "Usulan Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia dengan Model Katsner", *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, Vol 9, Tahun 2013, hlm : 199

<sup>20</sup> J.A.Utama, A. Siregar, "Usulan....", hlm 199

yaitu : Pertama, menentukan posisi benda langit dengan koordinat ekuatorial (*ascensio recta*<sup>21</sup> dan deklinasi<sup>22</sup>). Kedua, menentukan posisi semu benda tersebut terhadap ufuk pengamat, koordinat horizontal (azimut<sup>23</sup> dan tinggi<sup>24</sup>).

## 2. Refraksi<sup>25</sup>

Ketika cahaya berjalan melewati atmosfer, maka jalannya pasti akan dibengkokkan oleh refraksi. Posisi semu benda langit jika dilihat dari permukaan Bumi pasti akan terangkat oleh nilai dari refraksi tersebut. Formulasi besaran refraksi untuk ketinggian benda langit yang di atas ufuk dengan rumus :

$$R = 58,2'' (0,372 P / 273^0 + T) \tan Z$$

Dimana

R = Refraksi

P = Tekanan Udara (mmHg)

T = Temperatur Udara (°C)

---

<sup>21</sup> *Ascensio recta* dikenal juga dengan sebutan panjatan tegak, yaitu jarak titik pusat Bulan dan titik aries diukur sepanjang lingkaran ekuatorial. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta, 2012, hlm : 33

<sup>22</sup> Deklinasi adalah busur pada lingkaran waktu yang diukur mulai dari titik perpotingan antara lingkaran waktu dan ekoatorke arah utara atau selatan sampai ke titik pusat benda langit. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi.....*, hlm : 53

<sup>23</sup> Azumut adalah busur yabg diukur mulai dari titik utara ke arah timur sampai dengan lingkaran vertikal yang yang melalui benda langit. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi.....*, hlm : 38

<sup>24</sup> Tinggi juga disebut dengan *irtifa'* yang dihitung dari kaki langit (ufuk) melintasi lingkaran vertikal sampai pada benda langit yang dimaksud. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi.....*, hlm : 102

<sup>25</sup> Bradley. E. Schafer, "Astronomy and....., hlm : 314

$Z$  = Jarak Zenit (DMS)

Jika melihat persamaan di atas, maka dapat diketahui bahwa faktor yang mempengaruhi adanya refraksi adalah tekanan dan temperatur udara.

Sementara untuk ketinggian benda langit di dekat ufuk dapat diketahui dengan rumus dari Seamundason (1986) :

$$R = 1' \tan (h + (7,31 / h + 4,4)) \text{ dan}$$

$$R = 1,02' / \tan (h' + (1,3 / h + 5,11))$$

Dimana

$$h = 90^0 - Z$$

$$h' = 90^0 - Z - R$$

Benda langit yang berada di daerah zenith mempunyai refraksi  $0^0$ , semakin rendah posisi benda langit maka semakin besar nilai refraksinya. Refraksi terbesar yaitu ketika piringan atas benda langit bersinggungan dengan ufuk bernilai berkisar  $34' 30''$ . Refraksi ini juga biasanya disebut dengan *al-Inkisar al-Jawi* atau *Daqo'iq al-Ikhtila*<sup>26</sup>

### 3. Masa Udara<sup>27</sup>

Peredupan sinar cahaya benda langit yang masuk ke atmosfer bergantung dengan seberapa tebal udara yang dilalui oleh sinar tersebut. Faktor penyebab peredupan sinar tersebut dapat dibagi menjadi 2, yaitu : Pertama, faktor geometri yang menjadi faktor utama dalam penentuan posisi semu jarak

---

<sup>26</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi.....*, hlm : 180

<sup>27</sup> Bradley. E. Schafer, "Astronomy and.....", hlm : 316

zenith. Kedua, faktor meteorologi yang bervariasi tergantung waktu dan tempat

Faktor geometri ( $x$ ), diukur dalam satuan massa udara, faktor geometri ini dapat diartikan sebagai panjang jalur optik dari sumber cahaya menuju zenith. Untuk ketinggian benda langit yang jauh dari horizon, dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$X = \text{Sec}(Z)$$

Sementara untuk ketinggian dekat ufuk dapat dihitung dengan rumus :

$$X = \{ \cos(Z) + 0,025e^{-11 \cos(Z)} \}^{-1}$$

#### 4. *Extinction*<sup>28</sup>

*Extinction* atau ekstingsi merupakan ukuran total peredupan cahaya diukur dalam satuan magnitudo per massa udara. Ekstingsi ini dipengaruhi oleh panjang gelombang cahaya dan beberapa komponen peredupan cahaya. Dengan faktor ekstingsi ini kita bisa menentukan total cahaya yang hilang akibat udara, untuk kondisi atmosfer yang baik, nilai koefisien ekstingsi ini bernilai 0,2 magnitudo/massa udara

#### 5. Sumber Cahaya (*Source Brightness*)<sup>29</sup>

Faktor yang paling mendasar dalam penentuan visibilitas objek-objek di langit adalah kecerahan objek tersebut di atas atmosfer, kecerahan ini dinyatakan dalam besaran magnitudo,

---

<sup>28</sup> Bradley. E. Schafer, "Astronomy and....., hlm : 317 Lihat juga Sidney. O. Katsner, "Calculation..., hlm : 157 - 159

<sup>29</sup> Bradley. E. Schafer, "Astronomy and....., hlm : 319 -320

kecerahan ini terkait dengan iluminasi benda langit sebelum cahaya benda langit tersebut melewati atmosfer

Sumber cahaya objek sendiri dibagi menjadi dua : Pertama, *Point Source* yakni sumber cahaya yang berupa titik, seperti bintang atau planet. Kedua, *Extended Sources*, yaitu sumber cahaya yang tidak berupa titik melainkan cahaya yang melebar, seperti Matahari dan Bulan

Dalam menghitung kecerahan Bulan, ada beberapa formulasi tambahan yang harus dihitung terkait dengan jenis fase Bulan, karena Bulan tidak memiliki fase sendiri melainkan berasal dari pantulan sinar Matahari. Magnitudo bulan dapat dihitung dengan rumus

$$M_{\text{moon}} = 12,73 + 0,026 |a| + 4 \times 10^{-9} a^4, \text{ dimana}$$

$a$  = sudut fase Bulan dalam satuan DMS dengan sudut fase purnama =  $0^0$

#### 6. Cahaya Langit (Cahaya Latar Belakang)<sup>30</sup>

Kecerahan cahaya langit sangat bervariasi, berkisar di atas 7 rentang magnitudo dinyatakan dalam satuan nanoLamberts ( $nL$ ). Faktor ini merupakan sebuah fungsi yang sangat rumit karena harus ada banyak hal yang dikaitkan, yaitu jarak zenit dari Matahari, Bulan dan arah langit, elongasi atau jarak antara Matahari dan Bulan dan arah langit, ketinggian Matahari, magnitudo objek langit, dan faktor peredupan cahaya oleh udara. Selain itu ada juga faktor

---

<sup>30</sup> Bradley. E. Schafer, "Astronomy and....., hlm : 320-322

kondisional lokasi yang juga harus dilibatkan, diantaranya :  
 vokusi udara dan erupsi vulkanik. Nilai kecerahan langit  
 sevara umum dapay dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. Kondisi Umum Kecerahan Langit

Latar	$B_{sky} (nL)$
Latar Matahari	$6 \times 10^{14}$
Latar Bulan Purnama	$1 \times 10^8$
Latar Bulan fase <i>Quarter</i>	$3 \times 10^8$
Zenit saat Matahari Terbenam	$3 \times 10^7$
Zenit saat Fajar/Senja Sipil	$1 \times 10^5$
Zenit saat FAJAR/Senja Neutika	300
Daerah Horizon saat Langit Gelap	240
Zenit saat Langit Gelap	20
Tergelap yang pernah diamati	54

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk  
 memprediksi visibilitas menurut Katsner adalah sebagai berikut :

1. Menentukan Posisi Benda Langit

Menentukan posisi Bulan (jarak zenith, azmut,  
 Magnitudo semu visual,dan semi diameter) serta posisi  
 Matahari (azimut dan sudut depresi<sup>31</sup>)<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> Depresi adalah sudut kedalaman, kebalikan dari elevasi, nilainya jg  
 kebalikan dari elevasi, jika di atas ufuk negatif jika di bawah ufuk positif

<sup>32</sup> Judistira menggunakan bantuan aplokasi MoonCale dalam  
 perhitungannya

2. Menghitung kecerahan Bulan di luar ( $L_*$ ) dan di dalam atmosfer ( $L_e$ ), dengan rumus :<sup>33</sup>

$$A = (0,5 \times \pi r^2) \{1 + \cos(180^\circ - ARCL)\}$$

$$L_* = \frac{1}{A} \times 2,51^{(10-Mvis)}$$

$$X = \frac{1}{\cos z + 0,025 \times \exp(-11 \times \cos z)}$$

$$L_e = L_* \times \exp(-k \times X)$$

dimana :

$A$  = semi diameter Bulan

ARCL = elongasi

$Z$  = jarak zenith

$K$  = koefisien ekstingsi

3. Menghitung kecerahan langit senja ( $L$ ) dengan rumus :

$$\theta_0 = -(4,12 \times 10^{-2}z + 0,582)h + 0,417z + 97,2$$

$$\begin{aligned} \text{Log } L = & -(7,5 \times 10^{-5}Z + 5,05 \times 10^{-5})\theta \\ & + (3,67 \times 10^{-5}z - 0,458)h \\ & + 9,17 \times 10^{-5}z + 3,525 \text{ (jika } \theta \leq \theta_0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lag } L = & 0,0010\theta + (1,12 \times 10^{-3}z - 0,470)h \\ & - 4,17 \times 10^{-3}z + 3,225 \text{ (jika } \theta > \theta_0) \end{aligned}$$

dengan :

$$\theta_0 = \text{sudut transisi}^{34}$$

---

<sup>33</sup> Dihitung dengan formula dari Katsner. Lihat Sidney. O. Katsner, "Calculation....., hlm 156-159

<sup>34</sup> Sudut transisi digunakan untuk menilai keterpengaruhannya cahaya Matahari terhadap kecerahan langit senja, atau besar medan pandang yang terpengaruh oleh cahaya Matahari

$\theta = \text{beda azimut Bulan dan Matahari}$

$h = \text{sudut depresi Matahari}$

4. Melakukan kalibrasi kecerahan langit senja ( $L_s$ ) mencari kontribusi langit malam ( $L_a$ ) dan menentukan kecerahan latar belakang ( $L_{sa}$ ) dengan rumus :<sup>35</sup>

$$L_s = 290 (10^{\log L + 2,5})$$

$$L_a = 290 + 105_e \text{Exp} (90 - z)^2$$

$$L_m = L_s + L_e$$

5. Menentukan nilai koreksi optik untuk kecerahan latar belakang dan kecerahan Bulan :<sup>36</sup>
- Koreksi pengelihatn binokuler ( $F_b$ ) dengan nilai 1,41 atau V2
  - Koreksi penyerapan cahaya oleh lensa teleskop ( $F_1$ )<sup>37</sup>:

$F_1 = 1/t^0 \times (1 - (D_s/D)^2)$ . Dengan :

$D/D = \text{Koreksi untuk teleskop refraktor, } (D_s : \text{kaca sekunder}), D = \text{kaca primer, jika teleskop reflektor maka } D_s/D)$

$n = \text{Jumlah lensa}$

$t = \text{Tingkat kebersihan lensa (bersih} = 0,96 \text{ kotor} = 0,70)$

---

<sup>35</sup> Dihitung dengan formula dari Katsner. Lihat Sidney. O. Katsner, "Calculation.....", hlm 157-160

<sup>36</sup> Dihitung dengan formula Schafer. Lihat Bradley. E. Schafer, *Astronomical Visual Limiting Magnitude Calculation* dalam <http://www.bogan.ca/astro/optics/vislimit.html> diakses pada 24 April 2019 pukul 18.20 WIB

<sup>37</sup> Koreksi ini diterapkan karena kebanyakan teleskop memakai sistem monocular, sehingga koreksi ini menjadikan kekuatan 2 mata menjadi 1 mata



c. Koreksi penyebaran cahaya oleh pupil ( $F_p$ )

$$D_e = 7 \exp(-0,5[A/100]^2)$$

$$F_p = D/MD_c)^2, \text{ jika } D_e < D/M$$

$$F_p = 1,0, \text{ jika } D_e > D/M \text{ dengan}$$

$D_c$  = diameter pupil pengamat

$A$  = Usia pengamat

$D$  = Lensa objektif teleskop

$M$  = Pembesaran teleskop

d. Koreksi pengumpulan cahaya oleh teleskop ( $F_a$ )

$$F_a = (D_e/D)^2$$

e. Koreksi penyebaran cahaya karena pembesaran teleskop

( $F_m$ )

$$F_m = M^2$$

f. Koreksi pembesaran benda langit ( $F_r$ )

$$F_r = (2\Theta M/900'')^{0,5}, \text{ jika } 2\Theta M > 900''$$

$$F_r = 1,0, \text{ jika } 2\Theta M < 900'', \text{ dengan :}$$

$\Theta$  = *The radiuse of seeing disk*

$M$  = Pembesaran

g. Menjumlahkan koreksi untuk kecerahan latar belakang

( $F_b$ ) dan kecerahan Bulan ( $F_i$ )<sup>38</sup>:

$$F_b = F_b F_l F_p F_a F_m$$

$$F_l = F_b F_l F_p F_a F_r F_s$$

---

<sup>38</sup> Lihat Binta Yudistira DKK, *Model Visibilitas Katsner*, hlm 60

6. Menentukan kecerahan latar belakang efektif ( $B_{ef}$ ) dan kecerahan objek efektif ( $L_{ef}$ ) dengan koreksi<sup>39</sup> :

$$B_{ef} = L_{sa} / F_1$$

$$L_{ef} = L_e / F_b$$

7. Menghitung fungsi visibilitas ( $\Delta m$ ), jika hasil negatif maka visibilitas hilal negatif, jika hasil positif maka visibilitas hilal positif<sup>40</sup> :

$$R = L_{ef} / B_{ef}$$

$$\Delta m = 2,5 \text{ Log } R$$

Dalam pembahasan ini, penulis menambahkan koreksi kecerahan atmosfer sebagai pengganti daripada fungsi *extinction* (penyerapan cahaya) yang mempunyai nilai konstan. Kecerahan atmosfer ini nilainya ditentukan dengan berdasarkan waktu dan tempat masing-masing pengamatan. Nilai kecerahan atmosfer diperoleh dengan cara menghitung perbandingan antara radiasi global Matahari yang diukur di permukaan dengan radiasi total Matahari yang dihitung dari puncak atmosfer (*top of atmosphere, TOA*).<sup>41</sup>

---

<sup>39</sup> J.A.Utama, A. Siregar, "Usulan....", hlm 61

<sup>40</sup> Dihitung dengan formula dari Katsner. Lihat Sidney. O. Katsner, "Calculation.....", hlm 160

<sup>41</sup> Ideah dan Sulaeman, *Sky at Ibadan During 1975-1980*, Solar Energy, 1989, hlm 325-330 Lihat juga Kuye and Jagtap, *Analysis of Solar Radiation Data, for Port Harcourt*, Nigeria, Solar Energy, Vol 49 (2), 1992, hlm 139-145

Besarnya radiasi di permukaan Bumi sesuai hukum *Beer Bouger Lamber*<sup>42</sup> sebanding dengan besarnya radiasi di puncak atmosfer yang akan meluruh secara eksponensial sebagai fungsi koefisien penyerapan ( $k_a$ ) dikalikan kerapatan udara ( $t$ ) sepanjang medium dan jarak Matahari terhadap Bumi ( $ds$ ). Model matematis formula untuk menghitung radiasi Matahari di permukaan Bumi dinyatakan seperti persamaan berikut :<sup>43</sup>

$$hs = ho \times \exp(-k_a \times t \times ds) \quad \dots\dots\dots 1)$$

Selanjutnya besarnya nilai  $\exp(-k_a \cdot t \cdot ds)$  disebut koefisien transmisivitas yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan tingkat kecerahan atmosfer. Dengan manipulasi matematis persamaan 1) dapat dituliskan dengan :<sup>44</sup>

$$\exp = (-k_a \times t \times ds) \quad \dots\dots\dots 2)$$

Sedangkan besarnya radiasi di puncak atmosfer ( $ho$ ), secara matematis dinyatakan sebagai berikut :<sup>45</sup>

$$ho = \frac{24}{\pi} \times I_0 \times (1 + 0,033 \times (\cos(\frac{2\pi \times n}{365,242!})) \times \cos(\theta) \times \cos(\delta) \times \sin(\sin W_s - W_s \times \cos W_s) \quad \dots\dots\dots 3)$$

<sup>42</sup> Fuadi Thohari, dkk, *Kondisi Atmosfer .....*, hlm 144 mengutip dari K.N.Liau, *An Introduction to Solar Aradiation*, Second Edition, tp 2002, hlm 28

<sup>43</sup> Fuadi Thohari, dkk, *Kondisi Atmosfer .....*, hlm 144

<sup>44</sup> Fuadi Thohari, dkk, *Kondisi Atmosfer .....*, hlm 144

<sup>45</sup> Fuadi Thohari, dkk, *Kondisi Atmosfer .....*, hlm 144 mengutip dari Su=eyed Abbas Mousavi Maleki and Chandima Gomes I. *Review Estimation of Hourly, Daily, and Monthly Global Solar Radiation an Inclined Surfaces;Models Re-Visited*, tp, 2017, hlm 20

Untuk menghitung  $h_o$  diperlukan input data nilai panjang hari ( $W_s$ ) dan deklinasi Matahari ( $\delta$ ) kemudian untuk menghitung nilai tersebut dapat digunakan formula sebagai berikut :

$$W_s = \arccos(-rg\theta \times rg\delta) \dots\dots\dots 4)$$

$$\delta = (23 + \frac{27}{60}) \times \sin(360 \times \frac{n}{365,25}) \dots\dots\dots 5)$$

Diaman :

- $h_s$  = radiasi Matahari di permukaan Bumi
- $h_o$  = radiasi Matahari di puncak atmosfer
- $t$  = koefisien penyerapan
- $ds$  = jarak Bumi-Matahari
- $\delta$  = deklinasi
- $W_s$  = panjang hari
- $I_0$  = solar constant (1353 watt/m<sup>2</sup>)
- $\Theta$  = lintang stasiun
- $n$  = hari ke n (tanggal 1 januari, n=1)
- $h_s/h_o$  = koefisien transmisivitas yang menyatakan tingkat kecerahan atmosfer (*clearness number*)

Koreksi kejernihan atmosfer pada Katsner, dilakukan mengguakan persamaan di atas dengan input nilai radiasi Matahari permukaan Bumi,<sup>46</sup> suhu udara, dan tekanan udara<sup>47</sup> di lokasi

---

<sup>46</sup> Nilai radiasi Matahari di permukaan Bumi ini bisa didapatkan informasinya dari stasiun Klimatologi yang ada di wilayah pengamatan

<sup>47</sup> Suhu udara dan tekanan udara juga bisa didapatkan informasinya di stasiun klimatologi di wilayah pengamatan, atau bisa juga dengan mengakses <https://www.ogimet.com/synopsc.phtml>

pengamatan, informasi tersebut bisa didapatkan dari stasiun klimatologi yang berada di wilayah dilakukannya pengamatan Hilal. Nilai radiasi Matahari di permukaan Bumi ini diterjemahkan dulu oleh Katsner sebagai nilai kejernihan atmosfer dan kemudian dijadikan koreksi terhadap visibilitas Hilal.

Dalam hal pengamatan Hilal, selain dijadikan sebagai input pada Katsner termodifikasi, nilai radiasi Matahari di permukaan Bumi ini juga dijadikan sebagai informasi awal sebelum melakukan pengamatan Hilal sehingga dapat memprediksi potensi teramatinya Hilal. Nilai radiasi Matahari yang ideal dijadikan sebagai koreksi Katsner termodifikasi serta informasi awal sebelum pengamatan Hilal adalah radiasi Matahari harian, bukan rerata perbulan apalagi rerata pertahun. Hal ini tidak lain hanyalah untuk mendapatkan visibilitas Hilal dengan validitas tinggi.

Untuk melihat urgensi kajian atmosfer terhadap visibilitas Hilal, penulis menggunakan perbandingan dua model Katsner, yaitu model Katsner yang yang belum ditambahkan dengan koreksi atmosfer dan model Katsner yang sudah ditambahkan dengan koreksi atmosfer yang diwakili dengan koreksi kecerahan langit.

Data yang digunakan sebagai acuan di dalam analisis ini adalah data pengamatan Hilal BMKG dalam kurun waktu 2017 – 2018 di Kupang dan Manado. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, penulis berkeyakinan bahwa BMKG dan pengamatan Hilalnya merupakan data yang dapat

dipertanggungjawabkan, hal ini disebabkan karena BMKG merupakan lembaga resmi negara yang mendapatkan amanah undang-undang dalam hal meteorolog, klimatologi dan geofisika.<sup>48</sup> Selain itu, pengamatan Hilal BMKG dilakukan oleh tenaga-tenaga profesional dan dengan *standart operating procedure* (SOP) yang baik.<sup>49</sup>

Pada tahun 2017 dan 2018, BMKG melakukan pengamatan Hilal sebanyak kurang lebih 48 kali di 2 lokasi yaitu Manado dan Kupang. Dari hasil pengamatan tersebut, Hilal yang berhasil diamati di Manado adalah sebanyak 8 kali, dan di Kupang sebanyak 9 kali, kompilasinya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6. Hilal Teramati di Manado Tahun 2017 dan 2018 BMKG

No	Manado		
	Masehi	Hijriyah	Tinggi Hilal
2017			
1	29-Jan	Awal Jumadal Ula 1438 H	14 <sup>0</sup> 30' 48"
2	27-Apr	Awal Sya'ban 1438 H	11 <sup>0</sup> 45' 51"
3	26-Mei	Awal Ramadan 1438 H	7 <sup>0</sup> 13' 45"
4	24-Jul	Awal Dzulqo'dah 1438 H	11 <sup>0</sup> 17' 18"
2018			
1	18-Mar	Awal Rojab 1439 H	9 <sup>0</sup> 39' 15"
2	16-Mei	Awal Ramadan 1439 H	11 <sup>0</sup> 27' 7"

<sup>48</sup> Lihat pada lampiran, UU Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009

<sup>49</sup> Lihat pada lampiran, SOP Rukyatul Hilal BMKG

3	14-Jun	Awal Syawal 1439 H	6° 42' 44"
4	10-Sep	Awal Muharrom 1440 H	8° 13' 54"

Tabel. Hilal Teramati di Kupang Tahun 2017 dan 2018 BMKG

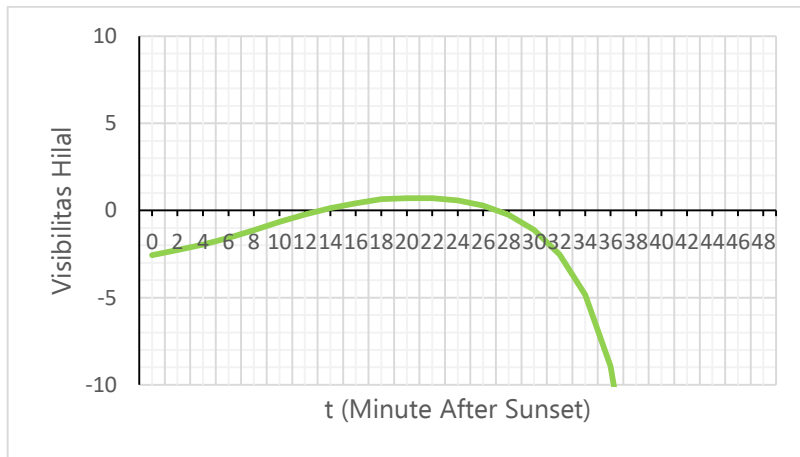
No	Kupang		
	Masehi	Hijriyah	Tinggi Hilal
2017			
1	27-Feb	Awal Jumadil Tsaniyah 1438 H	7" 39" 11'
2	27-Apr	Awal Sya'ban 1438 H	11" 37" 20'
3	26-Mei	Awal Ramadan 1438 H	7" 40" 6'
4	24-Jul	Awal Dzulqo'dah 1438 H	11" 47" 52'
5	21-Agu	Awal Dzulhijah 1438 H	06" 39" 14'
6	20-Okt	Awal Safar 1438 H	6" 8" 43'
2018			
7	16-Mei	Awal Ramadan 1439 H	11" 22" 44'
8	11-Agu	Awal Dzulhijah 1439 H	12" 28" 44'
9	08-Nov	Awal Robi'ul Awal 1440 H	7" 51" 48'

Data Hilal Teramati di atas, akan digunakan untuk melihat sejauh mana atmosfer akan mengurangi visibilitas (potensi terlihat) Hilal, yaitu dengan memasukkannya dalam model Katsner dan membandingkannya dengan Katsner termodifikasi.

Pengamatan Hilal yang dilakukan di Manado pada 14 Juni 2018 atau bertepatan dengan awal syawal 1439 H berhasil mengamati Hilal pada ketinggian 6°42'44". Di dalam Katsner

yang belum termodifikasi, Hilal mulai dapat diamati pada menit 13 sampai menit ke 27 setelah terbenam Matahari dengan visibilitas ( $\Delta m$ ) tertingginya bernilai 0,7 pada menit ke 22, dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

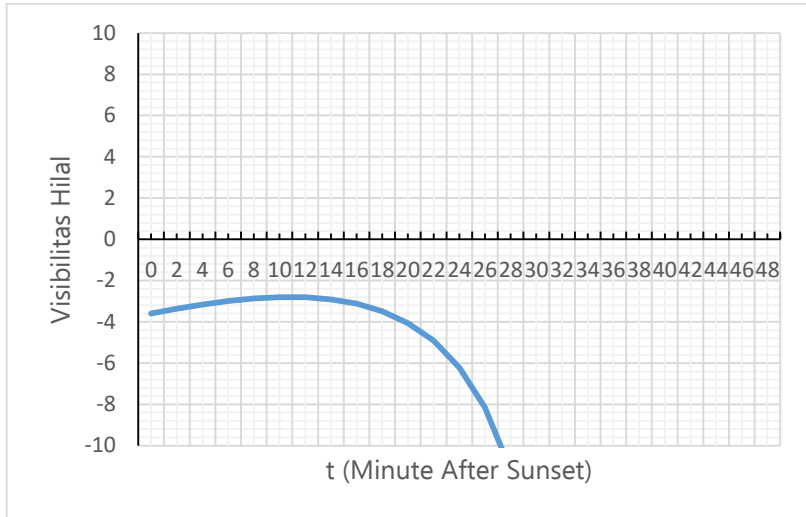
Gambar 4. Visibilitas Hilal 29 Mei 2018 (awal syawal 1439 H) di Manado dengan Katsner Belum Termodifikasi



Pada Katsner termodifikasi, visibilitas Hilal ( $\Delta m$ ) dengan mata telanjang bernilai negatif, yang berarti menunjukkan bahwa Hilal tidak dapat teramati, visibilitasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini :

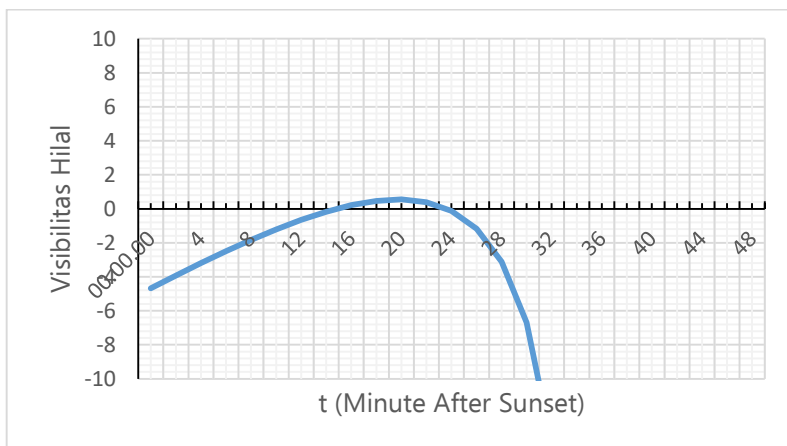


Gambar 5. Visibilitas Hilal Mata Telanjang 29 Mei 2018 (awal syawal 1439 H) di Manado dengan Katsner Termodifikasi



Sedangkan pada Katsner termodifikasi dengan visibilitas teleskop, visibilitas Hilal ( $\Delta m$ ) bernilai positif. Hilal dapat diamati sejak menit ke 15 hingga menit ke 24 setelah ghurub, dengan visibilitas tertingginya mencapai 0,3 pada menit ke 22. Visibilitasnya dapat dilihat pada grafik berikut :

Gambar 6. Visibilitas Hilal Teleskop 29 Mei 2018 (awal syawal 1439 H) di Manado dengan Katsner Termodifikasi



Nilai radiasi Matahari yang dijadikan sebagai input adalah sebesar  $332,8 \text{ gram cal.cm}^2$ ,<sup>50</sup> dan menunjukkan nilai kecerahan atmosfer sebesar 0,2 (berawan dan mendung)<sup>51</sup>

Secara sinoptik, tutupan awan pada saat pengamatan Hilal tersebut bernilai 3 oktaf<sup>52</sup>, yang artinya bahwa 37,5% langit Manado tertutup oleh awan, namun demikian tidak dapat diketahui posisi awan tersebut, apakah di sebelah barat, timur, utara, maupun

---

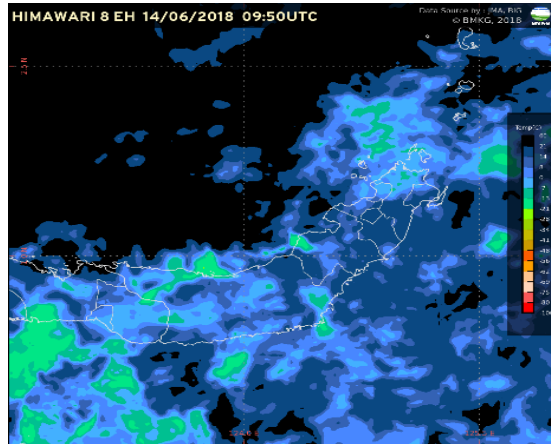
<sup>50</sup> Data radiasi Matahari permukaan Bumi di Manado Provinsi Sulawesi Utara Badan Meteorologi Klimatologi dan Gesofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Minahasa Utara. Didapatkan melalui whatsapp dengan Candra (Forcesterdi Stasiun Klimatologi Manado) melalui pesan watsaap pada 3 Juli 2019 pukul 14.46 WIB

<sup>51</sup> Diakui oleh penulis, bahwa nilai kecerahan atmosfer ini tidak valid, disebabkan karena data radiasi Matahari yang didapatkan oleh penulis dari Stasiun Klimatologi Manado berupa data radiasi Matahari permukaan Bumi rerata bulanan

<sup>52</sup> Didapatkan dari ogimet.com diakses pada 24 Mei 2019

selatan. Kondisi keawanan Manado pada saat pengamatan tersebut dapat dilihat pada citra satelit di bawah ini :

Gambar 7. Citra Keawanan Manado 14 Juni 2018<sup>53</sup>



Gambar di atas menerangkan kondisi keawanan pada tanggal 14 Juni 2018 pukul 17.50<sup>54</sup> waktu Manado.<sup>55</sup> Indikator warna pada gambar tersebut menunjukkan suhu pada awan, yaitu semakin merah warna awan maka semakin dingin suhunya dan semakin berpotensi hujan. Di wilayah Manado, indikator warna menunjukkan warna biru yang berarti berawan tipis dan tidak berpotensi hujan. sehingga Hilal pada 6<sup>0</sup>42'44" masih dapat diamati menggunakan alat bantu optik berupa teleskop.

---

<sup>53</sup> Citra Awan Manado, didapatkan dari BMKG Pusat (Jl. Angkasa 1 No, 2 Gunung Sahari Selatan Kecamatan Kemayoran DKI Jakarta) pada saat wawancara dengan Dr. Indra Gustari seorang Kepala Bidang Analisis Variabelitas Iklim BMKG Pusat tanggal 24 Mei 2019 pukul 13.07

<sup>54</sup> Pukul 17.50 waktu setempat adalah waktu dimana Hilal mulai terlihat. Waktu Hilal mulai teramati dapat dihitung, penulis menghitungnya menggunakan Katsner

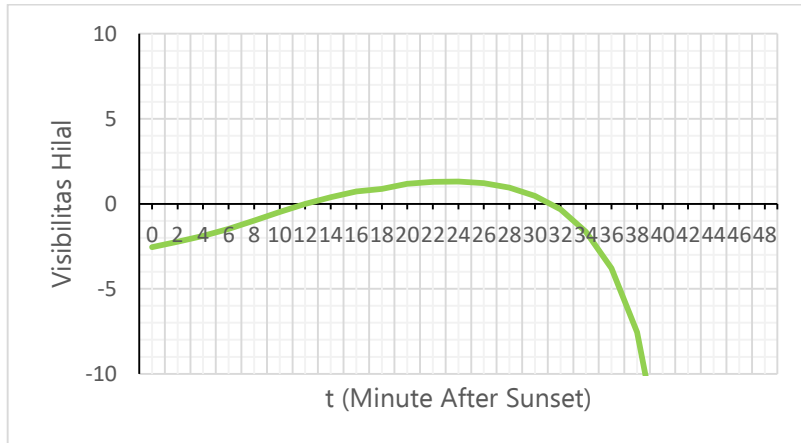
<sup>55</sup> Kondisi keawanan dilaporkan setiap 10 menit

Terdepat sedikit perbedaan antara nilai kecerahan langit yang dihasilkan dari perbandingan radiasi Matahari di permukaan Bumi dan radiasi Matahari di puncak atmosfer dan kondisi keawanan yang ditunjukkan oleh citra keawanan pada gambar . Kecerahan langit pada saat pengamatan pada bulan Juni 2018 bernilai 0,2 yang berarti atmosfer dalam keadaan mendung dan berawan, sementara pada citra keawanan yang dihasilkan dari satelit Himawari, menunjukkan bahwa atmosfer cukup bersih, berawan tipis dan tidak berpotensi hujan.

Hal ini disebabkan karena, nilai radiasi Matahari di permukaan Bumi yang digunakan dalam perhitungan kecerahan atmosfer merupakan nilai radiasi Matahari di permukaan Bumi rata-rata bulanan bukan nilai radiasi Matahari di permukaan Bumi tepat pada hari saat pengamatan. Berbeda halnya dengan citra keawanan yang ditunjukkan pada gambar di atas, citra keawanan pada gambar di atas sudah sangat detil bahkan sampai menit.

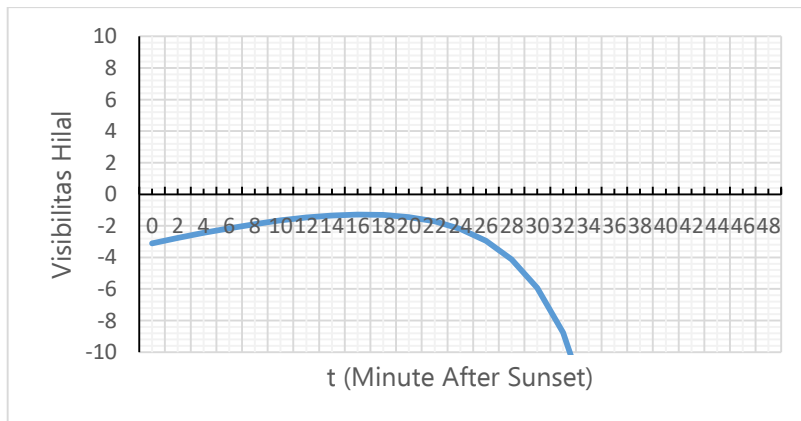
Demikian pula halnya dengan pengamatan Hilal yang dilakukan di Manado pada 26 Mei 2017 atau bertepatan dengan awal Ramadan 1438 H berhasil mengamati Hilal pada ketinggian  $7^{\circ}13'45''$ . Di dalam Katsner yang belum termodifikasi, Hilal mulai dapat diamati pada menit ke 12 sampai menit ke 32 setelah Matahari terbenam, dan visibilitas ( $\Delta m$ ) tertingginya bernilai 1,3 pada menit 24

Gambar 8. Grafik Visibilitas Hilal 29 Mei 2017 di Manado dengan Katsner Belum Termodifikasi



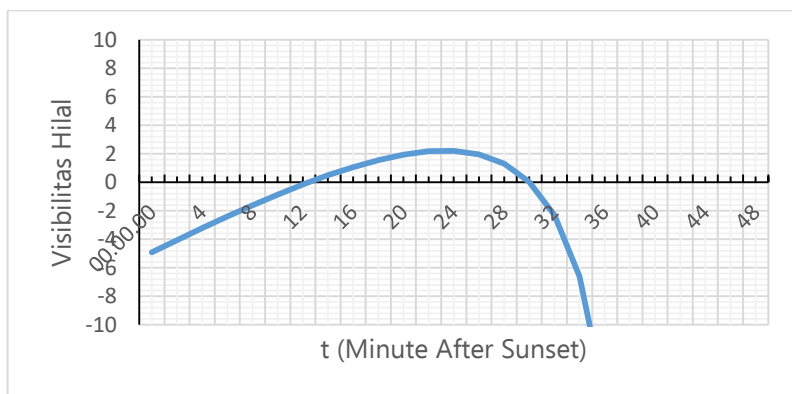
Sedangkan pada Katsner termodifikasi dengan visibilitas mata telanjang, visibilitas Hilal ( $\Delta m$ ) bernilai negatif, hal ini menunjukkan Hilal tidak dapat teramati di wilayah Manado, visibilitasnya dapat dilihat pada grafik berikut :

Gambar 9. Visibilitas Hilal Mata Telanjang 26 Mei 2017 (awal Ramadan 1438 H) di Manado dengan Katsner Termodifikasi



Sedangkan pada Katsner termodifikasi dengan visibilitas teleskop, visibilitas Hilal ( $\Delta m$ ) bernilai positif. Hilal dapat diamati sejak menit ke 11 sampai menit ke 30 setelah Matahari terbenam (*ghurub*), dan puncak visibilitasnya mencapai 3,9 yaitu pada menit ke 24 setelah *ghurub*, visibilitasnya dapat dilihat sebagai berikut :

Gambar. Grafik Visibilitas Hilal Teleskop 26 Mei 2017 (awal Ramadan 1438 H) di Manado dengan Katsner Termodifikasi



Nilai radiasi Matahari yang dijadikan sebagai input adalah sebesar 383,2 gram cal.cm<sup>2</sup>,<sup>56</sup> dan menunjukkan nilai kecerahan atmosfer sebesar 0,2 (berawan dan mendung)<sup>57</sup> Secara sinoptik,

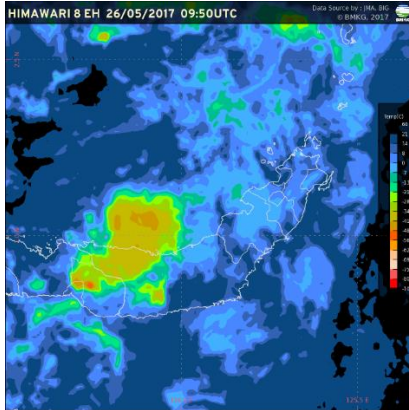
---

<sup>56</sup> Data radiasi Matahari permukaan Bumi di Manado Provinsi Sulawesi Utara Badan Meteorologi Klimatologi dan Gesofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Minahasa Utara. Didapatkan melalui whatsapp dengan Candra (Forcesterdi Stasiun Klimatologi Manado) melalui pesan watsaap pada 3 Juli 2019 pukul 14.46 WIB

<sup>57</sup> Diakui oleh penulis, bahwa nilai kecerahan atmosfer ini tidak valid, disebabkan karena data radiasi Matahari yang didapatkan oleh penulis dari Stasiun Klimatologi Manado berupa data radiasi Matahari permukaan Bumi rerata bulanan

tutupan awan bernilai 2 oktaf,<sup>58</sup> artinya 25% langit Manado tertutup awan. Secara visual kondisi keawanan wilayah Manado tersebut dapat dilihat pada citra satelit di bawah ini :

Gambar 10.. Citra Awan 26 Mei 2017 Pukul 17.50 di Manado<sup>59</sup>



Gambar di atas menunjukkan kondisi keawanan di Manado pada tanggal 26 Mei 2017 pukul 17.50 waktu Manado. Di wilayah Manado, indikator warna menunjukkan warna biru yang berarti berawan tipis dan tidak berpotensi hujan, bahkan di ufuk baratnya terlihat lebih bersih, maka Hilal pada ketinggian  $7^{\circ}13'45''$  masih dapat diamati menggunakan alat bantuan optik berupa teleskop.

Secara keseluruhan, hasil pengamatan Hilal BMKG di Manado kesesuaiannya dengan model Katsnet dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

---

<sup>58</sup> Diakses dari <https://www.ogimet.com/synopsc.phtml> pada tanggal 24 Mei 2019 pukul 13.00 WIB

Tabel 5. Visibilitas Hilal Pengamatan Hilal BMKG di Maanado

No	Masehi	Hijriyah	Tinggi Hilal	Katsner Belum Termodifikasi		Visibilitas Mata Telanjang		Visibilitas Teleskop	
				Durasi (menit setelah ghurub)	Puncak Visibilitas	Durasi (menit setelah ghurub)	Puncak Visibilitas	Durasi (menit setelah ghurub)	Puncak Visibilitas
1	29-Jan-17	Awal Jumadil Ula 1438 H	14° 30' 48"	8 sampai <48	8,7 menit ke 48	6 sampai <48	7,12 menit ke 48	8 sampai <48	17,1 menit ke 48
2	27-Apr-17	Awal Sya'ban 1438 H	11° 45' 51"	10 sampai <48	6,1 menit ke 44	11 sampai 45	3 menit ke 34	9 sampai <48	10,4 menit ke 40
3	26-Mei-17	Awal Ramadan 1438 H	7° 13' 45"	12 sampai 21	1,3 menit ke 24	Nrgatif		10 sampai 31	2,9 menit ke 24
4	24-Jul-17	Awal Dzulqo'dah 1438 H	11° 17' 18"	9 sampai <48	5,3 menit ke 40	9 sampai 46	3,5 menit ke 34	8 sampai <48	10,8 menit ke 40
5	18-Mar-18	Awal Rajab 2439 H	9° 39' 15"	8 sampai 42	4,0 menit ke 32	11 sampai 34	1,6 menit ke 24	9 sampai 28	7,2 menit ke 32
6	16-Mei-18	Awal Ramadan 1439 H	11° 27' 7"	9 sampai <48	5,6 menit ke 40	11 sampai <48	2,9 menit ke 34	9 sampai <48	10,1 menit ke 40
7	14-Jun-18	Awal Syawal 1440 H	6° 42' 44"	12 sampai 27	0,7 menit ke 22	Nrgatif		15 sampai 23	0,5 menit ke 20
8	10-Sep-18	Awal Muharam 1440 H	8° 13' 54"	10 sampai 36	2,5 menit ke 26	Negatif		12 sampai 30	2,2 menit ke 24

Pada tabel di atas dapat kita ketahui kesesuaian antara hasil pengamatan Hilal BMKG yang dilakukan di Manado tahun 2017 dan 2018 dengan model Katsner baik yang belum termodifikasi maupun yang sudah termodifikasi.

a. Terhadap Katsner Belum Termodifikasi

Hasil pengamatan Hilal BMKG sebagaimana tabel di atas seluruhnya sesuai dengan model Katsner yang belum termodifikasi, hal ini disebabkan karena Hilal yang berhasil diamati berada pada ketinggian di atas kriteria MABIMS<sup>60</sup> bahkan Hilal tanggal 2.

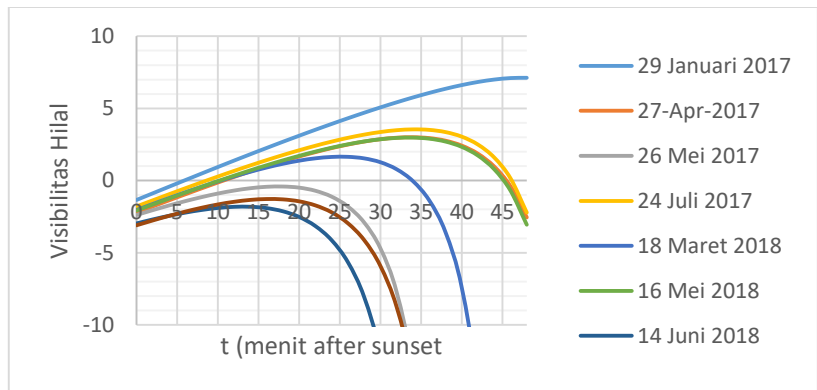
---

<sup>60</sup> Ahmad Izzuddin, *Kesepakatan untuk Kebersamaan*, makalah Lokakarya Internasional dan Call for Paper Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo Semarang di Hotel Siliwangi 12-13 Desember 2013, hlm 10



Pada hasil pengamatan Hilal dengan ketinggian sama dengan atau di atas  $9^0$ , Hilal dapat diamati dengan durasi yang cukup panjang yaitu lebih dari 40 menit setelah *ghurub* dengan visibilitas mencapai lebih dari 4 yang umumnya terjadi pada menit ke 40 setelah *ghurub*. Sedangkan Hilal dengan ketinggian kurang dari  $8^0$ , Hilal dapat diamati dengan durasi yang tidak terlalu panjang yaitu kurang lebih 20 menit setelah *ghurub* dengan visibilitas mencapai kurang dari 2,5. Visibilitasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini :

Gambar 11. Grafik Visibilitas Hilal dengan Katsner Belum Termodifikasi

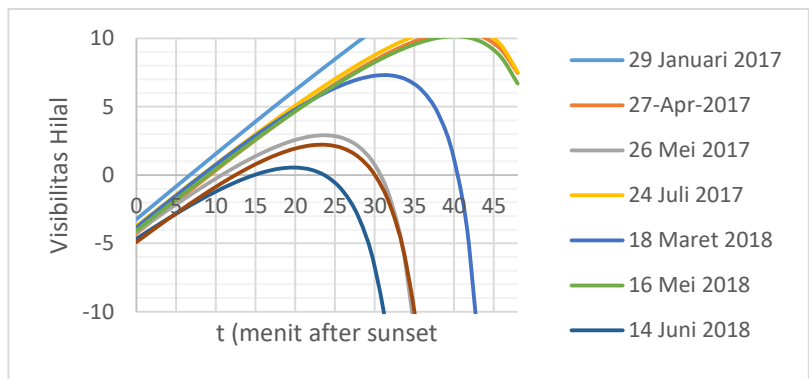


b. Terhadap Visibilitas Mata Telanjang

Hasil pengamatan Hilal yang dilakukan oleh BMKG di Manado pada tahun 2017 dan 2018 tidak seluruhnya berkesesuaian dengan model Katsner termodifikasi dengan penambahan koreksi atmosfer dan mata telanjang. Hasil pengamatan Hilal dengan ketinggian di atas  $8^0$ , Hilal dapat diamati dengan durasi yang cukup panjang yaitu lebih dari 30

menit namun visibilitasnya menurun sangat drastis bahkan visibilitas menjadi negatif pada ketinggian Hilal kurang dari  $8^{\circ}$ . Hal ini membuktikan bahwa atmosfer sangat berpengaruh terhadap visibilitas Hilal dimana atmosfer akan mengurangi cahaya Hilal yang sampai ke pengamat bahkan menghalanginya. Visibilitasnya dapat dilihat pada grafik berikut :

Gambar 12. Grafik Visibilitas Hilal Mata Telanjang



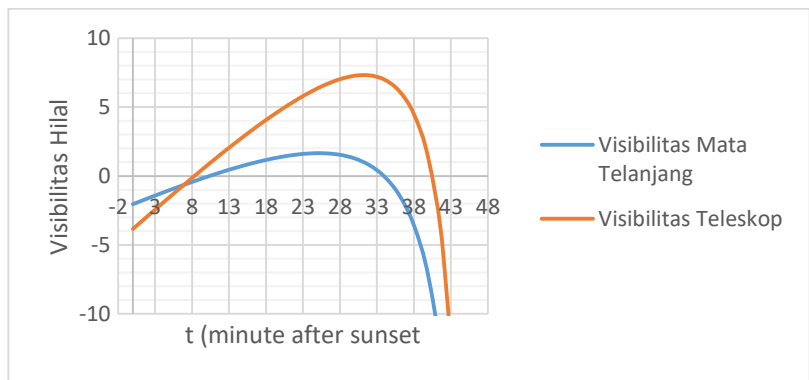
c. Visibilitas Hilal Teleskop

Hasil pengamatan Hilal BMKG yang dilakukan di Manado pada tahun 2017 dan 2018 seluruhnya berkesesuaian dengan model Katsner termodifikasi dengan visibilitas teleskop. Hasil pengamatan Hilal dengan ketinggian  $11^{\circ}$ , Hilal dapat diamati dengan durasi yang cukup panjang yaitu lebih dari 40 menit dengan nilai visibilitas yang sangat tinggi yaitu lebih dari 10 yang pada umumnya terjadi pada menit ke 40 setelah *ghurub*. Sedangkan Hilal dengan ketinggian di bawah  $7^{\circ}$  dapat diamati dengan durasi yang tidak terlalu

panjang, yaitu kurang dari 20 menit dengan visibilitas maksimal sebesar 2,9 yang terjadi pada menit ke 24 setelah *ghurub*.

Pada visibilitas ini perbedaannya sangat tampak dibandingkan dengan visibilitas mata telanjang, dimana nilai visibilitasnya menjadi lebih tinggi pada visibilitas teleskop namun terjadinya lebih akhir daripada visibilitas mata telanjang. Pengamatan Hilal yang dilakukan pada 18 Maret 2018 berhasil mengamati Hilal pada ketinggian  $9^{\circ} 39' 15''$ , visibilitas mata telanjangnya bernilai 1,6 terjadi pada menit ke 24, sedangkan visibilitas teleskopnya bernilai 7,2 dan terjadi pada menit ke 32 setelah *ghurub*.

Gambar 13. Grafik Perbandingan Visibilitas Mata Telanjang dan Visibilitas Teleskop



Hal ini disebabkan karena teleskop tidak hanya mengumpulkan cahaya objeknya saja melainkan cahaya latar belakangnya juga, sehingga pada saat *ghurub* cahaya Hilal dan cahaya latar belakangnya yang ditangkap oleh sama-sama

kuat. Semakin jauh jaraknya dengan *ghurub*, maka cahaya Hilal akan semakin kuat dan cahaya latar belakang semakin lemah, Hal ini juga diakibatkan oleh elongasi Matahari terhadap Hilal, semakin jauh jaraknya dengan *ijtima'* maka semakin banyak bagian piringan Hilal yang mendapatkan cahaya Matahari

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) terdapat 2 faktor atmosfer yang dapat mempengaruhi visibilitas Hilal, yaitu :

- a. Kejernihan atmosfer (*clearness number*) yang dihitung berdasarkan perbandingan antara radiasi global Matahari yang diukur di permukaan Bumi dengan radiasi total Matahari yang dihitung dari puncak atmosfer (*top of atmosphere, TOA*). Bilangan kebeningan atmosfer adalah 0 sampai 1,3 dan menunjukkan tingkat kekotoran atmosfer. Bilangan kebeningan atmosfer yang tinggi menunjukkan bahwa atmosfer dalam kondisi yang bersih dan sebaliknya atmosfer dalam kondisi kotor.

CN	Kedaaan Atmosfer
0,0 - 0,5	Berawan dan Mendung
0,5 - 0,7	Keruh
0,7 - 0,9	Biru Buram
0,9 - 1,1	Biru Sekali
>1,3	Amat Biru Sekali (jarang terjadi)

- b. Tutupan awan di ufuk sebelah barat dari titik pengamatan, dimana keawanan ini dinyatakan dalam luas total langit dalam satuan perdelapan, persepuluh, atau persen. Keawanan 0 menunjukkan langit cerah tanpa awan dan keawanan 8/8 atau 10/10 atau 100% langit tertutup awan total. Pengukuran tutupan awan ini sangat subjektif sehingga bisa kita lakukan oleh masing-masing pengamat
2. Faktor atmosfer yang dinyatakan dengan nilai kecerahan atmosfer (*clearness number*) ini sangat berpengaruh terhadap visibilitas Hilal. Dengan menggunakan Model Katsner, nilai kecerahan atmosfer 0,0 sampai 0,7 dapat merubah visibilitas Hilal menjadi negatif pada Hilal dengan ketinggian di bawah  $8^0$  dengan pengamatan menggunakan mata telanjang, dan menurunkan visibilitas Hilal hingga 2 (dalam nilai dan satuan visibilitas Hilal Katsner) pada pengamatan dengan menggunakan teleskop.

Dengan demikian dapat pula disimpulkan bahwa yang dimaksud dengan غم sebagaimana disebutkan pada bab 1 merupakan atmosfer dengan nilai *clearness number* mulai dari 0,0 sampai 0,7 yang dikategorikan sebagai atmosfer keruh hingga berawan dan mendung. Berdasarkan analisis pada bab sebelumnya, bahwa kondisi atmosfer dengan nilai 0,0 sampai 0,7 berpengaruh besar dalam mengurangi nilai visibilitas Hilal (potensi Hilal dapat teramati)

## **B. Saran**

Berangkat daripada analisis pada sub bab sebelumnya, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan dalam pengamatan Hilal

1. Harapan besar penelitian ini adalah terbentuknya sebuah kriteria visibilitas Hilal yang sudah mempertimbangkan factor atmosfer di dalamnya. Terbentuknya kriteria visibilitas Hilal harus berdasarkan data hasil pengamatan Hilal di seluruh titik di Indonesia sekurang-kurangnya dalam jangka waktu 19 tahun sehingga dapat mewakili 1 daur pergerakan Matahari dan Bulan. Oleh sebab itu, diperlukan penelitian-penelitian berikutnya sebagai usaha terbentuknya kriteria visibilitas Hilal yang cocok diterapkan di Indonesia
2. Untuk mendapatkan nilai kecerahan atmosfer yang akurat, maka nilai radiasi Matahari di permukaan Bumi yang digunakan untuk menghitung nilai kecerahan langit sayogyanya berupa nilai radiasi Matahari permukaan Bumi tepat pada saat pengamatan, bukan nilai rata-rata bulanan bahkan tahunan.
3. Sebelum melakukan pengamatan Hilal hendaknya meminta informasi kepada BMKG tentang prakiraan cuaca pada saat pengamatan.

### **C. Penutup**

Tesis yang ada di tangan para pembaca ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu, diperlukan kritik dan saran oleh para pembaca sekalian demi perbaikan-perbaikan dalam makalah tesis ini. Penulis juga berharap adanya penelitian lanjutan sebagai penyempurna daripada makalah tesis ini sehingga dapat ditemukan kriteria visibilitas Hilal berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh BMKG dan kondisi atmosfer di Indonesia. Akhirnya penulis ucapkan banyak terimakasih atas semua pihak yang telah membantu menyelesaikan makalah sederhana ini, dan semoga dapat bermanfaat bagi para pembaca sekalian.



## DAFTAR PUSTAKA

### Buku

- Ahmad Jalaluddin Ibn Ahmad al-Mahally dan Jalaluddin Abdurrahman Ibn Abi Bakr al-Sayuthy, *Tafsir Jalalain*, Mauqi; al-Islam, tt.
- al-Amin Muhammad Ibn Muhammad al-Mukhtar Ibn Abi al-Qadir al-Syankithy, *Adhwa' al-Bayan fi al-Idhah al-Quran bi al-Quran*, Juz 3, Dar al-Fikr, 1995..
- al-Bukhori, *Shahih al-Bukhori*, ttp, Dar al-Fikr, 1994/1414, kitab “*kitab as-shoum*”.
- Aldrian Edvin, *Kamus Perubahan Iklim*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta, 2013.
- Ali Ala'uddin bin Hisamuddin al-Muttaqi al-Hindi al-Burhanfuri, *Kanz al-Ummāl fi Sunan al-Aqwāl wa al-Af'āl*, Muassasah al-Risalah, Beirut, 1985), juz 8,.
- Ali al-Hasan Ibn Muhammad Ibn Muhammad Ibn Habib al-Bashri al-Baghdadial-Mawardi, *al-Nukat wa al-Uyun*, Juz 5, Mauqi' al-Tafasir.
- Arkanuddin Mustoha dan Sudibyo Muh Ma'rufin, “Kriteria Visibilitas Hilal Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) (Konsep Kriteria dan Implementasi)” *Jurnal LP2H RHI*.
- Azhari Susiknan, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta, 2012.
- Bakar Abu al-Jazair, *Atsar al-Tafasir*, Mauqi' al-Tafasir, tt, juz 4.
- Bashori Muhammad Hadi, *Penanggalan Islam*, Jakarta, Penerbit PT Elex Media Komputindo, 2013.
- BMG Departemen Perhubungan, *Mengenal Badan Meteorologi dan Geofisika Departemen Perhubungan*, Jakarta: BMG Dep. Perhubungan.
- BMG, *Pelayanan Meteorologi dan Geofisika di Indonesia*, Jakarta: BMG.

- Djamaluddin Thomas, *Menggagas Fikih Astronomi; Telaah Hisab Rukyat dan Pecarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, Bandung, Penerbit Kaki Langit, 2005
- Fr. Louis Ma;luf al-Yassu'i dan Fr. Bernard Tottel al-Yassu'i, *al-Munjid fi al-Lughoh wa al-'Alam*, Dar al-Masyriq, Bairut, 1986.
- Handoko, *Klimatologi Dasar*, Jakarta, Dunia Pustaka Jaya, 1995.
- Hasan M. Iqbal, *Pokok-pokok Metodologi Penelitian*, Ghalia Indonesia, Bogor, 2002.
- Husein A Thoha al-Mujahid dan Atho'illah A al-Khalil, *Kamus al-Wafi (Arab-Indonesia)* Gema Insani, Jakarta, 2016.
- I Fatoohi Louay, *The Babylonian First Visibility of The Lunar Crescent Date and Criterion*, NASA Astrophysics Date Sistem, 1999.
- Ilyas Muhammad, *Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calender*. NASA Astrophisic Data System, Vol 35.
- ....., *Sistem Kalender Islam*, Selangor, Dewan Bahasa dan Pustaka, 1997.
- Izzuddin Ahmad *Fikih Hisab Rukyat*, Jakarta, Penerbit Erlangga, tt
- ..... *Fikih Hisab Rukyat: Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadan, Idul Fitri, dan Idul Adha*, Jakarta, Penerbit Erlangga, 2007.
- Kadir A, *Cara Mutakhir Menentukan Awal Ramadan, Syawal, dan Zulhijjah Perspektif al-Qur'an, Sunnah, dan Sains*, Semarang, Fatwa Publishing, 2009.
- Khazin Muhyidin, *Kamus Ilmu Falak*, Jogjakarta, Buana Pustaka, 2005.
- Laboratorium Pengelolaan Das dan Konservasi Sumberdaya Hutan, *Klimatologi (Suatu Pengantar)*, Makasar: tanpa penerbitm, 2009)
- Lakitan Benyamin, *Dasar-dasar Klimatologi*, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Palembang, 1993.
- ..... *Dasar-dasar Klimatologi*, Rajawali Pers, Jakarta; 1994.

- Lesmana Ronny, *Fisiologi Dasar (Untuk Mahasiswa Farmasi, Keperawatan, dan Kebidanan)*, Deepublish, Yogyakarta, 2017.
- Muhammad bin Ali bin Ahmad as-Syaukani, *Fathu al-Qodir al-Jami' baina Fanni al-Riwayatwa al-Diroyat min ilmi al-Tafsir*, Mauqi' al-Tafist, tt.
- Muhammad bin Ismail bin Ibrahim bin al-Mughiroh, *al-Jami' al-Shohih al-Musnad min Hadist Rosulullah SAW al-Syahir al-Shohih Bukhori*, tp, tt.
- Muhyi al-Din Abu Zakariya Al-Imam al-Hafidz Ibn Yahya Ibn Syarif Ibn Hurry al-Nawawi, *al-Minhaj fi Syarh Ibn al-Hajaj*, Riyadh : Bairut Afkar al-Dauliyah, tt.
- Muhyi al-Din Yahya Abu Zakariya bin Syarif al-Nawawi, *al-Majmu' Syarh al-Muhadzab*, Mauqi' Ya'sub, tt, juz 6.
- Munawwir, *Kamus al-Munawwir Arab-Indonesia Terlengkap*, Pustaka Progresif, 1997.
- Munir Badrul, *Hasil Pengamatan Hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat*, Skripsi, Jurusan Ilmu Falak Fakultas Syari'ah dan Hukum, UIN Walisongo Semarang, 2016
- Muslim bin Hajaj Abu al-Hasan al-Naisaburi, *al-Jami' al-Shohih al-Musamma Shohih Muslim*, tp, 1992.
- Odeh Mohamad. SH, *New Criterion for Lunar Crescent Visibility*, Eksperimantal Astronomy, 18 : 39 : 64.
- Parbo Ardina “*Memahami Lingkaran Atmosfer Kita*”, Bandung, ITB Bandung, 1995, edisi II.
- Prawiropradoyo Susilo, *Meteorologi*, Bandung, Penerbit ITB, 1996.
- Qordhowi Yusuf, *Tafsir al-Fiqh Dhau' al-Qur'an wa al-Sunnah (Fiqh al-Siyam)*, Bairut : Muassisah al-Risalah, 1993
- RI Depag, *al-Qur'an dan Terjemahnya*, Semarang, CV Toha Putra, 1989.
- RI Kemenag, *al-Qur'an dan Tafsirnya*, Jilid 1, Jakarta, PT Sinergi Pustaka Indonesia, 2012.

Syihabuddin al-Qolyubi, Hasyiah al-Mnhaj al-Tholibin, Kairo : Mustafa al-Ban al-Halabi, 1996, juz 3.

Tjasyono HK Bayong, *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*, Bandung, Remaja Rosdakarya, 2009, cet II.

....., *Mikrofisika Awan dan Hujan*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta 2007.

....., *Meteorologi Indonesia 1 (Karakteristik dan Sirkulasi Atmosfer)*, Jakarta, Badan Meteorologi dan Geofisika, 2006.

Wirjohamidjojo Soerdjadi dan Yunus. S. Swarinoto, *Klimat Kawasan Indonesia (dari aspek dinamik-sinoptik)*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta, 2010.

## **Jurnal**

Arpan Fanani dkk, *Kajian Meteorologis Hubungan antara Hujan Harian dan Unsur-unsur Cuaca (Studi kasus Stasiun Meteorologi Adisucipto Yogyakarta)*, Majalah Geografi Indonesia, Vol 18, No 2, September 2004.

Dayantolis Wan, “Analisis Kondisi Fisis Atmosfer Pada Saat Hujan Ekstrim dan Terjadinya Banjir Bulan Februari 2006 di Manado”, *Jurnal Program Sarjana Ekstensi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia*, Desember 2006.

Fadholi Ahmad, “Studi Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara terhadap Operasi Penerbangan di Bandara H.A.S. Hananjoeddin Buluh Tumbang Belitung Periode 1980-2010”, *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA) Vol 3 No 1, Juni 2013*.

Hambali Slamet, *Fatwa Sidang Itsbat dan Penyatuan Kalender Hijriyah*, makalah disampaikan pada Lokakarya Internasional Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang, Hotel Siliwangi, 12-13 Desember 2012.

- Hamdi Saipul, “Bilangan Kebeningan Atmosfer dan Aplikasinya dalam Ilmu Lingkungan Atmosfer”, *Jurnal Dirgantara* Vol 16 No 1 Juni 2015 Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- ....., “Mengeal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi”, *Jurnal Berita Dirgantara* Vol 15 No. 1.
- Hermawan Eddy, “Profil Vertikal Suhu Atmosfer di Atas Indonesia Berbasis Hasil Analisis Data Satelit FORMOSAT-3/COSMIC”, *Jurnal Sains Dirgantara* Vol. 7 No. 1 Desember 2008.
- Hoesin, “Penelitian Ketersediaan Tenaga Matahari di Indonesia”, *Laporan Teknis Lembaga Fisika Nasional – LIPI*, Bandung, 1983
- Izzuddin Ahmad, *Kesepakatan untuk Kebersamaan*, makalah Lokakarya Internasional dan Call for Paper Fakultas Syari’ah IAIN Walisongo Semarang di Hotel Siliwangi 12-13 Desember 2013.
- J.A.Utama, A. Siregar, “Usulan Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia dengan Model Katsner”, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, Vol 9, Tahun 2013.
- Jamaluddin Thomas, *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Umat*, Bandung : Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LPAN), 2011.
- K.A Browning, *Meteorological Magazine*, Vol 108, 1979.
- Kainama Carizs dkk, “Analisis Pola Distribusi Unsur-unsur Cuaca di Lapisan Atas Atmosfer pada Bulan Januari dan Agustus di di Manado”, *Jurnal MIPA UNSRAT Online* Vol 3 (1) 20.24.
- Katsner O., *Calculation of Twilight Visibility Function of Near-San Object*, The Journal of The Royal Astronomical Society of Canada Vol 70, No 4, Tahun 1976.
- King David A, *Same Early Islamic Tables for Determining Lunar Crescent Visibility*, Annalis of The New York Academy of Science, 1987,

- ..... “Frans Bruin” dalam *Journal for The History of Astronomy*, Vol 33, Part 2, No 111, 2002.
- Massinai Muh Altin dkk, Analisis Kecenderungan Perubahan Suhu Udara Permukaan Kota Makasar, Makalah Prodi Geofisika UNHAS.
- Sari Mona Berlian, “Sistem Pengukuran Intensitas dan Durasi Penyinaran Matahari Realtime PC Berbasis LDR dan Motor Stepper”, *Jurnal* Vol 7 (1) 2015.
- Schaefer Bradley E, *Telescope Limiting Magnitude*, Publication of Astronomical Society of The Pasific, Februari 1990.
- ..... “Asronomy and The Limits of Vision”, *Vistas In Astronomy*, Vol 36 1993.
- Sudibyo Muh Ma’rufin, “Observasi Hilal di Indonesia dan Signifikansinyanya dalam pembentukan kriteria visibilitas Hilal”, *Jurnal LP2IF RHI* Volume 24, Nomor 1, April 2014.
- Sultas, “First Visibility of The Lunar Cresent ; Biyond Danjon’s Limit” *The Observatoty Journal*, *Bol 127*, tahun 2007.
- Surinati Dewi, “Lautan dan Iklim”, *Jurnal Oseana*, Vol XXXVIII, No 3 TAHUN 2013
- Suryantoro Arief, dkk, “Analisis Karakteristik Atmosfer di Wilayah Belitung dan Sekitarnya Berbasis Observasi Satelit EOS Aqua dan TRMM serta Luaran Model CCAM Periode 1998 – 2013”, *Jurnal Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng dan DIY*, Yogyakarta, 15 April 2015.
- Thobari Fuadi, dkk, “Kondisi Meteorologi Saat Pengamatan Hilal 1 Syawal 1438 H di Indonesia; Upaya Peningkatan Kemampuan Pengamatan dan Analisis Data Hilal”, *Jurnal Ahkam Fakultas Syariah dan Hukum Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*, Vol 17 November 2017.
- Yallop BD, *A Methode for Predicting The Firs Sigtingof The New Crescent Moon*, NAO Techival Note No.69. 1997

## **Wawancara**

Wawancara dengan Dr. Suaidi Ahaddi Kepala Sub Bidang Geofisika Potensial Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat Jakarta di Kantor BMKG Jl. Angkasa 1 No.2 Gn. Sahari Selatan Kemayoran Jakarta Pusat pada 26 Februari 2018 Pukul 09.55

Wawancara dengan Staf bidang Geofisika Potensial dan Tanda waktu Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di gedung BMKG Pusat Jakarta pada hari Senin. 14 Maret 2016 pukul 10.34 WIB

Wawancara dengan Dr. Indra Gustari (Kepala Bidang Analisis Variabelitas Iklim BMKG Pusat di kantor BMKG Pusat Jl. Angkasa 1 No. 2 Kemayoran Jakarta Pusat pada 24 Mei 2019 pukul 13.23 juga via whatsapp pada hari Kamis tanggal 27 Juli 2019 pukul 08.42 WIB

Wawancara dengan Candra (seorang forcaster di Stasiun Klimatologi Manado pada hari Senin. 1 Juli 2019 pukul 14.30 WIB melalui whatsapp di nomor 085256585261.

Wawancara dengan Rukman Nugroho Staf BMKG di bidang Geofisika Potensial di kantor BMKG Jl. Angkasa 1 No. 2 RT 10 Gunung Sahari Selatan Kecamatan Kemayoran Daerah Husus Ibukota Jakarta Pusat pada Senin. 8 Februari 2016 pukul 10.00 WIB.

## **Website**

<http://www.bmkg.go.id/profil/?p=tugas-fungsi>, diakses pada 1 Januari 2018 Pukul 08.31 WIB

<http://www.prominencescope.com/prominence/produkdetail.aspx?id=47&idk=18&idl=2> diakses pada hari Rabu 4 Mei 2019 Pukul 16.20 WIB

<http://www.prominencescope.com/prominence/produkdetail.aspx?id=57&idk=16&idl=2> diakses pada hari Rabu 4 Mei 2016 Pukul 16.20 WIB

[http://islamci.mc.gill/RaASI/BEA/Habash\\_al-Hasib\\_BEA.htm](http://islamci.mc.gill/RaASI/BEA/Habash_al-Hasib_BEA.htm) Diakses pada 6 Juli 2018 pukul 09.45 WIB

<http://www.britanica.com/place/sun/solar/activity#ref1027849>. Diakses pada 5 Desember 2018 pukul 09.15 WIB

<http://www.oxforddnh.com/view/10.103/reftdnb/97801986141228.001.001/odnh-97801986141228-e-33220>. Diakses pada 5 Desember 2018 pukul 09.15 WIB

[http://www.jstor.org/stable/25138755?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/25138755?seq=1#page_scan_tab_contents) pada 5 Desember 2018 pukul 09.15 WIB

<https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/%20divergensi> diakses pada Minggu, 30 Juni 2019 pukul 09:40 WIB

<https://tdjamaluddin.wordpress.com/2011/07/28/hisab-dan-rukyat-setara-astronomi-menguak-isyarat-lengkap-dalam-al-quran-tentang-penentuan-awal-ramadhan-syawal-dan-dzulhijjah/>

<https://www.ogimet.com/synopsc.phtml> pada tanggal 24 Mei 2019 pukul 13.00 WIB

### **Lain-lain**

Citra Awan Manado, didapatkan dari BMKG Pusat (Jl. Angkasa 1 No, 2 Gunung Sahari Selatan Kecamatan Kemayoran DKI Jakarta) pada saat wawancara dengan Dr. Indra Gustari seorang Kepala Bidang Analisis Variabelitas Iklim BMKG Pusat tanggal 24 Mei 2019 pukul 13.07

Daftar Titik Teleskop di BMKG (tempat-tempat pengamatan Hilal), Didapat saat melakukan pra riset di gedung BMKG Pusat Jakarta pada tanggal 9 Februari 2016

Data radiasi Matahari permukaan Bumi di Manado Provinsi Sulawesi Utara Badan Meteorologi Klimatologi dan Gesofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Minahasa Utara. Didapatkan melalui whatsapp dengan Candra (Forcesterdi Stasiun Klimatologi Manado) melalui pesan watsaap pada 3 Juli 2019 pukul 14.46 WIB

Kompilasi Hasil Pengamatan Hilal BMKG di Manado tahun 2017, didapatkan saat melakukan riset di kantor BMKG Pusat Jl.



Angkasa 1 No. 2 RT 10 Gunung Sahari Selatan Kecamatan  
Kemayoran Daerah Khusus Ibukota Jakarta Pusat pada 24  
Mei 2019

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2008 Tentang  
Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.Pasal 11 Bagian V