

Faktor Atmosfer dalam Visibilitas Hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)

Badrul Munir

Institut Islam Mamba'ul Ulum Jambi, e-mail: munirbadrul19@gmail.com

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.

PENDAHULUAN

Pengamatan Hilal dan kajian terhadap kriteria visibilitas Hilal¹ sudah lama dilakukan oleh para astronom terdahulu, sejarah mencatat bahwa penanggalan yang berpatokan pada pergerakan Bulan sudah mulai sejak masa Babilonia.² Pada masa itu (568-74 SM),³ 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.⁴ Di Indonesia sendiri, sebelum adanya pembahasan kriteria visibilitas Hilal oleh Pemerintah Indonesia sebenarnya sudah ada literatur dalam kitab klasik yang berbicara tentang kriteria visibilitas Hilal, misalnya dalam Kitab *al-Khulāshah al-Wafiyah* karya Zubaer Umar al-Jaelany.⁵ Disebutkan bahwa masing-masing ahli falak memiliki kriteria yang berbeda-beda dalam hal batas *Imkan ar-Ru'yah*. Dalam kitab *Sullam an-Nayyirain* karya Mansur al-Batawi⁶ 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

¹ Kriteria visibilitas Hilal adalah sebuah parameter untuk mendefinisikan kemungkinan posisi Hilal penentu awal bulan kamariah

² Mutoha Arkanuddin dan Muh Ma'rufin Sudibyo, Kriteria Visibilitas Hilal Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) (Konsep Kriteria dan Implementasi) Jurnal LP2H RHI, hlm 34

³ 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 Sudibyo, Kriteria Visibilitas Hilal, hlm 34

⁴ Mutoha Arkanuddin dan Muh Ma'rufin Sudibyo, Kriteria Visibilitas Hilal, hlm 34

⁵ Zubaer Umar al-Jaelany merupakan ahli falak dari Bojonegoro Jawa Timur Indonesia, pengarang kitab *al-Khulāshah al-Wafiyah fi al-Falak bi al-Jadwal al-Lughoritmiah*. Lihat Muhyidin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, hlm 118

⁶ 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

mencapai 7 derajat, sebagian yang lain mengatakan tingginya minimal 6 derajat.⁷

Pembahasan mengenai *Imkan ar-Ru'yah* oleh Pemerintah dimulai sejak tahun 1991, terbentuk berawal dari pertemuan-pertemuan tidak resmi oleh MABIMS⁸ dan menghasilkan kriteria rukyat dengan tinggi Hilal *mar'i* (Ht) $\geq 2^0$ dan umur Bulan ≥ 8 jam atau $ARCL \geq 3^0$.⁹ Thomas Djamaluddin mengungkapkan bahwa kriteria itu berdasarkan pengamatan empiric pengamatan 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 $ARCL = 6,8^0$ nilai ini sama dengan nilai limit Danjon.¹⁰ Kriteria tersebut diperkuat dengan diadakannya Lokakarya Musyawarah Kerja Hisab Rukyat di Cisarua Bogor baik tahun 1998 maupun 2011. Melalui keputusan *Muzakarah Rukyah dan Takwim Islam* Tahun 2016, Negara anggota MABIMS menyetujui sebuah kriteria *Imkan ar-Rukyah* yang baru dengan tinggi Hilal 3^0 di atas ufuk, dan jarak lengkung (sudut elongasi) Bulan ke Matahari tidak kurang dari $6,4^0$.¹¹

Di Indonesia, pengamatan Hilal dilakukan oleh banyak instansi, baik instansi pemerintahan maupun instansi/organisasi kemasyarakatan, diantaranya : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG),¹² Nahdlatul Ulama (NU), Rukyatul Hilal Indonesia (RHI), dan lain sebagainya. BMKG sebagai Lembaga Pemerintah Non Departemen (LPND) di bawah koordinasi dan tanggungjawab Menteri Perhubungan¹³ juga melakukan pengamatan Hilal setiap bulan di berbagai titik di Indonesia sebagai implementasi daripada tupoksinya.¹⁴ Selain itu pengamatan Hilal ini juga dilakukan berdasarkan posisi BMKG sebagai mitra Kementerian Agama Republik Indonesia dalam penentuan awal bulan kamariah. sejak tahun 2010¹⁵ 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,

⁷ Ahmad Izzuddin, *Fikih Hisab Rukyat; Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri, dan Idul Adha*, Jakarta ; Erlangga, 2001, hlm 15

⁸ MABIMS adalah forum menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia, dan Singapura

⁹ 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

¹⁰ Thomas Djamaluddin, *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

¹¹ Draf Keputusan Muzakarah Rukyah dan Takwim Islam Negara Anggota MABIMS ke 16 Pada 2-4 Agustus 2016 Kompleks Baitul Hilal, Port Dickson, Negeri Sembilah. Lihat juga [Menuju Kriteria Baru MABIMS Berbasis Astronomi](#) | ***** Dokumentasi T. Djamaluddin ***** Berbagi ilmu untuk pencerahan dan inspirasi (wordpress.com) Diakses pada 08 Juli 2023 Pukul 23.45 WIB

¹² 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

¹³ Lihat Fungsi dan Tugas Pokok BMKG di <http://www.bmkg.go.id/profil?p=tugas-fungsi>, diakses pada 20 Juni 2023 Pukul 19:26 WIB

¹⁴ Lihat Fungsi dan Tugas Pokok BMKG di <http://www.bmkg.go.id/profil?p=tugas-fungsi>, diakses pada 20 Juni 2023 Pukul 19:26 WIB

¹⁵ 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

meteorologi, dan klimatologi yang sesuai dengan letak geografis wilayah Indonesia.

Kendati dilakukan oleh banyak instansi secara terus menerus, pengamatan Hilal di Indonesia kerap menemui kegagalan meskipun Hilal berada pada ketinggian yang mungkin dapat diamati. Hal ini berkaitan erat dengan letak geografis negara Indonesia yang menggolongkan Indonesia sebagai negara beriklim tropis dengan suhu udara dan curah hujan yang tinggi. Indonesia juga dikenal sebagai Benua Maritim dimana sebagian besar wilayahnya didominasi oleh lautan¹⁶ yang menyebabkan Indonesia tergolong sebagai negara maritim kontinental¹⁷ terdiri dari 17% daratan, 33% lautan, dan 50% merupakan wilayah udara dimana proses fisis pembentukan awan berlangsung. Letaknya berada di equator yang banyak menerima energi Matahari sepanjang tahun dan potensial membangkitkan awan *konvektif*.¹⁸ Secara geologis, Indonesia mempunyai banyak gunung yang memicu pembentukan awan *orografis*.¹⁹ 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 adanya *persistent*²⁰ angin selama enam bulan dari Utara yang mengakibatkan musim penghujan dan berganti arah pada enam bulan berikutnya yang mengakibatkan musim kemarau. 2) Sirkulasi Timur-Barat (*Walker*) karena Indonesia berada di antara dua samudera Pasifik dan Hindia. Sirkulasi *walker* ini mendominasi wilayah Indonesia yang akan memicu banyak hujan (*La Nina*) dan sebaliknya memicu sedikit hujan atau kemarau panjang (*El-Nino*).²¹ Dengan demikian kita dapat berhipotesa bahwa keberhasilan pengamatan Hilal itu tidak hanya ditentukan oleh posisi astronomisnya saja, melainkan juga ditentukan oleh keadaan atmosfer pada saat pengamatan.

Berangkat dari uraian masalah di atas, maka perlu dilakukan penelitian yang mendalam terkait Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia Berdasarkan Hasil Pengamatan Hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sebagai upaya untuk mendapatkan parameter keberhasilan pengamatan Hilal yang sudah mempertimbangkan factor atmosfer di dalamnya. Bagaimana teori atmosfer menurut BMKG dan bagaimana pengaruhnya terhadap pengamatan hilal BMKG adalah 2 hal pokok yang menjadi batasan dalam penelitian ini.

¹⁶ Saptono Putro dan Rahma Hayati, “Dampak Perkembangan Permukiman terhadap Perluasan Banjir Genangan di Kota Semarang”, *Jurnal Geografi* Vol 4 No. 1 Januari 2007, hlm 35

¹⁷ 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

¹⁸ Awan konvektif merupakan awan yang dihasilkan dari naiknya udara hangat yang lembab dengan proses penurunan suhu secara adiabatik. Lihat Hnadoko, *Klimatologi Dasar (Landasan Pemahaman Fisika Atmosfer dan Unsur-unsur Iklim)*, Pustaka Jaya, Jakarta 1995, hlm 116

¹⁹ Awan orografis merupakan awan yang dihasilkan dari naiknya udara lembab secara paksa oleh dataran tinggi atau pegunungan. Lihat Hnadoko, *Klimatologi Dasar*....., hlm 116

²⁰ 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

²¹ 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

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kepustakaan (*library Research*),²² dengan jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif. Penelitian kepustakaan ini dilakukan terhadap dokumen-dokumen yang tersiapkan 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.²³

Sumber 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.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan lembaga pemerintah non-departemen (LPND)²⁴ 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 Geofisika²⁵

BMKG mulai melakukan pengamatan Hilal khususnya untuk kepentingan penetapan awal bulan kamariyah sejak tahun 1972 dan lebih intensif sejak tahun 2010.²⁶ Pengamatan Hilal BMKG dilakukan Pengamatan Hilal BMKG ini dilakukan oleh tenaga profesional yang telah mendapatkan pendidikan pada sekolah kedinasan STMKKG, pusat pendidikan dan pelatihan (PUSDIKLAT) BMKG, dan sarana pendidikan yang lain. Secara *continuou*

²² Penelitian yang dilakukan dengan menganalisis sumber data tertulis atau kepustakaan. Lihat M. Iqbal Hasan, *Pokok-pokok Metodologi Penelitian*, Ghalia Indonesia, Bogor, 2002, hlm. 11

²³ 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

²⁴ 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

²⁵ Lampiran Undang-undang Republik Indonesia No. 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, pasal 11, hlm : 10

²⁶ 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 Khusus 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

setiap bulan BMLG melakukan pengamatan Hilal di beberapa titik di Indonesia, di antaranya :²⁷

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 – Makassar.
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.

Dalam perjalanannya, pengamatan Hilal BMKG ini mendapatkan apresiasi dari lembaga internasional yang bernama Islamic Crescents Observation Project (ICOP).²⁸ 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 adalah 16,39 jam, lagnya adalah 30 menit, dan fraksi iluminasi bulannya adalah 0,48%.²⁹

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*

²⁷ Daftar Titik Teleskop di BMKG (tempat-tempat pengamatan Hilal), Didapat saat melakukan pra riset di gedung BMKG Pusat Jakarta pada tanggal 9 Februari 2016

²⁸ 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.

²⁹ <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

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.³⁰

Sementara di Kupang, pada tahun 2017 pengamatan berhasil mengamati Hilal sebanyak 6 kali, yaitu : 1) bulan Januari 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.³¹

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.³² 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.

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

³⁰ 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 2017

³¹ 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 2018

³² 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

dengan nilai rata-rata per bulan saja.³³ 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 hari³⁴ sebelum 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 Katsner³⁵ yang memprediksi visibilitas pada saat senja untuk objek-objek di langit di dekat Matahari.³⁶ 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.³⁷

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, yaitu : Pertama, menentukan posisi benda langit dengan koordinat ekuatorial (*ascensio recta*³⁸ dan deklinasi³⁹). Kedua, menentukan posisi semu benda tersebut terhadap ufuk pengamat, koordinat horizontal (azimut⁴⁰ dan tinggi⁴¹).

2. Refraksi⁴²

Ketika cahaya berjalan melewati atmosfer, maka jalannya pasti akan dibengkokkan oleh refraksi. Posisi semu benda langit jika

³³ Wawancara dengan Candra (seorang forecaster di Stasiun Klimatologi Manado pada hari Senin, 1 Juli 2019 pukul 14.30 WIB melalui whatsapp di nomor 085256585261. Dalam dialog ini, Stasiun klimatologi Manado menyatakan bahwa pihaknya tidak dapat mengeluarkan data radiasi Matahari permukaan Bumi harian, melainkan bulanan.

³⁴ 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

³⁵ 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

³⁶ J.A.Utama, A. Siregar, "Usulan Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia dengan Model Katsner", *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, Vol 9, Tahun 2013, hlm : 199

³⁷ J.A.Utama, A. Siregar, "Usulan....", hlm 199

³⁸ *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

³⁹ Deklinasi adalah busur pada lingkaran waktu yang diukur mulai dari titik perpotongan antara lingkaran waktu dan ekoatorke arah utara atau selatan sampai ke titik pusat benda langit. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi.....*, hlm : 53

⁴⁰ Azumut adalah busur yang diukur mulai dari titik utara ke arah timur sampai dengan lingkaran vertikal yang melalui benda langit. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi.....*, hlm : 38

⁴¹ 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

⁴² Bradley. E. Schafer, "Astronomy and.....", hlm : 314

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 ($^{\circ}\text{C}$)

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

$$h = 90^{\circ} - Z$$

$$h' = 90^{\circ} - Z - R$$

Benda langit yang berada di daerah zenith mempunyai refraksi 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'*⁴³

3. Masa Udara⁴⁴

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 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 :

$$X = \sec (Z)$$

Sementara untuk ketinggian dekat ufuk dapat dihitung dengan rumus :

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

4. Extinction⁴⁵

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

⁴³ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi.....*, hlm : 180

⁴⁴ Bradley. E. Schafer, "Astronomy and.....", hlm : 316

⁴⁵ Bradley. E. Schafer, "Astronomy and.....", hlm : 317 Lihat juga Sidney. O. Katsner, "Calculation....", hlm : 157 - 159

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*)⁴⁶

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

6. Cahaya Langit (Cahaya Latar Belakang)⁴⁷

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

Tabel 5. Kondisi Umum Kecerahan Langit

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

⁴⁶ Bradley. E. Schafer, "Astronomy and....., hlm : 319 -320

⁴⁷ Bradley. E. Schafer, "Astronomy and....., hlm : 320-322

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)⁴⁸⁴⁹

2. Menghitung kecerahan Bulan di luar (L_*) dan di dalam atmosfer (L_e), dengan rumus :⁵⁰

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

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

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

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

dimana :

A = semi diameter Bulan

ARCL = elongasi

Z = jarak zenith

K = koefisien ekstingsi

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

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

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

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

dengan :

θ_0 = sudut transisi⁵¹

θ = beda azimut Bulan dan Matahari

h = 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 :⁵²

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

$$L_a = 290 + 105_e \exp(90 - z)^2$$

$$L_m = L_s + L_e$$

5. Menentukan nilai koreksi optik untuk kecerahan latar belakang dan kecerahan Bulan :⁵³

a. Koreksi pengelihan binokuler (F_b) dengan nilai 1,41 atau V_2

b. Koreksi penyerapan cahaya oleh lensa teleskop (F_1)⁵⁴:

⁴⁸ Depresi adalah sudut kedalaman, kebalikan dari elevasi, nilainya jg kebalikan dari elevasi, jika di atas ufuk negatif jika di bawah ufuk positif

⁴⁹ Judistira menggunakan bantuan aplokasi MoonCalc dalam perhitungannya

⁵⁰ Dihitung dengan formula dari Katsner. Lihat Sidney. O. Katsner, "Calculation.....", hlm 156-159

⁵¹ Sudut transisi digunakan untuk menilai keterpengaruhn cahaya Matahari terhadap kecerahan langit senja, atau besar medan pandang yang terpengaruh oleh cahaya Matahari

⁵² Dihitung dengan formula dari Katsner. Lihat Sidney. O. Katsner, "Calculation.....", hlm 157-160

⁵³ 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

⁵⁴ Koreksi ini diterapkan karena kebanyakan teleskop memakai sistem monocular, sehingga koreksi ini menjadikan kekuatan 2 mata menjadi 1 mata

- $F_1 = 1/t^0 \times (1-(D_s/D)^2)$. Dengan :
 D/D = Koreksi untuk teleskop refraktor, (D_s : kaca sekunder), D = kaca primer, jika teleskop reflektor maka D_s/D
 n = Jumlah lensa
 t = Tingkat kebersihan lensa (bersih = 0,96 kotor = 0,70)
- c. Koreksi penyebaran cahaya oleh pupil (F_p)
- $D_e = 7 \exp(-0,5[A/100]^2)$
 $F_p = D/MD_c^2$, jika $D_e < D/M$
 $F_p = 1,0$, jika $D_e > D/M$ 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)
- $F_r = (2\theta M/900'')^{0,5}$, jika $2\theta M > 900''$
 $F_r = 1,0$, jika $2\theta M < 900''$, dengan :
 θ = The radius of seeing disk
 M = Pembesaran
- g. Menjumlahkan koreksi untuk kecerahan latar belakang (F_b) dan kecerahan Bulan (F_i)⁵⁵:
- $F_b = F_b F_l F_p F_a F_m$
 $F_i = F_b F_l F_p F_a F_r F_s$
6. Menentukan kecerahan latar belakang efektif (B_{ef}) dan kecerahan objek efektif (L_{ef}) dengan koreksi⁵⁶ :
- $B_{ef} = L_{sa} / F_1$
 $L_{ef} = L_e / F_b$
7. Menghitung fungsi visibilitas (Δm), jika hasil negatif maka visibilitas hilal negatif, jika hasil positif maka visibilitas hilal positif⁵⁷ :
- $R = L_{ef} / B_{ef}$
 $\Delta m = 2,5 \log R$

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

⁵⁵ Lihat Binta Yudistira DKK, *Model Visibilitas Katsner*, hlm 60

⁵⁶ J.A.Utama, A. Siregar, "Usulan....", hlm 61

⁵⁷ Dihitung dengan formula dari Katsner. Lihat Sidney. O. Katsner, "Calculation.....", hlm 160

Matahari yang dihitung dari puncak atmosfer (*top of atmosphere, TOA*).⁵⁸

Besarnya radiasi di permukaan Bumi sesuai hukum *Beer Bouger Lamber*⁵⁹ 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 :⁶⁰

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

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 :⁶¹

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

Sedangkan besarnya radiasi di puncak atmosfer (ho), secara matematis dinyatakan sebagai berikut :⁶²

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

Untuk menghitung ho diperlukan input data nilai panjang hari (W_s) dan deklinasi Matahari (δ) 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 :

hs = radiasi Matahari di permukaan Bumi

ho = radiasi Matahari di puncak atmosfer

t = koefisien penyerapan

ds = jarak Bumi-Matahari

δ = deklinasi

W_s = panjang hari

I_0 = *solar constant* (1353 watt/m²)

θ = lintang stasiun

n = hari ke n (tanggal 1 januari, $n=1$)

hs/ho = koefisien transmisivitas yang menyatakan tingkat kecerahan atmosfer (*clearness number*)

Koreksi kejernihan atmosfer pada Katsner, dilakukan menggunakan persamaan di atas dengan input nilai radiasi Matahari

⁵⁸ 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

⁵⁹ Fuadi Thohari, dkk, *Kondisi Atmosfer*, hlm 144 mengutip dari K.N.Liau, *An Introduction to Solar Aradiation*, Second Edition, tp 2002, hlm 28

⁶⁰ Fuadi Thohari, dkk, *Kondisi Atmosfer*, hlm 144

⁶¹ Fuadi Thohari, dkk, *Kondisi Atmosfer*, hlm 144

⁶² 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

permukaan Bumi,⁶³ suhu udara, dan tekanan udara⁶⁴ di lokasi 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 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.⁶⁵ Selain itu, pengamatan Hilal BMKG dilakukan oleh tenaga-tenaga profesional dan dengan *standart operating prosedure* (SOP) yang baik.⁶⁶

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 :

⁶³ Nilai radiasi Matahari di permukaan Bumi ini bisa didapatkan informasinya dari stasiun Klimatologi yang ada di wilayah pengamatan

⁶⁴ 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>

⁶⁵ Lihat pada lampiran, UU Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009

⁶⁶ Lihat pada lampiran, SOP Rukyatul Hilal BMKG

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° 30' 48"
2	27-Apr	Awal Sya'ban 1438 H	11° 45' 51"
3	26-Mei	Awal Ramadan 1438 H	7° 13' 45"
4	24-Jul	Awal Dzulqo'dah 1438 H	11° 17' 18"
2018			
1	18-Mar	Awal Rojab 1439 H	9° 39' 15"
2	16-Mei	Awal Ramadan 1439 H	11° 27' 7"
3	14-Jun	Awal Syawal 1439 H	6° 42' 44"
4	10-Sep	Awal Muharrom 1440 H	8° 13' 54"

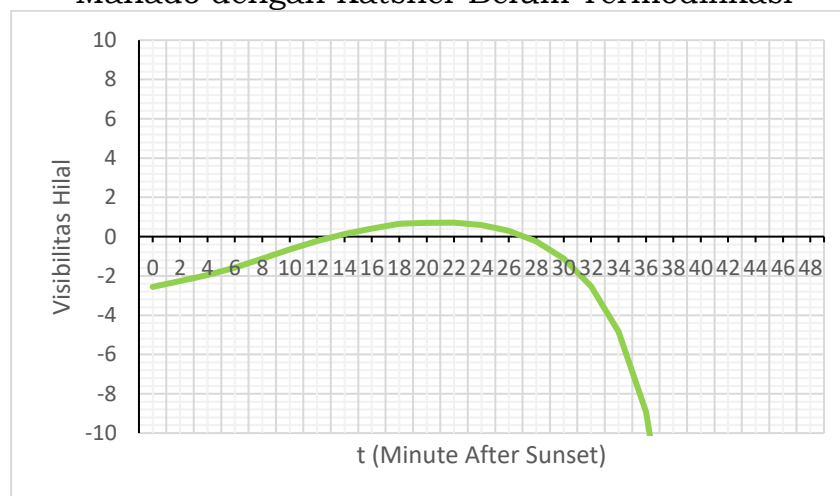
Tabel.7 Hilal Teramati di Kupang Tahun 2017 dan 2018 BMKG

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.

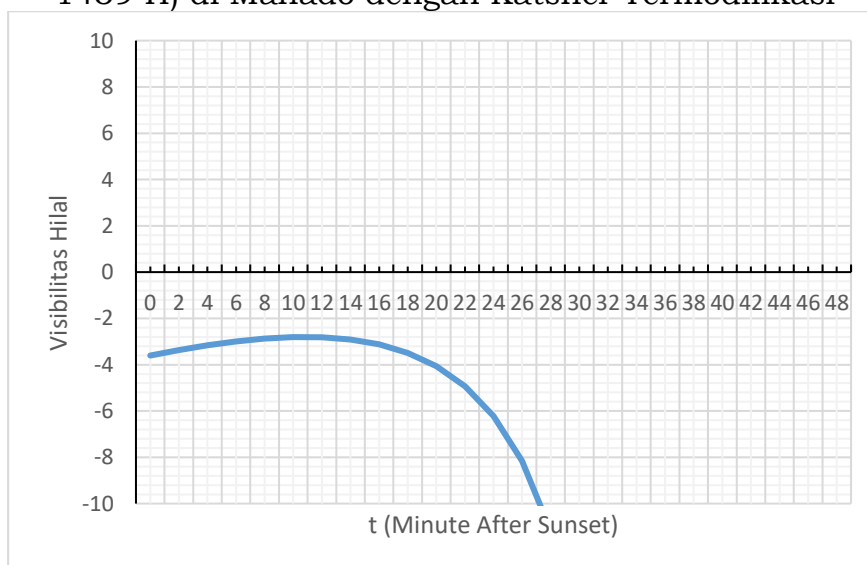
Pengamatan Hilal yang dilakukan di Manado pada 14 Juni 2018 atau bertepatan dengan awal syawal 1439 H berhasil mengamati Hilal pada ketinggian $6^{\circ}42'44''$. Di dalam Katsner yang belum termodifikasi, Hilal mulai dapat diamati pada menit 13 sampai menit ke 27 setelah terbenam Matahari dengan visibilitas (Δm) 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



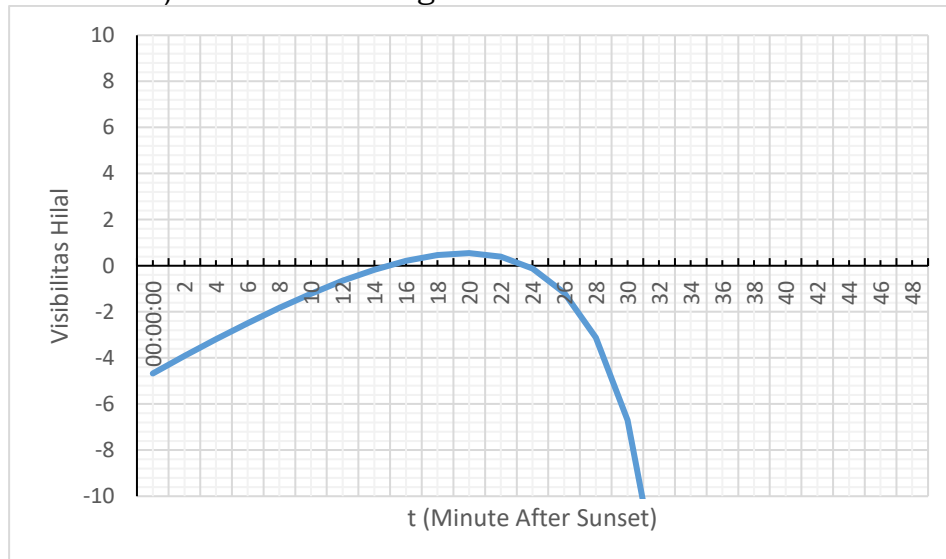
Pada Katsner termodifikasi, visibilitas Hilal (Δm) dengan mata telanjang bernilai negatif, yang berarti menunjukkan bahwa Hilal tidak dapat teramati, visibilitasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini :

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 (Δm) 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



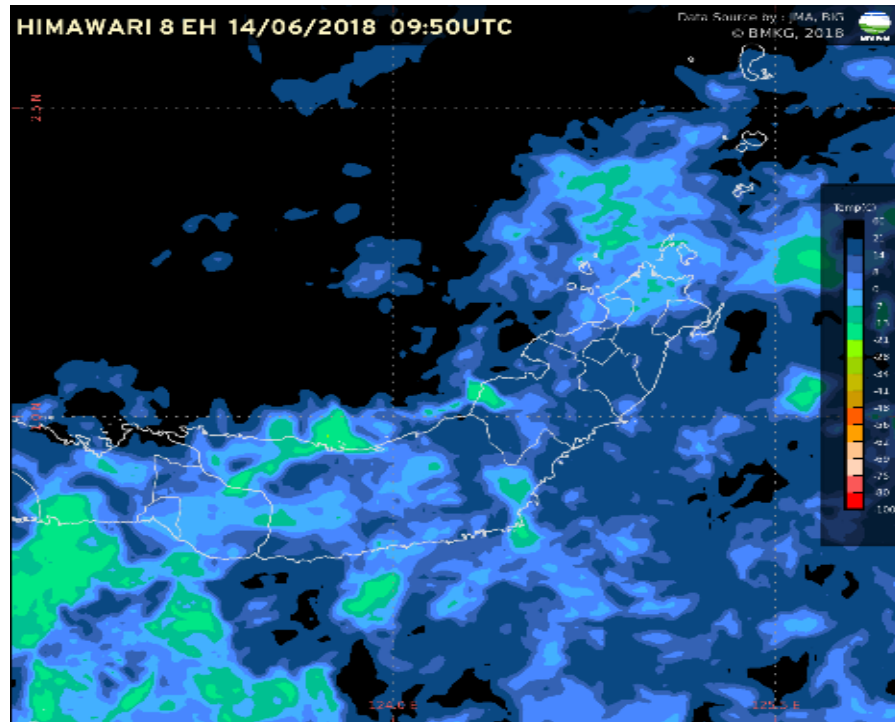
Nilai radiasi Matahari yang dijadikan sebagai input adalah sebesar 332,8 gram cal.cm²,⁶⁷ dan menunjukkan nilai kecerahan atmosfer sebesar 0,2 (berawan dan mendung)⁶⁸

Secara sinoptik, tutupan awan pada saat pengamatan Hilal tersebut bernilai 3 oktaf⁶⁹, 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 selatan. Kondisi keawanan Manado pada saat pengamatan tersebut dapat dilihat pada citra satelit di bawah ini :

⁶⁷ Data radiasi Matahari permukaan Bumi di Manado Provinsi Sulawesi Utara Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Minahasa Utara. Didapatkan melalui whatsapp dengan Candra (Forcederdi Stasiun Klimatologi Manado) melalui pesan whatsapp pada 3 Juli 2019 pukul 14.46 WIB

⁶⁸ 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

⁶⁹ Didapatkan dari ogimet.com diakses pada 24 Mei 2019

Gambar 7. Citra Keawanan Manado 14 Juni 2018⁷⁰

Gambar di atas menerangkan kondisi keawanan pada tanggal 14 Juni 2018 pukul 17.50⁷¹ waktu Manado.⁷² 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°42'44" masih dapat diamati menggunakan alat bantu optik berupa teleskop.

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

⁷⁰ 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

⁷¹ Pukul 17.50 waktu setempat adalah waktu dimana Hilal mulai terlihat. Waktu Hilal mulai teramati dapat dihitung, penulis menghitungnya menggunakan Katsner

⁷² Kondisi keawanan dilaporkan setiap 10 menit

ditunjukkan pada gambar di atas, citra keawanan pada gambar di atas sudah sangat detil bahkan sampai menit.

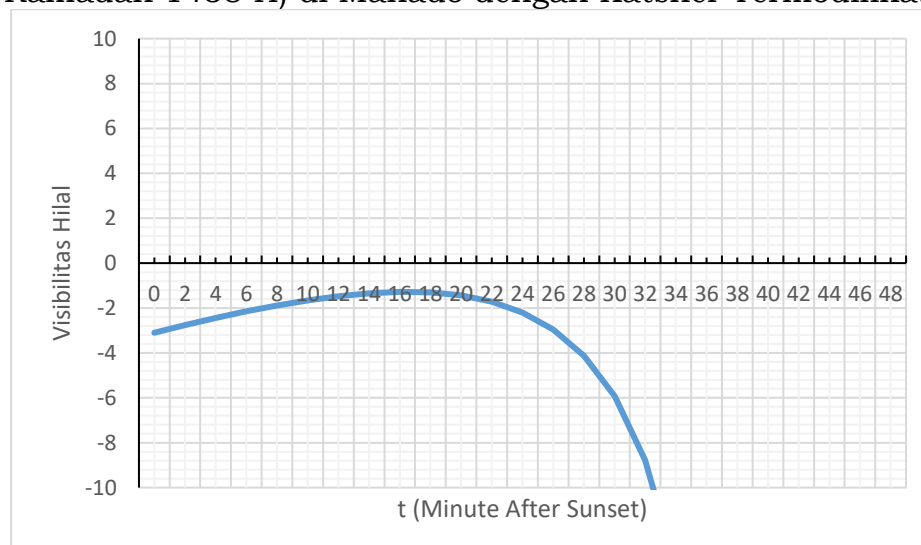
Demikian pula halnya dengan pengamatan Hilal yang dilakukan di Manado pada 26 Mei 2017 atau bertepatan dengan awal Ramadan 1438 H berhasil mengamati Hilal pada ketinggian $7^{\circ}13'45''$. Di dalam Katsner yang belum termodifikasi, Hilal mulai dapat diamati pada menit ke 12 sampai menit ke 32 setelah Matahari terbenam, dan visibilitas (Δm) tertinggi bernilai 1,3 pada menit 24

Gambar 8. Grafik Visibilitas Hilal 29 Mei 2017 di Manado dengan Katsner Belum Termodifikasi



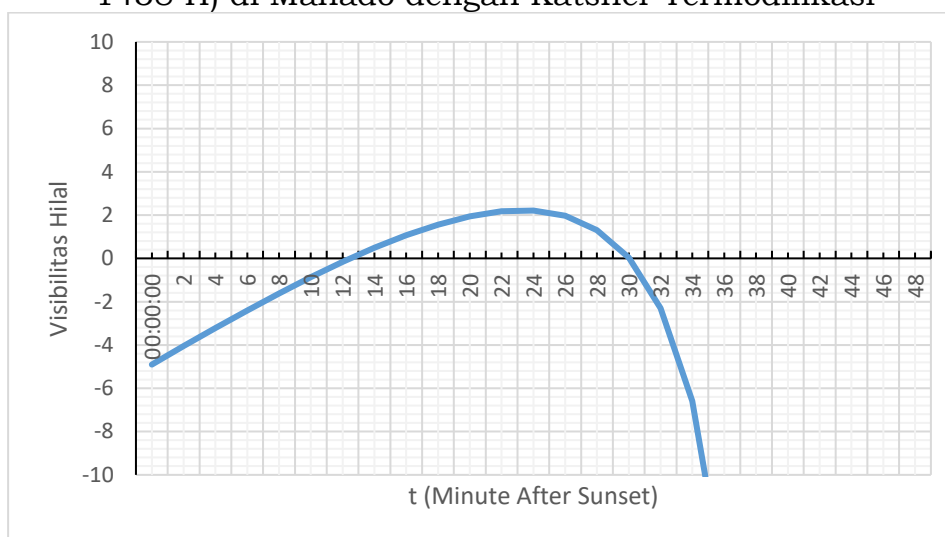
Sedangkan pada Katsner termodifikasi dengan visibilitas mata telanjang, visibilitas Hilal (Δm) bernilai negatif, hal ini menunjukkan Hilal tidak dapat teramati di wilayah Manado, visibilitasnya dapat dilihat pada grafik berikut :

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 (Δm) 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



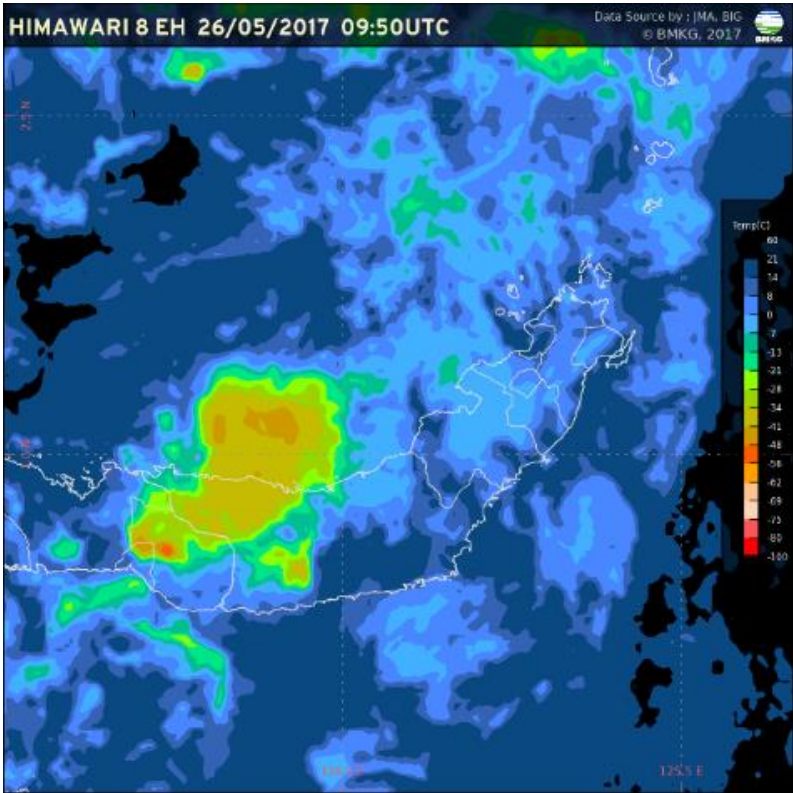
Nilai radiasi Matahari yang dijadikan sebagai input adalah sebesar 383,2 gram cal.cm²,⁷³ dan menunjukkan nilai kecerahan atmosfer sebesar 0,2 (berawan dan mendung)⁷⁴ Secara sinoptik, tutupan awan bernilai 2 oktaf,⁷⁵ artinya 25% langit Manado tertutup awan. Secara visual kondisi keawanan wilayah Manado tersebut dapat dilihat pada citra satelit di bawah ini :

⁷³ Data radiasi Matahari permukaan Bumi di Manado Provinsi Sulawesi Utara Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Minahasa Utara. Didapatkan melalui whatsapp dengan Candra (Forcedsterdi Stasiun Klimatologi Manado) melalui pesan whatsapp pada 3 Juli 2019 pukul 14.46 WIB

⁷⁴ 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

⁷⁵ Diakses dari <https://www.ogimet.com/synopsc.phtml> pada tanggal 24 Mei 2019 pukul 13.00 WIB

Gambar 10.. Citra Awan 26 Mei 2017 Pukul 17.50 di Manado⁷⁶



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°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 :

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 1439 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

76

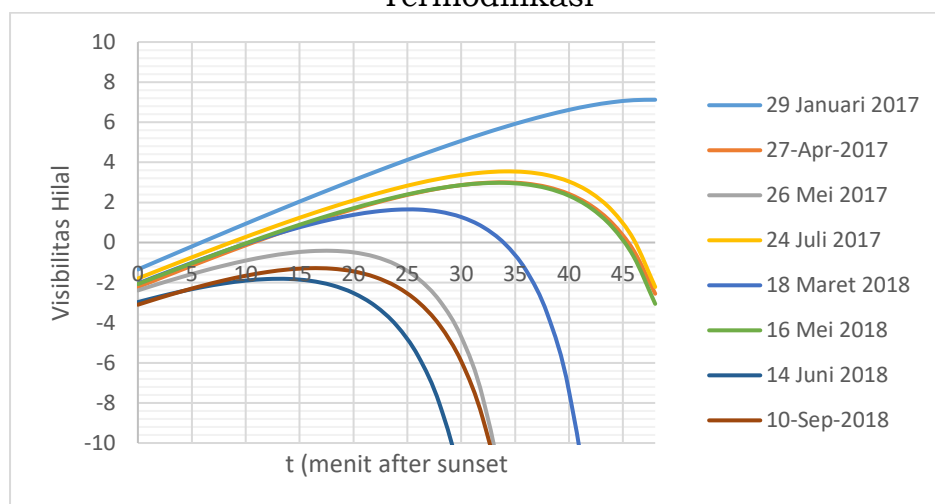
Pada tabel di atas dapat kita ketahui kesesuaian antara hasil pengamatan Hilal BMKG yang dilakukan di Manado tahun 2017 dan 2018 dengan model Katsner baik yang belum termodifikasi maupun yang sudah termodifikasi.

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 MABIMS⁷⁷ bahkan Hilal tanggal 2.

Pada hasil pengamatan Hilal dengan ketinggian sama dengan atau di atas 9° , 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° , 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



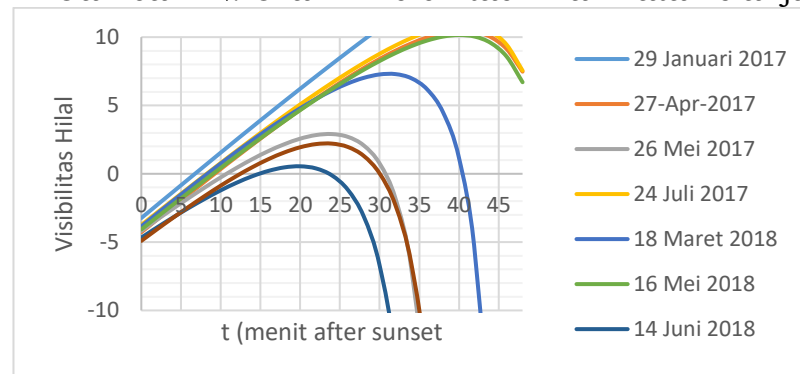
b. Terhadap Visibilitas Mata Telanjang

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° , 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° . Hal ini membuktikan bahwa atmosfer sangat berpengaruh terhadap visibilitas Hilal dimana atmosfer akan

⁷⁷ 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

mengurangi cahaya Hilal yang sampai ke pengamat bahkan menghalanginya. Visibilitasnya dapat dilihat pada grafik berikut :

Gambar 12. Grafik Visibilitas Hilal Mata Telanjang

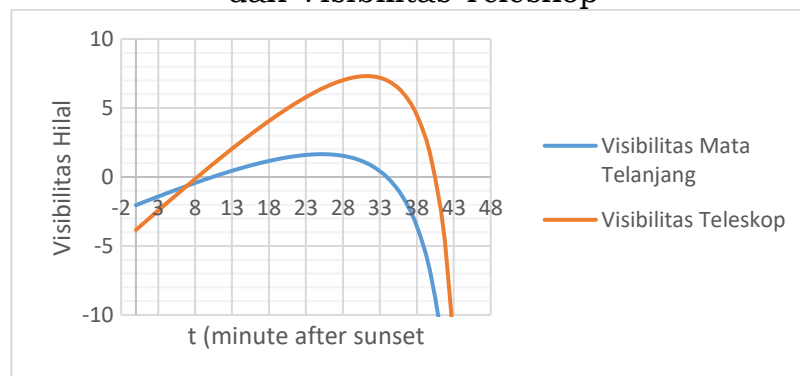


c. Visibilitas Hilal Teleskop

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° , 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° 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.

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	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)

- 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° 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)

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.

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'llah A al-Khalil, *Kamus al-Wafi (Arab-Indonesia)* Gema Insani, Jakarta, 2016.
- I Fatoohi Louay, *The Babylonian First Visibility of The Lunar Creasent Date and Criterion*, NASA Astrophysics Date Sistem, 1999.
- Ilyas Muhammad, *Lunar Cresent 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 penerbit, 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 Kebumian 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, *Iklim 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 Crescent ; 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 watsapp 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 watsapp 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 Khusus 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 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/refndnb/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 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 Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Minahasa Utara. Didapatkan melalui whatsapp dengan Candra (Forcederdi 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