

**IMPLEMENTASI DATA *IMAGE PROCESSING*
BMKG UNTUK KRITERIA VISIBILITAS HILAL**

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Sebagai Syarat
Memperoleh Gelar Magister
dalam Ilmu Falak



Oleh :

SITI LAILATUL MUKARROMAH

NIM : 1702048010

PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU FALAK

FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO

S E M A R A N G

2019

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : **Siti Lailatul Mukarromah**
NIM : 1702048010
Judul Penelitian : **Implementasi Data Image Processing BMKG
Untuk Kriteria Visibilitas Hilal**
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Konsentrasi : Ilmu Falak

Menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

IMPLEMENTASI DATA *IMAGE PROCESSING* BMKG UNTUK KRITERIA VISIBILITAS HILAL

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

Semarang, 18 Juli 2019

Pembuat Pernyataan,

Siti Lailatul Mukarromah
NIM:1702048010

NOTA DINAS

Semarang, 4 Juli 2019

Kepada
Yth. Direktur Pascasarja
UIN Walisongo
di Semarang

Assalamu 'alaikum wr.wb

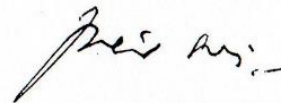
Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi terhadap tesis yang ditulis oleh:

Nama : **Siti Lailatul Mukarromah**
NIM : 1702048010
Konsentrasi : Ilmu Falak
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Judul : **Implementasi Data Image Processing BMKG
untuk Kriteria Visibilitas Hilal**

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diujikan kepada Pascasarjana UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Ujian Tesis.

Wasalami 'alaikum wr. Wb.

Pembimbing I,



Prof. Dr. Muslich Shabir, MA
NIP: 195606301981031003

NOTA DINAS

Semarang, 4 Juli 2019

Kepada
Yth. Direktur Pascasarja
UIN Walisongo
di Semarang

Assalamu 'alaikum wr.wb

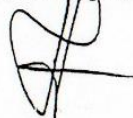
Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi terhadap tesis yang ditulis oleh:

Nama : **Siti Lailatul Mukarromah**
NIM : 1702048010
Konsentrasi : Ilmu Falak
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Judul : **Implementasi Data Image Processing BMKG
untuk Kriteria Visibilitas Hilal**

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diujikan kepada Pascasarjana UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Ujian Tesis.

Wasalami 'alaikum wr. Wb.

Pembimbing II,



Drs. KH. Slamet Hambali, M.SI.
NIP: 195408051980031004

ABSTRAK

Judul : **Implementasi Data *Image Processing* BMKG untuk Kriteria Visibilitas Hilal**

Penulis : Siti Lailatul Mukarromah

NIM : 1702048010

BMKG menerapkan tehnik pengembanga dalam rukyatul hilal, yaitu dengan tehnik *image processing*. BMKG telah menerapkan tehnik ini sejak tahun 2008-2019, namun belum diketahuinya kriteria visibilitas hilal yang dijadikan patokan dari hasil pengolahan citra tersebut, sehingga penulis tertarik mengkaji proses pengolahan citra hilal BMKG dengan menggunakan tehnik *image processing* sebagai sarana untuk dapat merumuskan kriteria visibilitas hilal dari data-data hasil pengolahan citra yang dilakukan oleh BMKG. Permasalahan dalam tesis ini adalah (1) Bagaimana prosedur pengolahan citra hilal BMKG ? (2) Berapakah kriteria visibilitas hilal yang diperoleh dari data *image processing* BMKG ?. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif, dengan analisis deskriptif. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah wawancara dan dokumentasi. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan saintifik dan statistik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa (1) Prosedur pengolahan citra (*image processing*) yang telah diterapkan oleh BMKG untuk pengamatan hilal menurut peneliti telah cukup memadai, namun masih dibutuhkannya tehnik pengembangan pada tingkat lanjutan (kompleks) agar dapat diperoleh hasil yang maksimal dalam pemrosesan citra hilal, karena sejauh ini BMKG masih sampai pada pengolahan citra dengan tingkat yang agak kompleks. (2) Dari pembentukan kriteria visibilitas hilal yang didasarkan pada data hasil pengamatan BMKG, maka kriteria visibilitas hilal yang terbentuk dari parameter fisis bulan adalah sebagai berikut: Tinggi Hilal (*Alt*) yaitu $6^{\circ}13'13.78''$ maka dapat dipersamakan dengan nilai Elongasi (*ARCL*) $7^{\circ}42'52.65$, dengan Umur Hilal (*Age*) $14^{\circ}50'55,18''$, dengan Lebar Hilal (*W*) $0^{\circ}8'19,3''$, dan *Lag Time* $28'50''$ serta bea Azimut (*DAz*) $2^{\circ}40'42,29''$.

Kata Kunci : *Image Processing*, BMKG, Visibilitas Hilal

ABSTRACT

BMKG applies the development techniques in the rukyatul hilal, namely with image processing techniques. BMKG has applied this technique since 2008-2019, but it is not yet known that the hilal visibility criteria needed from the image processing results, so the authors are interested in reviewing BMKG hilal image processing by using image processing techniques to formulate hilal criteria visibility based on the results of image processing carried out by BMKG. The problems in this thesis are (1) What is the procedure for processing the BMKG hilal image? (2) What are the hilal visibility criteria obtained from BMKG data processing? This research is a qualitative research, with descriptive analysis. Data collection methods used were interviews and documentation. The recommendations used are the latest and statistics.

The results of this study indicate that (1) the procedure of image processing (image processing) that has been applied by BMKG for the observation of the new moon according to researchers has been sufficient, but development techniques are still needed at the advanced level in order to obtain optimal results in the research of hilal images, because this exceeded BMKG still arrived at image processing with a rather complicated level. (2) From the collection of hilal visibility criteria based on BMKG collection data, the hilal visibility criteria formed from the physical moon parameters are as follows: Tinggi Hilal (*Alt*) yaitu $6^{\circ}13'13.78''$ maka dapat dipersamakan dengan nilai Elongasi (*ARCL*) $7^{\circ}42'52.65$, dengan Umur Hilal (*Age*) $14^{\circ}50'55.18''$, dengan Lebar Hilal (*W*) $0^{\circ}8'19.3''$, dan *Lag Time* $28^{\circ}50''$ serta bea Azimut (*DAz*) $2^{\circ}40'42.29''$.

Keywords: *Image Processing, BMKG, Hilal Visibility*

ملخص

تطبق **BMKG** تقنيات التطوير في الرؤية الهلال ، أي مع تقنيات معالجة الصور. طبقت **BMKG** هذه التقنية منذ 2008-2019 ، لكن لم يُعرف بعد أن معايير رؤية الهلال تستخدم كمعيار لنتائج معالجة الصور ، لذلك يهتم المؤلفون بمراجعة معالجة الصور **BMKG hilal** باستخدام تقنيات معالجة الصور كوسيلة لصياغة معايير لرؤية القمر الجديد. - بيانات معالجة الصور التي تنفذها **BMKG**. المشاكل في هذه الرسالة هي (1) ما هو الإجراء الخاص بمعالجة صورة هلال **BMKG** ؟ (2) ما هي معايير رؤية الهلال التي تم الحصول عليها من معالجة الصور **BMKG** ؟ هذا البحث هو بحث نوعي ، مع تحليل وصفي. وكانت أساليب جمع البيانات المستخدمة المقابلات والوثائق. النهج المستخدم هو نهج علمي وإحصائي.

تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن (1) إجراء معالجة الصور (معالجة الصور) الذي تم تنفيذه بواسطة **BMKG** لمراقبة القمر الجديد وفقاً للباحثين كان كافياً ، ولكن لا تزال هناك حاجة إلى تقنيات التطوير على المستوى المتقدم (المركب) من أجل الحصول على أفضل النتائج في معالجة صورة هلال ، لأن **BMKG** لا تزال وصلت حتى الآن إلى معالجة الصور بمستوى معقد إلى حد ما. (2) من تشكيل معايير رؤية الهلال بناءً على بيانات مراقبة **BMKG** ، فإن معايير رؤية الهلال المشكّلة من المعلمات الفيزيائية للقمر هي كما يلي " **Hilal Height (hc) 6o13'13.78** ، : " **6o18'45.72 (ARCL) Elongation** ، " **Age Hilal (Age) 7o10'53.93** ، " **Lag Hilal Width (W) 1o14'53.01** ، " **5o56'52.61** ، " **DAz 11o24'0.36** .

الكلمة الرئيسية: معالجة الصور ، **BMKG**. رؤية الهلال

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN
Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri P dan K
Nomor: 158/1987 dan Nomor: 0543b/U/1987

1. Konsonan

No.	Arab	Latin
1	ا	tidak dilambangkan
2	ب	b
3	ت	t
4	ث	ṣ
5	ج	j
6	ح	ḥ
7	خ	kh
8	د	d
9	ذ	ẓ
10	ر	r
11	ز	z
12	س	s
13	ش	sy
14	ص	ṣ
15	ض	ḍ

No.	Arab	Latin
16	ط	ṭ
17	ظ	ẓ
18	ع	‘
19	غ	g
20	ف	f
21	ق	q
22	ك	k
23	ل	l
24	م	m
25	ن	n
26	و	w
27	ه	h
28	ء	’
29	ي	y

2. Vokal Pendek

ا	= a	كتب	kataba
.....	= I	سئل	su’ila
’	= u	يذهب	yazhabu

3. Vokal Panjang

ا	= قال	qāla
اي	= قيل	qīla
أو	= يقول	yaqūlu

4. Diftong

اي	= ai	كيف	kaifa
او	= au	حول	ḥaula

MOTTO

“Dia memasukan malam ke dalam siang dan memasukan siang ke dalam malam dan menundukkan matahari dan bulan, masing-masing beredar menurut waktu yang ditentukan. Yang (berbuat) demikianlah Allah Tuhanmu, milik-Nyalah segala kerajaan. Dan orang-orang yang kamu seru (sembah) selain Allah tidak mempunyai apa-apa walaupun setipis kulit ari”.

~ (Q.S. Fatir/ 35: 13) ~

PERSEMBAHAN

Karya tulis ini saya persembahkan untuk:

“Ibunda Suswati dan ayahanda Ahmad Daeri”

“Saudariku Nurul Islamiah, S.Pd.I dan Ibtatul Hasanah”

“Almamater (Alkhairaat dan UIN Walisongo
Semarang”

Serta para penuntut ilmu.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW penuntun jalan kebenaran bagi semesta alam, beserta keluarganya, sahabat-sahabatnya, hingga sampai kepada umatnya hingga akhir zaman.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini terdapat banyak kesulitan, rintangan, dan hambatan. Namun berkat pertolongan dari Allah SWT dengan didorong oleh kemauan dan tanggung jawab sebagai mahasiswa serta kesabaran dan dukungan dari berbagai pihak yang telah memberikan petunjuk bagi penulis, maka segala kesulitan dan hambatan dapat teratasi.

Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu. Adapun ucapan terimakasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Muslich Shabir, M.A., dan Bapak Drs. KH. Slamet Hambali, selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam melakukan bimbingan dari awal hingga selesainya penulisan tesis ini.
2. Bapak Dr. H. Ahmad Izzuddin, M. Ag., selaku Ketua Prodi Pascasarjana Ilmu Falak dan Bapak Dr. H. Mashudi, M. Ag., selaku Sekretaris Prodi Pascasarjana Ilmu Falak UIN Walisongo.

3. Seluruh Dosen Magister Ilmu Falak, Civitas Akademik dan pengelola di lingkungan Pascasarjana UIN Walisongo Semarang atas bantuan dan arahan selama proses perkuliahan.
4. Bapak Dr. Suaidi Ahadi, ST, MT., selaku ketua Sub Bidang Analisis Geofisika Potensial dan Tanda Waktu BMKG Pusat yang telah memberikan kesempatann kepada peneliti untuk melakukan penelitian, Bapak Rukman Nugraha, S.Si, M. Si., Whytia Shabrina Fitmawyani, S. Si beserta seluruh staf yang telah bersedia memberikan informasi dalam rangka melancarkan proses penelitian yang sedang peneliti lakukan.
5. Kepada seluruh mahasiswa Pascasarjana UIN Walisongo angkatan 2017 yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu. Dan khususnya kepada anggota “Kopdar’17”, sahabat seperjuangan yang selalu kebersamai selama kurang lebih dua tahun ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang terbaik kepada mereka yang telah memberi bantuan baik dari segi moril maupun materiil selama proses penelitian dan penulisan tesis ini. Dan semoga tesis ini bermanfaat untuk para pembaca dan bagi penulis sendiri.

Semarang, 4 Juli 2019

Penulis,

Siti Lailatul Mukarromah

NIM: 1702048010

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA DINAS	iv
ABSTRAK	vi
TRASLITERASI	viii
MOTTO	x
PERSEMBAHAN	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii

BAB I : PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumah Masalah.....	7
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	7
D. Kajian Pustaka.....	8
E. Kerangka Teori.....	11
F. Metode Penelitian.....	14
G. Sistematika Pembahasan.....	18

BAB II : KRITERIA VISIBILAS HILAL

A. Landasan Hukum Kriteria Visibilitas Hilal.....	21
B. Perkembangan Kriteria Visibilitas Hilal.....	34
1. Kriteria Klasik.....	35
2. Kriteria Pada Masa Peradaban Islam.....	38
3. Kriteria Modern.....	42
4. Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia.....	49
C. Regresi dan Korelasi.....	51

BAB III : IMAGE PROCESSING HILAL BMKG

- A. Sekilas Tentang Badan Meteorologi
Klimatologi dan Geofisika..... 54
- B. Sejarah *Image Processing* Hilal BMKG..... 57
- C. *Image Processing* Secara Umum..... 62
- D. *Image Processing* Sebagai Pendukung
Rukyatul Hilal Dalam Posisinya Sebagai
Verifikasi Hasil Hisab..... 64
- E. Data Pengamatan Hilal BMKG..... 75

**BAB IV : PENERAPAN DATA IMAGE PROCESSING
BMKG UNTUK KRITERIA VISIBILITAS
HILAL**

- A. Prosedur Pengolahan Citra Hilal BMKG..... 83
- B. Pembentukan Kriteria Visibilitas Hilal..... 102

BAB V : PENUTUP

- A. Kesimpulan.....112
- B. Saran..... 113

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1. Kriteria Fotheringham- Maunder
- Tabel 2.2. Kriteria Visibilitas Bruin
- Tabel 2.3. Kriteria Visibilitas Hilal Yallop (q) dan Odeh (V)
Visibilitas
- Table 4.1. Ringkasan Pemodelan Regresi antara Tinggi Hilal
dengan Elongasi.
- Tabel 4.2. Ringkasan Pemodelan Regresi antara Elongasi dan
Tinggi Hilal
- Tabel 4.3. Ringkasan Pemodelan regresi antara umur hilal
dengan tinggi hilal
- Tabel 4.4. Ringkasan Pemodelan regresi antara Lebar Hilal (W)
dengan tinggi hilal
- Tabel 4.5. Ringkasan Pemodelan regresi antara tinggi hilal
dengan Beda Azimut (DAz)
- Tabel 4.6. Ringkasan Pemodelan regresi antara tinggi hilal
dengan *Lag Time*

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1. Grafik sebaran Tinggi Hilal terhadap Elongasi

Gambar 4.2. Grafik sebaran Elongasi terhadap Tinggi Hilal

Gambar 4.3 Grafik sebaran Umur Hilal (*Age*) terhadap Tinggi Hilal

Gambar 4.4. Grafik Sebaran Lebar Hilal (*W*) terhadap Tinggi Hilal

Gambar 4.5. Grafik Sebaran beda azimut (*DAz*) terhadap *Altitude*

Gambar 4.5. Grafik Sebaran *Lag Time* terhadap *Altitude*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) telah rutin melakukan rukyatul hilal. BMKG telah menerapkan *image processing* sebagai salah satu pengembangan tehnik dalam rukyatul hilal. Penggunaan *image processing* yang merupakan pengembangan dari tehnik astrofotografi ini dimaksudkan untuk dapat membantu kenampakan citra hilal. Citra hilal yang tidak atau belum dapat terinterpretasikan dengan baik hanya menggunakan astrofotografi, maka dapat dibantu kenampakannya menggunakan tehnik *image processing*. *Image processing* merupakan seni manipulasi gambar digital untuk menampilkan kontennya ke efek terbaik yang diinginkan.¹ Secara umum *image processing* berfungsi untuk memperbaiki dan memodifikasi citra² agar dapat menyajikan

¹ Grant privett, *Creating end Enhancing digitas Astri Images* (London: Spinger-Verlag, 2007), h.1

² Citra (image) merupakan istilah lain untuk gambar sebagai salah satu komponen multimedia memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi. Ada sebuah peribahasa yang berbunyi “sebuah gambar bermakna lebih dari seribu kata” (*a picture is more than a thousand words*). Maksudnya tentu sebuah gambar dapat memberikan informasi yang lebih banyak daripada informasi tersebut disajikan dalam bentuk kata-kata (tekstual). Lihat Priyanto Hidayatullah, *Pengolahan Citra Digital; Teori dan Aplikasi Nyata*, (Bandung: Informatika Bandung, 2005), h.1

beberapa informasi yang terkandung di dalamnya. *Image processing* memiliki kaitan dengan rukyatul hilal yaitu untuk memeperjelas kenampakan citra hilal yang telah diambil.

Penggunaan *image processing* pada rukyatul hilal menjadi sangat penting, karena citra hilal yang diamati sering mengalami penurunan mutu (*degradasi*), seperti mengandung cacat atau derau (*noes*), warnanya terlalu kontras, kabur (*bluring*) dan sebagainya.³ Operasi pengolahan citra digital umumnya dilakukan dengan tujuan memperbaiki kualitas suatu gambar sehingga dapat dengan mudah diinterpretasikan oleh mata manusia dan untuk mengolah informasi yang terdapat pada suatu gambar untuk keperluan pengenalan objek secara otomatis. Sehingga agar citra hilal yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi, maka citra hilal tersebut perlu untuk diproses melalui pengolahan citra agar dapat menghasilkan citra hilal yang lebih baik kualitasnya.

Menurut Farid Ruskanda *Image Processing* merupakan suatu teknologi yang digunakan untuk memproses citra yang terbentuk sehingga bertambah jelas, terang dan bersih, serta masih sesuai dengan bentuk aslinya. Teknik ini tidak bisa mengarang-ngarang benda atau citra (hilal) yang tidak ada menjadi ada. Bagaimana pun

³ Priyanto Hidayatullah, *Pengolahan*, h. 3

canggihnya teknologi pengolahan citra, jika citranya tidak hadir dan tidak wujud, maka sesuatu itu tidak akan ada. Jika citranya hadir, walaupun tipis dan suram, selalu bisa disempurnakan.

Farid Ruskanda menegaskan, apa pun upaya yang dilakukan, jika bendanya tidak ada, tidak akan terlihat apa-apa. Jadi teknologi pengolahan citra tidak bisa mengadakan benda yang tidak ada, bagaimana pun suasana kejiwaan orang yang menggunakannya. Teknologi pengolahan citra tidak bisa menghadirkan benda yang gaib⁴.

Dalam penentuan kriteria visibilitas hilal ada beberapa variabel yang biasanya dijadikan parameter untuk menentukan kriteria tersebut, sehingga dapat diperkirakan terlihat atau tidaknya hilal pada awal bulan kamariah.

- a. Umur Bulan (*Age*) adalah Interval Waktu antara konjungsi/ijtimak dan Waktu observasi.
- b. Waktu Lag Bulan (*Lag*) adalah Interval Waktu antara Matahari terbit dan Bulan terbit atau Matahari terbenam dan Bulan terbenam.

⁴ S. Farid Ruskanda, *100 Masalah Hisab & Rukyat; Telaah Syaria, Sains dan Teknologi*, (Jakarta: Gema Insani Press, 1996), h. 79-80

- c. Ketinggian Hilal (*Altitude*) adalah Jarak yang dihitung dari Bulan yang tegak lurus dengan horizon.
- d. Elongasi (*ARCL*) adalah Jarak antara Matahari dan Bulan.
- e. Beda Tinggi (*ARCV*) adalah Jarak antara Matahari dan Bulan dalam ketinggian / beda tinggi Bulan dan Matahari.
- f. Beda Azimut (*DAZ*) adalah Jarak antara Matahari dan Bulan dalam azimut/ beda azimut antara Matahari dan Bulan.
- g. Lebar Hilal (*W*) adalah Lebar dari cahaya hilal yang diukur dari diameter Bulan.⁵

Odeh merumuskan kriteria Visibilitas hilal dengan dua faktor, yakni tinggi hilal (*ARCV*) dan lebar hilal (*W*)⁶, tinggi hilal

⁵ Mohammad SH. Odeh, "New Criterion for Lunar Crescent Visibility", *Experimental Astronomy* 18:39-64, h. 41

⁶ Tinggi hilal adalah busur yang diukur dari ufuk secara vertikal sampai kepada posisi hilal (piringan hilal paling luar). Lebar hilal adalah lebar cahaya hilal yang dapat teramati oleh mata, diukur dari piringan paling luar sampai pada piringan paling dalam bentuk hilal. Lihat Mohamad SH. Odeh, "New Criterion", h. 43

digunakan untuk acuan ambang kontras hilal dengan Matahari⁷, dan lebar hilal digunakan untuk acuan persentase iluminasi hilal.⁸

Selain menerapkan kondisi topocentric⁹ pada variabelnya, Odeh juga membuat kriteria yang dikelompokkan berdasarkan pada kondisi pengamat. Dalam kriteria yang ditawarkannya, Odeh membagi visibilitas hilal dalam beberapa zona, yaitu :

- a. Zona A: Hilal mudah dilihat dengan mata telanjang,
- b. Zona B: Hilal terlihat dengan alat optik (mungkin terlihat dengan mata telanjang),
- c. Zona C: Hilal hanya terlihat dengan alat optik
- d. Zona D: Hilal tidak mungkin terlihat walaupun dengan alat optik¹⁰.

Dengan kondisi seperti itu kajian dalam penelitian ini dapat menjadi pengembangan kriteria yaitu Zona E: Membutuhkan metode *Image processing* (need *Image Processing* metod).

Sejauh pengamatan BMKG terhadap hasil pengamatan yang melalui *image processing*, tinggi hilal terendah yang berhasil

⁷ Ambang kontras yang dimaksud adalah tingkat perbedaan minimum cahaya hilal dan cahaya latar belakang senja yang menyebabkan cahaya hilal dapat dilihat.

⁸ Mohammad SH. Odeh, "New Criterion", h. 41

⁹ Toposentrik = kondisi pengamat diatas permukaan Bumi. Lihat Mohammad SH. Odeh, "New Criterion", h.43

¹⁰ Mohammad SH. Odeh, "New Criterion", h. 43

diamati yaitu $6^{\circ} 28, 48''$ pada hilal Awal Safar di Perokonda pada tanggal 31 Oktober 2016. Pengamatan yang dilakukan di Pero Konda tersebut juga memecahkan Rekor Dunia Elongasi Terkecil pada Ordinary Imaging, yaitu $7^{\circ} 53,83''$. *Image Processing* pada saat itu hanya dengan peningkatan kontras dan penurunan kecerlangan.¹¹

Hilal pada ketinggian 6-8 derajat masih membutuhkan pengolahan gambar atau *image processing* agar hilal dapat terlihat citranya. Untuk citra pada ketinggian 9 derajat adalah optional, kadang membutuhkan *image processing* kadang tidak. Sedangkan ketinggian 10 derajat lebih *image processing* tidak diperlukan, karena pada ketinggian tersebut hilal sudah terlihat hanya dengan pengambilan citra hilal tanpa harus melakukan pengolahan citra.¹²

BMKG bukan merupakan lembaga khusus penentu hilal, akan tetapi BMKG hanyalah sebagai lembaga yang memebantu proses tanda waktu dan hasil pengamatan hilal pada setiap awal bulan kamariah. BMKG telah menggunakan tehnik *image processing* pada rukyatul hilal sejak tahun 2008, dan telah rutin melakukan

¹¹ Lihat <http://www.icoproject.org/record.html> di akses pada tanggal 11 Desember 2018, pukul 15:55 WIB.

¹² Riza Afrian Mustaqim, "Image Processing Pada Astrofotografi di BMKG Pada Rukyatul Hilal", (Tesis Pascasarjana Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang 2018). h. 3

pengamatan hilal pada awal bulan kamariah sejak tahun 2013, dengan memiliki titik pengamatan sebanyak 21 titik yang tersebar di seluruh Indonesia.¹³ Dari beberapa paparan di atas, penulis tertarik untuk mengkaji proses pengolahan citra hilal dengan menggunakan teknik *image processing* sebagai sarana untuk dapat merumuskan kriteria visibilitas hilal dari data-data hasil pengolahan citra yang dilakukan oleh BMKG.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana prosedur pengolahan citra hilal BMKG ?
2. Berapakah kriteria visibilitas hilal yang diperoleh dari data *image processing* BMKG ?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Mengacu kepada rumusan masalah yang telah di tentukan, maka dirumuskan tujuan spesifik dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui prosedur pengolahan citra hilal BMKG
2. Untuk mengetahui kriteria visibilitas hilal yang diperoleh dari data *image processing* BMKG

Dari penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat yang besar dalam berbagai aspek, diantaranya:

1. Secara teoritis, penelitian ini dapat memperkaya khazanah pemikiran rukyatul hilal di Indonesia khususnya dalam

¹³ Interview dengan Suaidi Ahadi, pada hari Sabtu 8 Desember 2018, pukul 15:17 WIB.

pengembangan-pengembangan tehnik ataupun alat bantu dalam rukyatul hilal. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan, informasi dan kontribusi ilmiah dibidang akademik. Hasil penelitian ini dapat menginspirasi peneliti lain khususnya di kalangan akademisi untuk mengembangkan penelitian lanjutan tentang masalah yang serupa. Dari hasil penelitian ini dapat dilakukan generalisasi yang lebih komprehensif, yang akan memberikan pencapaian cukup berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang Ilmu Falak.

2. Secara praktis, penelitian ini dapat memberikan pemahaman secara komprehensif bagi akademisi maupun masyarakat umum terkait pengembangan tehnik rukyatul hilal yaitu *image processing*. Mengingat masih banyaknya permasalahan yang sering muncul dalam penetapan awal bulan kamariah kaitannya dengan pengamatan hilal.

D. Kajian Pustaka

Pada tahap ini penulis melakukan penelusuran terhadap beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (*previous study*) yang memiliki hubungan pembahasan dengan penelitian ini. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan pembahasan dalam penelitian ini dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, sehingga tidak terjadi pengulangan pembahasan atau ada kesamaan

penelitian. Dalam hal ini, penulis telah melakukan penelusuran terhadap beberapa sumber kepustakaan, diantaranya sebagai berikut:

“Pandangan Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi di BMKG Untuk Rukyatul Hilal” oleh Riza Afrian Mustaqim. Dalam penelitian ini para ulama cenderung memiliki perbedaan pendapat terhadap penggunaan *Image Processing* pada *Astrofotografi* untuk Rukyatul Hilal. Perbedaan dikalangan ulama terjadi karena historis keberadaan ulama tersebut dengan teknologi yang berkembang dan kepakaran ilmu yang dimiliki oleh Ulama tersebut. Terdiri dari tiga pandangan, yaitu: Pertama, ulama yang sama sekali tidak memperbolehkan penggunaan *Image Processing* karena penggunaan alat terbatas sebagai pembantu penglihatan dan mata tetap menjadi penilai. Kedua, Ulama yang memperbolehkan penggunaan *Image Processing* namun hanya sebatas untuk memperjelas citra hilal. Ketiga, Ulama yang memperbolehkan penggunaan *Image Processing* secara keseluruhan.¹⁴

“Kriteria Visibilitas Hilal Menurut Pemerintah dalam Penetapan Awal Bulan Kamariah” oleh Suhardiman. Penelitian ini membahas tentang kritik penerapan kriteria visibilitas hilal di Indonesia. Suhardiman berpendapat bahwa keberhasilan pengamatan hilal di Indonesia yang bisa dikatakan di luar nalar

¹⁴ Riza Afrian Mustaqim, “Pandangan Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi di BMKG Untuk Rukyatul Hilal”, *Jurnal Al-Marshad* Vol. 4, No. 1, 2018, h. 35.

astronomi harus tetap dijadikan bahan rujukan juga oleh para peneliti, karena sifat kriteria visibilitas hilal itu relatif tentatif.¹⁵

Melalui penelitian ini, Suhardiman mencoba menyampaikan bahwa kriteria astronomi yang ada bukanlah satu-satunya syarat mutlak dan final dalam penentuan awal bulan kamariah.

“Implementasi Circular Hough Transform untuk Deteksi Kemunculan Bulan Sabit” oleh Ike Mardiya Sari, dkk. Dalam penelitian ini diperoleh hasil bahwa metode *Circular hough transform* mampu mendeteksi kemunculan bulan sabit dengan menunjukkan adanya sebuah lingkaran yang meng cover obyek bulan sabit tersebut, sehingga mempermudah dalam pengamatan sabit muda. Metode ini terdiri dari empat tahapan yaitu *preprocessing*, segmentasi, pencarian kandidat obyek, dan deteksi obyek dengan *Circular hough transform*.¹⁶

“Prosedur Sederhana Pengolahan Citra untuk Pengamatan Hilal” oleh Dhani Herdiwijaya. Dalam penelitian ini dinyatakan bahwa prosedur pengolahan citra secara sederhana dari bukti

¹⁵ Suhardiman, “Kriteria Visibilitas Hilal dalam Penetapan Awal Bulan Kamariah di Indonesia”, *Jurnal Khatulistiwa*. Vol. 3. No.1, h.15.

¹⁶ Ike Mardiya Sari, dkk, “Implementasi Circular Hough Transform untuk Deteksi Kemunculan Bulan Sabit”, *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 1, no. 1, 2012, h. 1.

rekaman citra hilal dengan menggunakan perangkat lunak yang minim biaya perlu dilakukan, terutama untuk hilal umur sangat muda. Karena sering kali kondisi di lapangan menjadi pengahambat dalam pelaporan hasil observasi sebagai bahan sidang isbat, sehingga tidak sempat untuk melakukan pengolahan citra.¹⁷

Pengolahan citra diperlukan untuk hilal umur sangat muda dengan ketinggian rendah, karena hilal sangatlah sulit dideteksi secara visual dengan mata telanjang. Untuk itu diperlukan teleskop dan detektor dengan kualitas terbaik. Sedangkan citra yang diperoleh memerlukan seleksi dan pemrosesan yang lebih baik untuk selanjutnya dapat dijadikan sebagai data pengamatan yang faktual.

E. Kerangka Teori

Di Indonesia terdapat empat kelompok besar yang berbeda pendapat dalam penetapan awal bulan kamariah. *Pertama*, kelompok yang berpegang pada rukyat. Kelompok ini melakukan hisab hanya sebagai alat bantu untuk keberhasilan rukyat. *Kedua*, kelompok yang memegang ijtimak sebelum matahari tenggelam. *Ketiga*, kelompok yang memandang bahwa ufuk *haqiqi* merupakan kriteria untuk menentukan *wujudul hilal*. *Keempat*, kelompok yang

¹⁷ Dhani Herdiwijaya, “Prosedur Sederhana Pengolahan Citra untuk Pengamatan Hilal”, (Makalah Seminar Nasional Hilal 2009, Lembang: Observatorium Bosscha, 19 Desember 2009), h.109.

berpegang pada kedudukan hilal diatas ufuk *mar'i*, yaitu ufuk yang dapat dilihat langsung oleh mata kepala sebagai kriteria dalam menentukan masuknya awal bulan.¹⁸

Ada dua pendapat yang berbeda mengenai penggunaan alat dalam rukyatul hilal. *Pertama*, aliran yang berpendapat bahwa rukyatul hilal harus dilakukan dengan mata telanjang tanpa menggunakan alat bantu apapun. *Kedua*, aliran yang berpendapat diperbolehkannya penggunaan alat bantu dalam rukyatul hilal.¹⁹

Perbedaan pendapat dikalangan ulama juga turut mewarnai dalam penggunaan alat untuk rukyatul hilal. Ibnu Hajar tidak memperbolehkan penggunaan atau pemantulan melalui permukaan kaca atau air.²⁰

Menurut Yusuf al Qaradhawi, rukyat fisik dengan mata telanjang adalah cara yang mudah dan dapat dilakukan oleh

¹⁸ Rupi'i Amri, "Upaya Penyatuan Kalender Islam di Indonesia (Studi atas Pemikiran Thomas Djamaluddin)", *Jurnal Ishraqi*, vol. 10, no. 1, Juni 2012, 3. Lihat juga Ahmad Izzuddin, "Dinamika Hisab Rukyat di Indonesia" *Jurnal Istinbath*, vol. 12, no.2, November 2015, h. 15-16.

¹⁹ Ahmad Junaidi, *Astrofotografi dalam Ru'yatul Hilal*, (Ponorogo: STAIN po press, 2016), h. 34.

²⁰ Ma'aruf Amin, *Rukyat dengan Teknologi*, (Jakarta: Gema Insani Press, 1994), h. 73

kebanyakan orang pada zaman itu. Itulah sebabnya mengapa hadits menentukannya demikian.²¹

Menurut Al syarwani yang menjelaskan bahwa yang dimaksud dengan sebangsa kaca adalah air, *ballur* (benda yang berwarna putih seperti kaca), dan alat yang mendekatkan yang jauh atau memperbesar yang kecil. Namun kemudian Asyarwani mengemukakan pendapatnya sendiri bahwa walaupun menggunakan alat tetap masih bisa disebut sebagai rukyat,²² karena alat hanyalah sebagai pembantu penglihatan.

Menurut al Muthi'i, Rukyat dengan menggunakan alat tetap dapat diterima karena yang terlihat melalui alat tersebut adalah hilal itu sendiri bukan yang lain. Fungsi alat hanya untuk membantu penglihatan dalam melihat yang jauh atau sesuatu yang kecil, pada dasarnya mata pengamat sendirilah yang melihat hilal.²³

Dalam analisis data dari hasil pengolahan citra hilal maka diperlukan adanya teori statistika. Statistika adalah segala metode guna mengumpulkan, mengolah, menyajikan dan menganalisis data kemudian membuat kesimpulan dari hasil analisis data dan mengambil keputusan dari hasil kesimpulan.²⁴

²¹ Yusuf al Qaradhawi, *Hisab Bulan Kamariah, Tinjauan Sy ar'i Tentang Penetapan Awal Ramadhan, Syawal dan Dzulhijjah*, (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2009), h. 60

²² Ma'aruf Amin, *Rukyat...*, h. 74

²³ Ma'aruf Amin, *Rukyat...* h. 74

²⁴ Sugiono, *Statistika Untuk Penelitian*, (Jakarta: Alfabeta: 2010). h. 1

F. Metode Penelitian

1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini membahas tentang kriteria visibilitas hilal dari data pengamatan *image Processing* BMKG, pengkajian tersebut meliputi keseluruhan proses *image processing* dari awal citra hilal di dapat hingga proses pengolahan citranya menjadi sebuah sajian data ketampakan hilal. Kemudian hasil dari *image processing* tersebut dikaji menggunakan sebuah kurva untuk dapat mempermudah menganalisis untuk merumuskan kriteria visibilitas hilal, sehingga jenis penelitian ini merupakan penelitian kualitatif²⁵ yang menganalisis data-data hilal BMKG yang telah melalui proses pengolahan citra. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan saintifik²⁶ dan pendekatan statistika²⁷. Kedua

²⁵ Menurut Sugiyono penelitian kualitatif disebut sebagai metode penelitian naturalistik karena penelitiannya dilakukan pada kondisi yang alamiah, disebut juga sebagai metode etnografi. Metode penelitian kualitatif digunakan untuk mendapatkan data yang mendalam, yaitu suatu data yang mengandung kegunaan tinggi atau bermakna (data yang sesungguhnya yang pasti merupakan suatu nilai di balik data yang tampak). Lihat Amos Neolaka, *Metode Penelitian dan Statistika*, (Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2014), h. 181-182.

²⁶ Pendekatan saintifik merupakan proses pencarian pengetahuan, pemahaman, serta skill yang harus dilakukan secara sistematis sesuai kaidah dan langkah ilmiah. Hal ini didasarkan pada hakikat manusia yang selalu ingin tahu dengan cara melakukan pembuktian dari apa yang dilihat, didengar dan dirasakan. Lihat Musfiqon & Nurdyansyah, *Pendekatan Pembelajaran Sainifik*, (Sidoarjo: Nizamia Learning Center, 2015), h. 48.

²⁷ Statistika adalah ilmu yang mempelajari bagaimana merencanakan, mengumpulkan, menganalisis, menginterpretasi, dan mempresentasikan data.

pendekatan ini dibutuhkan untuk menganalisis data-data sebagai instrument utama dalam penelitian ini.

2. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pusat, suatu Lembaga Pemerintah Non Departemen (LPND) yang memiliki visi terwujudnya BMKG yang tanggap dan mampu memberikan pelayanan meteorologi, klimatologi, kualitas udara dan geofisika yang handal guna mendukung keselamatan dan keberhasilan pembangunan nasional serta berperan aktif di tingkat Internasional.

3. Sumber Data

Dalam penelitian kualitatif, data yang dikumpulkan berhubungan dengan fokus penelitian.²⁸ Dalam penelitian ini digunakan dua jenis sumber data, yaitu data primer dan data sekunder.

- a. Sumber data primer dalam penelitian ini adalah data-data kenampakan hilal yang berhasil teramati melalui *Image Processing* di BMKG sejak tahun 2008-2019.
- b. Sumber data sekunder merupakan sumber data yang tidak langsung diberikan kepada pengumpul data, melainkan

Singkatnya, statistika adalah ilmu yang berkenaan dengan data. Sugiono, *Statistika Untuk Penelitian*, (Jakarta: Alfabeta: 2010). h. 1

²⁸ Ahmad Tanzeh, *Metodologi Penelitian Praktis*, (Yogyakarta: teras, 2011), h. 58.

melalui orang lain maupun dokumen²⁹. Data sekunder dalam penelitian ini adalah tulisan-tulisan baik berupa buku, jurnal, esai dan tulisan ilmiah yang berkaitan dengan penelitian.

4. Pengumpulan Data

Jenis data diperoleh dalam penelitian ini adalah berupa data hilal hasil *image processing*, dengan tehnik pengumpulan data yang bersifat menggabungkan dari dua tehnik pengumpulan data dan sumber data³⁰, sebagai berikut:

a. Wawancara (*interview*)³¹

Untuk menghasilkan data yang akurat, penulis melakukan wawancara terhadap ahli yang bersinggungan langsung terhadap *image processing* di BMKG. Diantaranya adalah Dr. Suaidi Ahadi,ST,

²⁹ Sugiono, *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*, (Bandung: Alfabeta, 2010), h. 225

³⁰ Sugiyono, *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method)*, (Bandung: Alfabeta, 2012), h. 270

³¹ Wawancara adalah tehnik pengumpulan data dengan interview pada satu atau beberapa orang yang bersangkutan. Interview guide sudah harus disusun dan pewawancara harus mengerti akan isi serta makna dari Interview guide tersebut. Ahmad Tanzeh, *Metodologi ...*, h. 89.

MT³², Rukman Nugraha, S.Si., M.Si³³, Whytia Shabrina Fitmawyani, S.Si³⁴

b. Dokumentasi³⁵

Penulis melakukan dokumentasi dalam setiap proses penelitian ini. Mulai dari penyajian instrumen, data berupa catatan, foto, record dan video. Hal ini digunakan sebagai pendukung setiap langkah-langkah penelitian yang di tempuh serta untuk menguatkan hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini, agar dapat dipastikan bahwa penelitian ini dilakukan berdasarkan apa yang terjadi di lapangan.

5. Tehnik Analisis Data

Penelitian ini menganalisis hasil dari data hilal yang telah melalui proses *image processing* untuk dapat menetakan kriteria visibilitas hilal versi *image processing* BMKG. Untuk mencapai tujuan tersebut, peneliti terlebih dahulu menganalisis hasil citra

³² Kepala Sub Bidang Analisis Geofisika Potensial dan Tanda Waktu BMKG Pusat

³³ Selaku Peneliti Meteorologi dan Geofisika Muda BMKG Pusat

³⁴ Operator Pusat Seismologi Tehnik, Geofisika Potensial dan Tanda Waktu

³⁵ Dokumentasi yaitu mengumpulkan data dengan melihat atau mencatat suatu laporan yang sudah tersedia. Metode ini dilakukan dengan melihat dokumen-dokumen resmi seperti monografi, catatan-catatan serta buku-buku peraturan yang ada. Ahmad Tanzeh, *Metodologi ...*, h. 92.

hilal yang telah di *image processing*, kemudian mengolahnya menjadi data baku untuk menentukan kriteria visibilitas hilal.

Tehnik analisis data dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif.³⁶ Dengan melakukan analisis mendalam terhadap data-data yang penulis temukan serta mengungkapkan kejadian atau fakta, keadaan, fenomena, dan variabel dalam penggunaan *image processing* di BMKG. Analisis tersebut dilakukan sebelum di lapangan, selama di lapangan, dan setelah selesai di lapangan.³⁷

G. Sistematika Pembahasan

Secara garis besar, penulisan penelitian ini dibagi ke dalam 5 (lima) bab pembahasan, dan di setiap babnya terdiri dari beberapa sub bab yang menjadi bahasan penjelas, yaitu:

Bab I: Pada bab ini berisi pendahuluan yang meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, kajian pustaka, kerangka teori, metode penelitian dan sistematika pembahasan.

³⁶ Menurut Nawawi dan Martin metode deskriptif merupakan suatu metode yang melukiskan suatu keadaan objektif atau peristiwa tertentu berdasarkan fakta-fakta yang tampak atau sebagaimana mestinya yang kemudian diiringi dengan upaya pengambilan kesimpulan umum berdasarkan fakta-fakta historis tersebut. Lihat Hadari Nawawi & Mimi Martini, *Penelitian Terapan*, (Yogyakarta: Gajahmada University, 1994), h. 73.

³⁷ Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, (Bandung: Alfabeta, 2006), h. 275.

Bab II: Pada bab ini berisi Kriteria Visibilitas Hilal. Pada bagian ini, fokus pembahasannya dibagi menjadi dua bagian yang meliputi: (a) Landasan Hukum Kriteria Visibilitas Hilal, (b) Perkembangan Kriteria Visibilitas Hilal, yang terbagi ke dalam empat pembahasan yaitu, (1) Kriteria Klasik (2) Kriteria Pada Masa Peradaban Islam (3) Kriteria Modern (4) Kriteria Visibilitas di Indonesai, (c) Regresi dan Korelasi

Bab III: Pada bab ini berisi *Image Processing*. Pada bagian ini fokus pembahasannya berisi tentang (a) Sekilas Tentang Badan Mereorologi Klimatologi dan Geofisika (b) Sejarah *Image Processing* Hilal BMKG (c) *Image Processing* Secara Umum (d) *Image Processing* Sebagai Pendukung Rukyatul Hilal Dalam Posisinya Sebagai Verifikasi Hasil Hisab (e) Data Pengamatan Hilal BMKG Pusat.

Bab IV: pada bab ini berisi pembahasan yakni jawaban atas rumusan masalah kedua. Dengan judul besarnya dalah Penerapan Data *Image Processing* BMKG Untuk Kriteria Visibilitas Hilal. Pada bagian ini, fokus pembahasannya dibagi menjadi dua bagian yang meliputi: (a) Prosedur Pengolahan Citra Hilal BMKG (b) Pembentukan Kriteria Visibilitas Hilal BMKG

Bab V: pada bab ini merupakan **penutup** dari tesis yang terdiri atas kesimpulan serta saran-saran. Kesimpulan yang di tawarkan pada bab ini sebagai jawaban dari rumusan masalah yang terdapat dalam bab pertama yang merupakan hasil maksimal dari

pembahasan tesis oleh penulis. Adapun saran-saran yang ada kaitannya dengan pembahasan ini.

BAB II

KRITERIA VISIBILITAS HILAL

A. Landasan Hukum Kriteria Visibilitas Hilal

Sistem kalender Islam dikenal juga sebagai kalender Hijriah dan merupakan kalender Bulan murni yang berdasarkan pada eksistensi hilal. Dalam sejarah, hilal telah menjadi obyek pengamatan sejak zaman Babilonia Baru antara tahun 626 SM hingga 75 M untuk keperluan penanggalan mereka. Pada era inilah visibilitas, yaitu persamaan matematika yang menjadi batas terendah hilal bisa terlihat berdasarkan tabulasi data-data visibilitas (keterlihatan) hilal mulai muncul yang saat ini lebih dikenal sebagai kriteria visibilitas Babilonia.

Pembahasan mengenai Kriteria Visibilitas Hilal ini berawal dari permasalahan penentuan awal bulan kamariah. Kriteria visibilitas ini sudah menjadi bagian dari permasalahan penentuan awal bulan.

Banyaknya jenis dan macam penafsiran terhadap hadis-hadis penentuan awal bulan, menyebabkan lahirnya berbagai metode tentang bagaimana penentuan awal bulan yang seharusnya. Diantara hadis-hadis tersebut adalah hadis riwayat Ibnu Umar :

إذا رأيتموه فصوموا وإذا رأيتموه فأفطروا فإن غم عليكم فاقدروا له

“Apabila kamu melihat hilal berpuasalah, dan apabila kamu melihatnya maka berbukalah (ber-idul fitri-lah) jika hilal terhalang oleh awan terhadapmu, maka kadarkanlah.” (HR. Muslim).¹

Dalam penerapannya, terdapat dua metode yang digunakan dalam pengkadarannya. Metode tersebut adalah metode hisab, yaitu lebih memahami hadis secara kontekstual sehingga melahirkan metode yang memanfaatkan perkembangan ilmu dan teknologi, yaitu ilmu perhitungan benda-benda langit (Astronomi), dan metode rukyat yang mempraktekkan hadis secara zahir sesuai praktek pada masa Nabi Muhammad SAW.

Ketidakpastian dalam mengawali awal bulan kamariah dan Perbedaan metode rukyat dan hisab menyebabkan keresahan yang timbul ditengah masyarakat. Sehingga muncullah pemikiran untuk menyatukan dua metode (hisab dan rukyat) tersebut, yang diharapkan dapat menyatukan perbedaan yang terus terjadi.

Salah satu tawaran dalam penyatuan dua metode tersebut adalah dengan ditetapkannya kriteria visibilitas hilal. Dengan adanya kriteria visibilitas hilal ini maka dua metode tersebut dapat diakomodir. Hisab digunakan sebagai konsep utama dalam penentuan awal bulan, namun hisab tersebut harus tetap mengacu

¹ Muslim bin al-Hajjaj Abu al-Hasan al-Qusyairy al-Naisaburi, *al-Jami' al-Shahih al-Musamma Shahih Muslim*. (Bairut: Darul Kutub, 1992). h. 481-483.

pada kriteria rukyat. Dengan adanya kriteria ini juga, penentuan awal bulan kamariah dapat dilakukan dengan pasti.²

Dalam penetapan awal bulan kamariah, terdapat beberapa dalil yang mendasarinya, baik itu dalil al-Qur'an maupun al-Hadis. Allah berfirman dalam surat Yunus ayat 5 dan surat Yasin ayat 39:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسُ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ
وَالْحِسَابَ.....(o)

“Dia-lah 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)” (Q.S. Yunus/10:5)³.

وَالْقَمَرَ قَدَرْنَاهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ (39)

“Dan telah Kami tetapkan bagi Bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah dia sampai kepada manzilah yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk pelepah yang tua.” (Q.S. Yasin/36:39)⁴.

Dalam ayat-ayat ini dapat diketahui bahwa Allah telah menciptakan Bulan sebagai penanda waktu bagi manusia, dalam

² Muhammad Faishol Amin, “Akuitas Mata Dalam Kriteria Visibilitas Hilal”, (Tesis, Universitas Islam Negri Walisongo Semarang, 2018), h. 30

³ Depag RI, *Al-Quran dan Terjemahnya*, (Semarang : CV. Toha Putra, 1989). h. 297.

⁴ Depag RI, *Al-Quran*, h. 700.

kitab Tafsir Fathu al-Qadir dijelaskan bahwa zamir pada kalima وَقَدَّرَهُ مَنَازِلَ (Yunus : 5) kembali kepada Bulan, bahwasanya Allah telah menetapkan manzilah-manzilah bagi perjalanan Bulan saat 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 melebihinya. Maka, pada permulaannya Bulan tampak kecil (hilal), kemudian tampak membesar sedikit demi sedikit hingga akhirnya tampak sempurna (*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 menguning dan tua). 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 rukyat).⁵

Dalam surat al-Baqarah ayat 189, Allah pun mempertegas firmanNya :

﴿يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْأَهِلَّةِ قُلْ هِيَ مَوَاقِيتُ لِلنَّاسِ وَالْحُجَّجِ﴾ (189).....

“Mereka bertanya kepadamu tentang bulan sabit. Katakanlah: Bulan sabit itu adalah tanda-tanda waktu bagi manusia dan (bagi ibadah) haji.” (Q.S al-Baqarah/2:189).⁶

⁵ Muhammad Ibn ‘Ali Ibn Muhammad al-Syaukani, *Fathu al-Qadir al-Jami’ baina Fanni al-Riwayat wa al-Dirayat min ‘Ilm al-Tafsir*. Mauqi’ alTafsir. tt. h. 611-612.

⁶ Depag RI, *Al-Quran*, h. 42.

Diriwayatkan bahwa sebagian sahabat bertanya kepada Nabi Muhammad 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 ayat 189). Rasul pun menjawab “Bulan sabit itu adalah tanda-tanda waktu bagi manusia, dan sebab kemunculannya mulai dari kecil kemudian menjadi sempurna, kemudian berkurang, lalu menyusut, adalah agar orang-orang mengetahui tanda-tanda waktu bagi aktivitas mereka.”. Dalam Tafsir Aisar al-Tafsir juga disebutkan bahwasanya dengan adanya peredaran bulan ini pula kita dapat mengetahui kapan dimulainya bulan Ramadan dan bulan Haji.⁷

Sementara itu lebih rinci lagi Allah berfirman dalam al-Quran surat al-Baqarah ayat 185:

(185)..... فَمَنْ شَهِدَ مِنْكُمُ الشَّهْرَ فَلْيَصُمْهُ^ط.....

“Barang siapa di antara kamu ada di bulan itu, maka berpuasalah. (QS.al-Baqarah/02:185).⁸

Surat al-Baqarah ayat 185 di atas menjelaskan mengenai kewajiban berpuasa ketika masuk bulan Ramadan, teks ayat tersebut menggunakan kata شهد , dalam tafsir Jalalain شهد bermakna حضر

⁷ Abu Bakr al-Jazair, *Aisar al-Tafasir*, juz 1.h.170-171.

⁸ Kemenag RI, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, jil 1. (Jakarta : PT.Sinergi Pustaka Indonesia. 2012). h. 269.

yang berarti “hadir/berada”, dan شهر رمضان bermakna 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.⁹ Sementara itu dalam tafsir Baidawi menyebutkan bahwa ada perbedaan dalam pemaknaan ayat tersebut, salah satunya seperti yang dijelaskan dalam tafsir Jalalain di atas, dan pendapat lainnya mengatakan bahwa الشهر dimaknai sebagai “hilal bulan Ramadan”, dan kata شهد dimaknai “melihat”. Jadi menurut pendapat ini ayat tersebut berbicara mengenai tata cara penentuan awal bulan Ramadan dengan rukyatul hilal.¹⁰

Dalam ayat lain Allah pun berfirman :

يَمْعَشَرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسِ إِنْ أَسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ
فَأَنْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَنِ (33)

“Hai jama’ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan Bumi, maka lintasilah, kamu tidak

⁹ Jalaluddin Muhammad Ibn Ahmad al-Mahally dan Jalaluddin Abdurrahman Ibn Abi Bakr al-Suyuthy. *Tafsir al-Jalalain*. Mauqi’ al-Islam. tt. h.28.

¹⁰ Nasiruddin Abu Sa’id Abdillah Ibn Umar Ibn Muhammad al-Syairazi al-Baidhawi. *Anwar al-Tanzil wa Asraru al-Takwil al-Ma’ruf bi Tafsir al-Baidhawi*. Mauqi’ al-Tafasir. tt. h 124.

dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan.” (Q.S. al-Rahman/55:33).¹¹

Secara umum ayat tersebut menjelaskan mengenai kekuasaan Allah yang meliputi langit, Bumi, kehidupan di dunia dan di akhirat, namun secara khusus adapula yang mengkaitkan ayat ini dengan metode hisab, bahwa sebenarnya kata سلطان bermakna “ilmu pengetahuan yang diberikan atas kekuasaan Allah”.¹²

Sementara itu dalam hadis, penentuan awal bulan kamariah ini disebutkan:¹³

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

عبدالله ان عبدالله بن عمر رضي الله عنهما قال سمعت رسول الله صلى الله عليه و سلم يقول

إذا رأيتموه فصوموا وإذا رأيتموه فأفطروا فإن غم عليكم فاقدروا له (رواه مسلم)

“Harmalah ibnu Yahya telah menceritakan pada saya, Ibnu Wahbi telah memberi kabar kepada kami, Yunus dari Ibnu Syihab telah memberi kabar kepada saya berkata: “Salim Ibnu Abdillah telah menceritakan kepada saya bahwa Abdullah Ibnu Umar r.a berkata: Saya mendengar Rasullullah saw bersabda: “Apabila kamu melihat hilal berpuasalah, dan apabila kamu melihatnya maka berbukalah (ber-idul fitri-lah) jika hilal terhalang oleh awan terhadapmu, maka kadarkanlah.” (HR. Muslim).

¹¹ Kemenag RI, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, h. 877.

¹² Muhammad Hadi Bashori, *Penanggalan Islam*. (Jakarta : Penerbit PT Elex Media Komputindo, 2013). h. 134-135

¹³ Muslim bin al-Hajjaj Abu al-Hasan al-Qusyairy al-Naisaburi, *al-Jami' al-Shahih al-Musamma Shahih Muslim*. tp. 1992. h. 481-483.

Dalam Syarah al-Minhaj, Imam Nawawi memberikan keterangan bahwa hadis ini mempunyai beberapa 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 perkiraan perhitungan/hisab posisi hilal, di antara ulama yang berpendapat demikian adalah Ibnu Qutaibah, Ibnu Suraij dan ulama Muta'akhirin. Pendapat yang lain mengatakan bahwa فاقدروا bermakna تمام العدد ثلاثين يوما yang berarti bahwa penentuan awal bulan harus melalui rukyatul hilal dan jika tertutup mendung maka bulan harus digenapkan menjadi 30 hari. Pendapat ini mempertimbangkan redaksi hadis yang lain, yang berbunyi فاءن غبي عليكم فاكملوا عدة شعبان ثلاثين. Ini adalah pendapat jumbuh ulama, di antaranya yaitu Imam Malik, Imam Syafi'i, dan Abu Hanifah.¹⁴

Sementara itu menurut Syihabuddin al-Qalyubi hadis diatas memiliki 10 interpretasi yang beragam, yaitu:¹⁵

¹⁴ Al-Imam al-Hafidz Muhyi al-Din Abu Zakariya Ibn Yahya Ibn Syarif Ibn Hurry al-Nawawi. *al-Minhaj fi Syarh Shahih Muslim Ibn al-Hajjaj*. (Riyadh : Baitul Afkar al-Dauliyah. Tt). h. 680.

¹⁵ Ahmad Izzuddin, *Fiqih Hisab Rukyah*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2007). h. 3

1. Perintah berpuasa berlaku untuk semua orang yang melihat hilal dan tidak berlaku untuk orang yang tidak melihat.
2. Melihat disini melalui mata, karenanya ia tidak berlaku atas orang buta (mata tidak berfungsi).
3. Melihat (rukyah) secara ilmu bernilai mutawatir dan merupakan berita dari orang adil.
4. Nash tersebut juga memiliki makna zhan sehingga mencakup ramalan dan nujum.
5. Ada tuntutan puasa secara kontinyu jika terhalang pandangan atas hilal manakala sudah ada kepastian hilal sudah dapat dilihat.
6. Ada kemungkinan hilal sudah wujud, sehingga wajib puasa, meskipun menurut ahli astronomi belum ada kemungkinan hilal terlihat.
7. Perintah hadis ditujukan untuk kaum muslim secara menyeluruh, namun pelaksanaan rukyah tidak diwajibkan kepada seluruh orang, atau bahkan hanya perseorangan.
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 Bukhari disebutkan :

حدثنا ادم حدثنا شعبة حدثنا الأسود بن قيس حدثنا سعيد بن عمرو انه سمع ابن عمر رضي الله
عنهما عن النبي صلي الله عليه وسلم انه قال إنا أمة أمية لانكتب ولا نحسب الشهر هكذا
وهكذا يعني مرة تسعة وعشرين ومرة ثلاثين.

“Adam telah menceritakan kepada kami, Syu’bah telah menceritakan kepada kami, al-Aswad Ibnu Qais telah menceritakan kepada kami, Said Ibnu ‘Amr telah menceritakan kepada kami, sesungguhnya ia telah mendengar dari Ibnu Umar r.a: Nabi saw bersabda: “Sesungguhnya kami umat yang ummi; kami tidak bisa menulis dan menghitung. Bulan itu demikian-demikian, maksudnya adalah kadang-kadang dua puluh sembilan, dan kadang-kadang tiga puluh hari.” (HR. Bukhari).¹⁶

Dalam 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.¹⁷ Pendapat ini nampaknya sedikit berseberangan dengan pendapat Yusuf Qardhawi, ia berargumen, bahwa hadis tersebut tidak bisa diambil hujjah secara langsung, karena hadis tersebut berbicara tentang kondisi umat. Memang pendapat Imam Nawawi tidak salah jika ahli

¹⁶ Muhammad bin Ismail bin Ibrahim bin al-Mughiroh, *al-Jami’ al-Shahih al-Musnad min Hadits Rasulillah SAW al-Syahir Shahih Bukhari*, tp. tt. h. 948.

¹⁷ Abu Zakariya Muhyi al-Din Yahya Ibn Syarif al-Nawawi. *Al-Majmu’ Syarh al-Muhadzdzab*. (Mauqi’ Ya’sub, tt). juz 6. h. 274-276.

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 juga sudah sangat mendekati kebenaran ilmiah karena tingkat kesalahannya hanya 1 :100.000.¹⁸ Yusuf Qardhawi juga menambahkan bahwa yang dimaksud dengan ilmu hisab masa sekarang bukanlah ilmu astrologi atau ilmu nujum yang dilarang oleh syara'.¹⁹

Perbedaan pendapat mengenai dalil-dalil penetapan awal bulan kamariah memang sudah ada sejak dulu, dan hal ini selalu menjadi masalah klasik dan aktual hingga saat ini, 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 Imkan al-Ru'yah (posisi hilal mungkin dapat dilihat).²⁰

Karena itu menurut al-Qalyubi, awal bulan dapat ditetapkan pada hisab qat'i. sehingga kaitannya dengan rukyat, hisab harus berdasar pada tiga keadaan : a) pasti tidak mungkin dilihat (*Istilahah*

¹⁸ Yusuf Qardhawi, *Tafsir al-Fiqh fi Dhau' al-Qur'an wa al-Sunnah (Fiqh al-Shiyam)*. (Beirut : Muassisah al-Risalah, 1993). h. 30-31.

¹⁹ Yusuf Qardhawi, *Tafsir al-Fiqh*, h. 30-31.

²⁰ Syihabuddin al-Qalyubi. *Hasyiah al-Minhaj al-Thalibin*, (Kairo: Mustafa al-Bab al-Halabi, 1956). Juz 3. h.49.

al-Ru'yah) b) mungkin dapat dilihat (*Imkan al-Ru'yah*) c) pasti dapat dilihat (*al-Qat'u bi al-Ru'yah*).²¹

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 USSU Cisarua tahun 1998 dan 2011. Pemerintah memakai kriteria MABIMS yang diadopsi dari pengamatan hilal awal bulan Ramadan 1394/16 September 1974, dimana pada pengamatan tersebut ada 10 saksi di tiga tempat yang berbeda yang berhasil melihat hilal. Pada Lokakarya tersebut menghasilkan kriteria *Imkan al-Ru'yah* dengan ketinggian hilal 2 derajat dan elongasi 3 derajat atau umur Bulan 8 jam.²²

Pada penerapannya, ternyata kriteria tersebut belum disepakati secara penuh oleh ormas Islam di Indonesia. Ketidakberhasilan pemerintah dalam menyatukan penetapan awal bulan kamariah bisa dilihat dari perbedaan penetapan awal bulan kamariah antara pemerintah dan dua ormas besar di Indonesia (Muhammadiyah dan Nahdhatul Ulama), bahkan perbedaan tersebut

²¹ Syarwani, *Hasyiah Syarwani*. (Kairo:Beirut, tt). juz 3. h.373.

²² Thomas Djamauddin, *Menggagas Fiqih Astronomi: Telaah Hisab Rukyah dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, (Bandung: Penerbit Kaki Langit, 2005), h. 61.

dimulai pada tahun 1998²³, dimana kriteria visibilitas hilal untuk pertama kalinya resmi dipakai oleh pemerintah.

Alasan mengapa kriteria tersebut tidak diterima oleh ormas Islam di Indonesia, khususnya Muhammadiyah adalah karena kriteria tersebut dinilai terlalu rendah dari pada kriteria yang diakui secara ilmiah oleh para astronom.²⁴

Melihat kondisi yang ada, betapa sulitnya untuk memadukan dua metode yang berbeda tersebut, dan potensi perbedaan dalam memulai awal bulan kamariah cukup besar, maka dari itu pada tahun 2004 Majelis Ulama Indonesia mengeluarkan fatwa bagi umat Islam di Indonesia untuk mengikuti keputusan pemerintah (*Uly al-Amri*) dalam mengawali penetapan awal bulan kamariah (Ramadan, Syawal, Zulhijah) yang tercakup dalam diktum Fatwa MUI No.2 Tahun 2004.²⁵

Usaha dari MUI tersebut pun belum membawakan hasil yang memuaskan, karena sifat fatwa MUI yang tidak mengikat pada umat

²³ Slamet Hambali, “Fatwa, Sidang Isbat dan Penyatuan kalender Hijriyah”, makalah disampaikan pada *Lokakarya Internasional Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang*, Hotel Siliwangi, 12-13 Desember 2012. h.3.

²⁴ Ahmad Izzuddin, *Fiqih Hisab Rukyah : Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri dan Idul Adha*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2007). h.160.

²⁵ Keputusan Fatwa Majelis Ulama Indonesia (MUI) Nomor 2 Tahun 2004 tentang Penetapan Awal Ramadhan, Syawal dan Dzulhijjah. Lihat pula A. Kadir, *Cara Mutakhir menentukan Awal Ramadhan, Syawal dan Zulhijah Perspektif Al-Qur'an, Sunnah, dan Sains*, (Semarang : Fatwa Publishing, 2004), h. 115.

Islam di Indonesia dan perbedaan konsep mengenai *Uly al-Amri* 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 hingga saat ini, seperti LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional)²⁶, RHI (Rukyatul Hilal Indonesia)²⁷ dan juga para pakar ahli falak dan astronomi, kajian tersebut dilakukan untuk menemukan solusi dan kriteria yang cocok dan tepat untuk diterapkan di wilayah Indonesia.

B. Perkembangan Kriteria Visibilitas Hilal

Pengamatan terhadap benda-benda langit khususnya Bulan sabit telah dilakukan oleh para astronom terdahulu, sebagai kajian terhadap kriteria visibilitas hilal. Sejarah mencatat bahwa penanggalan Bulan sudah dimulai sejak dulu, yaitu pada masa Babilonia.²⁸ Pada masa itu (568-74 SM)²⁹, pengamatan Bulan

²⁶ Thomas Djamaluddin, *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Ummat*. (Bandung : Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), 2011). h.18.

²⁷ Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Kriteria Visibilitas Hilal Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) (Konsep, Kriteria, dan Implementasi)", *Jurnal LP2IH-RHI*, h. 40.

²⁸ Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria*, h. 34.

²⁹ Louay J. Fatoohi, *The Babylonian First Visibility of The Lunar Crescent: Data and Criterion*, NASA Astrophysics Data System. 1999. h. 52. Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Kriteria Visibilitas Hilal", h. 34.

dilakukan untuk kepentingan penentuan sistem kalender mereka yang berbasis Bulan (*lunar-calendar*). Setelah masa Babilonia kemudian disusul oleh peradaban-peradaban yang lain, seperti Cina, India (Hindu), Yahudi, dan Islam serta beberapa sekte Kristen.³⁰

1. Kriteria Klasik

Pengamatan Hilal tercatat telah dilakukan sejak peradaban Babilonia. Pengamatan Bulan oleh Astronom Babilonia dilakukan saat Matahari terbenam dalam waktu-waktu tertentu tanpa menggunakan bantuan alat optik. Tabel-tabel tanah liat (*cuneiform*) yang telah diekskavasi memperlihatkan observasi yang dilakukan secara terus menerus selama lima abad (568-74 SM) yang disebut dengan kriteria Babilon.³¹ Selain untuk kepentingan penentuan sistem kalender, pengamatan yang dilakukan oleh bangsa Babilonia adalah untuk kepentingan astrologi³² yang juga menjadi hal yang mendatangkan ketertarikan untuk mengamati benda-benda langit, khususnya Bulan pada saat itu.³³

³⁰ Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudiby, "Kriteria Visibilitas Hilal", h. 34.

³¹ Muh. Ma'rufin Sudiby, "Observasi Hilal di Indonesia dan Signifikansinya dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Hilal", *Jurnal LP2IFRHI*, Volume 24, Nomer 1, April 2014. h.123

³² Ilmu Astrologi secara umum mempelajari benda-benda langit. Secara khusus ilmu ini mempelajari peredaran benda-benda langit pada orbitnya masing-masing untuk diketahui posisi suatu benda langit terhadap benda langit lainnya agar diketahui pengaruhnya terhadap kehidupan di muka Bumi. Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta : Buana Pustaka, 2005), h. 34.

³³ Louay J. Fatoohi, *The Babylonian*, h.52.

Bangsa Babilonia memformulasikan kebenaran perhitungan matematika teori Bulan untuk memprediksi berbagai parameter visibilitas Bulan sabit. kriteria Babilonia mensyaratkan 2 (dua) aspek dalam visibilitas hilal, yaitu:

- a. Umur Bulan > 24 jam
- b. Lag Time³⁴ = 48 menit³⁵

Kriteria ini berbentuk sangat sederhana, pada awalnya = 48 menit kriteria ini mengacu pada nilai $as \geq 12$ ³⁶, dengan letak Babilonia yang berada di Lembah Mesopotamia (lintang $23^{\circ} 37$ LU), sehingga bisa diterjemahkan sebagai Lag ≥ 48 menit.³⁷

Selain bangsa Babilonia, secara terpisah bangsa Indian kuni juga menghasilkan rumusan yang mirip dengan kriteria Babilon, meski mereka menemukannya secara independen yakni pada 500-700 M. Meskipun dengan sistem penanggalan yang berbeda, kriteria India dengan kalender *luni solar*-nya pun membuat satu nilai untuk menentukan kapan terjadinya awal bulan yang mengacu pada fase Bulan. Kriteria India juga memakai acuan beda nilai Bulan dan

³⁴ Beda Waktu antara terbenam Bulan dan Matahari.

³⁵ Louay J. Fatoohi, *The Babylonian*, h. 60.

³⁶ as adalah sudut jarak antara dua benda langit dalam equator, atau dapat pula diartikan sebagai beda ascensio recta. Mohammad Ilyas, *Sistem Kalender Islam, Selangor*, (Dewan Bahasa dan Pustaka, 199) h. 81

³⁷ Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Observasi Hilal", h.124. Louay J. Fatoohi, *The Babylonian*, h. 60.

Matahari dalam ekuator sebesar 12. keterangan ini dapat ditemui dalam Surya Sidhanta³⁸ (600 M) dan Khandakhadyaka (650 M).³⁹

Nilai tersebut diambil dari pergerakan Bulan terhadap Matahari secara sederhana (*'urfi*) dalam satu waktu yaitu 12, dalam istilah mereka dinamakan *Tithi*. Dalam satu bulan terdapat 30 *thithi*, sehingga perjalanan Bulan terhadap Matahari akan genap 360° dalam satu bulan. Pada saat ijtimak (*amavasya*), jarak antara Bulan dan Matahari dalam ekuator adalah 0°, sehingga Bulan sabit pertama bisa diamati jika telah mencapai 1 *thithi*.⁴⁰

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 tersebut belum bisa dikatakan baik sampai pada akhirnya munculah sistem yang ada pada Surya Sidhanta.⁴¹

³⁸ Buku Astronomi pertama dalam peradaban India

³⁹ D. King, "Some Early Islamic Tables for Determining Lunar Crescent Visibility", *Annals of The New York Academy of Sciences*, 1987. h.185-225 dikutip oleh Louay J. Fatoohi, *The Babylonian*, h. 60.

⁴⁰ Sudha Bhujle dan M.N. Vahia, "Calculation of Thithis, An Extension of Surya Sidhanta Formulation", *Annals of Bhandarkar Oriental Research Institute*, 2006. h. 2 lihat pula Chia Daphne, "Indian Calendars : Comparing The Surya Siddhanta and The Astronomical Ephemeris". *Departemen of Mathematics National University of Singapore*. 2000. h.12

⁴¹ Mohammad Ilyas, *Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calendar*. NASA Astrophysics Data System, Vol.35. h. 433.

Kriteria-kriteria di atas merupakan penemuan yang sangat besar yang mempengaruhi pemikiran dan kriteria-kriteria visibilitas hilal yang terbentuk pasca itu, terutama kriteria-kriteria yang disusun oleh astronom muslim.⁴²

Prakter observasi dan penentuan awal Bulan yang beracuan pada Bulan sabit masih selalu dilakukan oleh bangsa Cina⁴³, Ibrani dan Yahudi,⁴⁴ meskipun tidak terdapat perkembangan yang signifikan dalam kriteria visibilitas hilal.

2. Kriteria pada Masa Peradaban Islam

Pada masa keemasan Islam, ilmuan muslim juga mengembangkan kriteria dengan mempelajari tabel-tabel astronomis dari Babilonia dan Indian dengan menyusun kembali kriteria Visibilitas hilal tersebut. Pada masa ini (700-1100 M), ilmu pengetahuan mencapai puncak kejayaannya, bukan hanya astronomi, bahkan ilmu-ilmu lain, seperti ilmu kedokteran, matematika, seni, ilmu alam dan ilmu-ilmu yang lain pun turut berkembang pada masa itu. Penelitian-penelitian mengenai kriteria visibilitas hilal pun gencar dilakukan, terbukti dengan banyaknya kriteria yang muncul,

⁴² Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Kriteria Visibilitas Hilal", h. 35.

⁴³ Helmer Aslaksen, "The Mathematics of the Chinese Calendar", *Department of Mathematics National University of Singapore*, 2010. h. 14

⁴⁴ Herb Solinsky, "Historical Departure from the Biblical Calendar". *Document of The Biblical Calendar Researcher*. Agustus 2016. h. 16.

yang diusung oleh para ahli astronomi, seperti Ya'qub Ibn Thariq⁴⁵, Ibrani dan Yahudi, seorang 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 $as \geq 12$ untuk hilal yang tipis dan menambahkan $as \geq 10$ untuk hilal yang lebar, di antara para ahli astronomi tersebut adalah Habash,⁴⁶ al-Khawarizmi⁴⁷ (w.830 M), al-Farghani⁴⁸, al-Battani⁴⁹ (850-929 M). Kemudian mereka membuat perbaikan perhitungan visibilitas hilal yang dianggap sebagai

⁴⁵ Ahli Astronomi dan Matematika dari Baghdad, Salah satu pengembang ilmu Astronomi yang bersumber dari Yunani dan India. Salah satu karyanya adalah Kitab al-I'lal. https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Yaqub_ibn_Tariq_BE.html, diakses pada 29 Januari 2019. Pukul 11:45 WIB.

⁴⁶ Habash al-Hasib al-Mawarzi adalah Ahli astronomi yang hidup pada pemerintahan khalifah al-Ma'mun dan al-Mu'tashim. Lahir di Persia dan wafat pada sekitar tahun 874. Ia disebut sebagai penemu Rasio Trigonometri. https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Habash_al-Hasib_BE.html, diakses pada 29 Januari 2019, pukul 9:45 WIB.

⁴⁷ Abu Ja'far Muhammad Ibn Musa al-Khawarizmi adalah seorang Astronomer dan Matematikawan pada pemerintahan khalifah al-Ma'mun. Ia adalah penemu aljabar. Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, (Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2012) h.24.

⁴⁸ Abul Abbas Ahmad al-Farghani ia dikenal sebagai pelopor astronomi modern, di Eropa ia dikenal dengan sebutan Al-parganus. Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*. h. 102.

⁴⁹ Ibnu Jabr al-Battani, dikenal dengan al-batenius di dunia barat. Ia membuktikan kemungkinan terjadinya gerhana Matahari cincin, ia juga menetapkan kemiringan perjalanan Matahari, panjangnya tahun Sideris dan tahun tropis, musim-musim, garis lintasan Matahari semu dan sebenarnya, Bulan mati dan fungsi sinus. Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*. h. 99.

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 $ARCL > 9,5^\circ$. Hal ini kemudian diikuti oleh astronom selanjutnya, di antaranya adalah Ibn Maimun. Ibn Maimun (731-861 M) mengikuti langkah al-Khawarizmi sembari memasukkan faktor musim semi dan musim gugur dengan menetapkan variabel $ARCV$ dan $ARCL$ sebagai parameter, dengan $9^\circ \leq ARCL \leq 24^\circ$ dan $ARCV + ARCL \geq 22^\circ$. Selanjutnya Ibn Qurra⁵⁰ (826-901 M) memperbaiki kriteria dari Ibn Maimun dengan $11^\circ \leq ARCL \leq 25^\circ$.⁵¹

Pada masa selanjutnya al-Biruni⁵² merekomendasikan pemikiran al-Battani, bahwa al-Battani mengetahui ada hal yang lebih penting dari pada 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

⁵⁰ Tsabit bin Qurrah lahir pada 830 M, ia dikenal sebagai ahli astronomi dan merupakan salah satu penerus karya *al-Khawarizmi*. Ia pun sempat menerjemahkan 51 karya Ptolomeus yaitu *Almagest*. https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Thabit_ibn_Qurra_BE.html, diakses pada 29 Januari 2019, pukul 07:46 WIB.

⁵¹ Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Kriteria Visibilitas Hilal", h. 35.

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 dan teori bujur dan lintang Bumi. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*. h. 100.

diperhitungkan. Ia pun memberikan perhitungannya dengan 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.⁵³

Al-Biruni pun ikut memberikan kontribusinya, ia kemudian mengembangkan konsep visibilitas hilalnya dengan parameter *ARCV* dan *DAz*.

Terlepas dari rumitnya sistem yang dikembangkan oleh al Battani dan astronom lain pada masa itu, pada periode selanjutnya (1000 -1800 M), kriteria Babilonia pun tetap dipakai oleh para astronom, sebut saja al-Sufi⁵⁴ (abad 10 M) dan al-Kashani⁵⁵ (abad 15 M), keduanya mengutip kriteria $as > 12^\circ$ dalam buku mereka *Astroglobes* dan *Khaqani Zij*.⁵⁶ Astronom lain juga ada yang

⁵³ Mohammad Ilyas, "Lunar Crescent Visibility", h. 430-433. Lihat pula Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudiby, "Kriteria Visibilitas Hilal", h. 35. Muh. Ma'rufin Sudiby, "Observasi Hilal", h.124-125.

⁵⁴ Abu al-Rahman al-Sufi, mempunyai karya yang terkenal yaitu *al-Kawakib al-Tsabit al-Musawwar (Book on the Constellations)* yang memuat katalog bintang yang berdasarkan pengamatannya sendiri. Ia wafat pada tahun 986 M. http://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Sufi_BE.html, diakses pada 29 Januari 2019, pukul 10:34 WIB.

⁵⁵ Ghiyats al-Din Jamsyid al-Kashi, ahli astronomi dari wilayah Kashi, Iran. Dia membuat karya yang didedikasikan untuk Ulugh Begh yang berjudul *Khaqani Zij*. Lihat <https://www.britannica.com/biography/al-Kashi>, diakses pada 29 Januari 2019, pukul 01:32 WIB.

⁵⁶ Lihat Mohammad Ilyas, *Lunar Crescent Visibility*, h. 436.

berpendapat sama, di antaranya adalah Ibn Sina⁵⁷ (1258-1274 M) dan al-Thusi⁵⁸ (980 -1037 M).⁵⁹

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.

3. Kriteria Modern

Pengembangan kriteria ini diawali sejak pertengahan abad ke-19 M. Seorang astronom Athena, Schmidt⁶⁰ (1859-1877) melakukan observasi Bulan selama 20 tahun dan menghasilkan 72 data hilal. Ia kemudian mencatat data-data hasil pengamatnya

⁵⁷ 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. https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Ibn_Sina_BEA.htm, diakses pada 29 Januari 2019, pukul 23 : 10 WIB.

⁵⁸ Nasiruddin Muhammad al-Thusi, seorang ahli astronom dari Marogho, ia yang membuat observatorium Maragha, ia membuat tabel-tabel astronomi benda-benda langit yang bernama Jadwal al-Kaniyan. Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*. h. 116.

⁵⁹ Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Observasi Hilal", h.124.

⁶⁰ Johann Friedrich Julius Schmidt, seorang astronom asal Jerman, Lihat "Johann Friedrich Julius Schmidt" dalam *Proceedings of The American Academy of Arts and Sciences*, Vol.19 (May, 1883-May, 1884). h. 564. https://www.jstor.org/stable/25138755?seq=1#page_scan_tab_contents, pada 29 Januari 2019, pukul 12:06 WIB.

tersebut. Data tersebut kemudian digunakan oleh Fotheringham⁶¹ (1910) guna membangun kriteria visibilitas hilal dengan variable ketinggian dan azimuth, mengikuti parameter yang sebenarnya telah ditemukan oleh al-Biruni. Kemudian Maunder⁶² (1911) memperbaiki model Fotheringham dengan menambahkan data observasi baru serta melakukan koreksi data Schmidt dari Indian Astronomical Ephemeris oleh Carl Schoch,⁶³ dan terbentuklah kriteria Fotheringham-Maunder dengan bentuk $ARCV \geq -0,01 DAz^2 - 0,05 DAz + 11$ ⁶⁴, atau dapat dilihat dari tabel berikut:⁶⁵

Tabel 3.1. Kriteria Fotheringham-Maunder

DAz	0^0	5^0	10^0	15^0	20^0
$ARCV$	11	10,5	9,5	8	6

Kriteria ini menjadi acuan kriteria visibilitas hilal modern, meskipun dalam realisasinya kriteria ini tidak benar-benar dipakai

⁶¹ John Knight Fotheringham, seorang astronomer asal British, ia sangat ahli dibidang ilmu Kronologi Peradaban Babilonia. <http://www.oxforddnb.com/view>, diakses pada 20 Januari 2019, pukul 12:11 WIB.

⁶² Edward Walter Maunder, ahli astronomi, khususnya dalam bidang sunspot dan solar magnetic. Lihat <https://www.britannica.com/place/Sun/Solaractivity#>, diakses pada 29 Januari 2019, pukul 12:12 WIB.

⁶³ Ia adalah peneliti di Coastwise Science, ia ahli dibidang ilmu atmosfer dan kelautan. Lihat Mohammad Ilyas, "Lunar Crescent Visibility", h. 436.

⁶⁴ Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Observasi Hilal", h.125.

⁶⁵ BD Yallop, "A Method for Predicting the First Sighting of the New Crescent Moon". *NAO Technical Note* No.69, 1997. h. 2

dalam kalender Hijriah.⁶⁶ Kriteria ini secara fungsional lebih fleksibel karena bisa diaplikasikan untuk kawasan yang lebih luas, dan tidak terbatas pada lingkup tertentu saja, sebagaimana kriteria visibilitas klasik.⁶⁷

Andre Danjon⁶⁸ pada periode 1932-1936 juga meneliti visibilitas Bulan sabit dengan menggunakan 75 data pengukuran untuk memahami pengaruh *ARCL* terhadap panjang sabit, dan ia menemukan bahwa pada $ARCL < 7^\circ$ nilai panjang sabit Bulan adalah nol (tidak ada hilal terbentuk) dan nilai $ARCL \geq 7^\circ$ kemudian dijadikan sebagai batas visibilitasnya (Danjon Limit).⁶⁹

Penelitian terhadap visibilitas hilal memasuki ranah yang lebih modern lagi. F. Bruin⁷⁰ (1977) di Beirut (Lebanon) memperkenalkan kriteria visibilitas fisis modern yang berdasarkan pada teori-teori yang berkembang pada masa peradaban Islam, Bruin

⁶⁶ Zainal, "A Selective Literature Review of Young Moon Crescent Visibility Studies". *ICOP*. h. 3, dikutip oleh Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Observasi Hilal", h. 125.

⁶⁷ Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Observasi Hilal", h. 125.

⁶⁸ Andre Louis Danjon, astronomer asal Perancis, ia adalah direktur dari Observatory of Strasbourg. Lihat <https://www.britannica.com/biography/AndreLouis-Danjon>. Diakses pada 29 Januari 2019, Pukul 12:14 WIB.

⁶⁹ Louay J. Fatoohi, dll. "The Danjon Limit of First Visibility of The Lunar Crescent, The Observatory", Volume 118, 1998. H. 67.

⁷⁰ Frans Bruin, ahli astronomi asal Amsterdam, seorang pengajar di Otto Neugebauer, seorang peneliti di American University. David A. King, "Frans Bruin" *Journal for The History of Astronomy*, Vol.33, Part 2, No.111, 2002. h.xxxiii.

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 tertentu.⁷¹ Bruin memperkenalkan kriteria visibilitasnya dengan parameter W dan $ARCV$, $ARCV > 12,4023 - 9,4878 W + 3,9512 W^2 - 0,5632W^3$, dapat pula dilihat dari tabel berikut :⁷²

Tabel 3.2. Kriteria Visibilitas Hilal Bruin

W	0,3'	0,5'	0,7'	1'	2'	3'
$ARCV$	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 $ARCV \geq -0,03 DAz^2 + 0,14DAz + 10,136$ ⁷³,

Kriteria ini kemudian menjadi acuan bagi perkembangan kriteria visibilitas hilal modern yang muncul pada masa selanjutnya.

Ilyas⁷⁴ (1994), mengembangkan kriteria Bruin dengan merevisi nilai W dari 0,5 menjadi 0,25. Menurut Ilyas jika perubahan

⁷¹ Mohammad Ilyas, "Lunar Crescent Visibility", h. 436.

⁷² BD Yallop, "A Method for Predicting", h.2

⁷³ Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Observasi Hilal", h.125.

⁷⁴ Muhammad Ilyas, Ahli falak dari Malaysia. Seorang pelopor terbentuknya kalender Islam global. Mohammad Ilyas, *Sistem Kalender Islam*, h.135-155

tersebut diterapkan, maka nilai *ARCL* minimum kriteria Bruin akan sesuai dengan *ARCL* minimum kriteria Fotheringham-Maunders, dan pengembangan ini menurut Ilyas membuat kriteria Fotheringham-Maunders bisa diaplikasikan lebih luas lagi dibandingkan sebelumnya, sehingga dapat mencakup daerah-daerah kawasan lintang tinggi (kriteria global). Pengembangan yang dilakukan oleh Ilyas membuah kriteria baru yang disebut Kriteria Komposit Ilyas.⁷⁵

Pengembangan paling baru dilakukan oleh B.D. Yallop⁷⁶ (1997) dari Inggris dengan menggunakan 295 data observasi dari Bradley Schaefer (1994) yang menghasilkan kriteria Yellop. Moh. Shaukat Audah⁷⁷ (2004) dari Yordania dengan menggunakan ratusan data (737 data) yang menghasilkan kriteria Audah (Odeh). Data-data tersebut terdiri dari : 294 data observasi Bradley Schaefer⁷⁸ (AS), 6 data observasi Jim Stamm (AS), 42 data observasi SAAO (*South African Astronomy Observatory*), 15 data observasi Mohsen Mirsaid

⁷⁵ Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Observasi Hilal", h.126. Pemikiran Ilyas kemudian berkembang ke ranah penyatuan kalender Islam international dengan konsep ILDL-nya, sejak saat itu sampai saat ini kalender Islam universal terus dikaji dan dikembangkan. Kajian terakhir dilakukan pada 18-19 Februari 2013, dan 28-30 Mei 2016 di Turki, dan 28-30 November 2017 di Indonesia. Lihat pula Mohammad Ilyas, *Sistem Kalendar Islam*, h. 135-155

⁷⁶ Bernad B. Yallop adalah salah seorang tokoh yang mengembangkan teori visibilitas hilal, yang mana kriteria yang ia buat dikenal dengan sebutan Yallop's Criterion. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, h. 241.

⁷⁷ Mohammad Syawkat Audah, astronomer asal Yordania, ia menciptakan aplikasi yang terkenal yaitu Accurate Times. Penggagas ICOP. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, h. 148.

⁷⁸ BD Yallop, "A Method for Predicting", h. 4

(Iran), 57 data observasi Alireza Mehrani (Iran), dan 323 data observasi ICOP (*Islamic Crescent Observation Project*) sejak 1998.⁷⁹

Yallop membentuk ulang kriteria Bruin dengan menerapkan perubahan kondisi topocentric untuk variabel W ⁸⁰, sementara Odeh memperbaiki kriteria Yallop dengan menyusun kriteria secara topocentric dengan variable, yakni tinggi hilal (*ARCV*) dan lebar hilal (W) dan airless.⁸¹ Tinggi hilal digunakan untuk acuan ambang kontras hilal dengan Matahari, dan lebar hilal digunakan untuk acuan persentasi Iluminasii hilal.⁸²

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 :

- a. terlihat dengan mata telanjang,
- b. terlihat dengan alat optik (mungkin terlihat dengan mata telanjang),
- c. hanya terlihat dengan alat optik dan
- d. tidak terlihat.

⁷⁹ Mohammad SH. Odeh, "New Criterion for Lunar Crescent Visibility", *Experimental Astronomy*, 2004. h. 43.

⁸⁰ BD Yallop, "A Method for Predicting", h. 5.

⁸¹ Toposentrik = kondisi pengamat diatas permukaan Bumi. Airless = mengabaikan kondisi atmosfer. Lihat Mohammad SH. Odeh, "New Criterion", h. 43.

⁸² Mohammad SH. Odeh, "New Criterion", h. 41

Yallop mendefinisikan hal tersebut dengan :

$$q = (ARCV - (11,8371 - 6,3226 W + 0,7319 W^2 - 0,1018 W^3)) / 10^{83},$$

sementara itu Odeh mendefinisikannya dengan bentuk :

$$V = ARCV - (-0,1018W^3 - 0,7319 W^2 - 6,3226 W + 7,1651)^{84}$$

Kriteria tersebut diterapkan dalam parameter berikut :

Tabel 3.3. Kriteria Visibilitas Hilal Yallop (q) dan Odeh (V) Visibilitas

Visibilitas	Q	V
Terlihat dengan mata telanjang	$q > 0,216$	$V > 5,65$
Terlihat dengan alat optik (mungkin terlihat dengan mata telanjang)	$0,014 < q < 0,216$	$2 < V < 5,65$
Hanya terlihat dengan alat optik	$-0,232 < q < -0,014$	$-0,96 < V < 2$
Tidak terlihat	$q < -0,232$	$V < -0,96$

Sebelum adanya kriteria yang dibentuk oleh Odeh, pada tahun 2001 *South African Astronomical Observatory* (SAAO) yang dipelopori oleh Caldwell dan Laney juga membuat kriteria berdasarkan pengamatan Schaefer. Hasil dari penelitian tersebut membuahkan kriteria yang berbeda untuk pengamatan dengan mata

⁸³ BD Yallop, "A Method for Predicting", h.11.

⁸⁴ Mohammad SH. Odeh, "New Criterion", h. 61.

telanjang dan dengan alat optik, namun secara umum kriteria tersebut memiliki nilai $ARCV > 4^\circ$.⁸⁵

4. Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia

Pembahasan tentang kriteria imkan al-Ru'yah telah terdapat dalam literatur kitab-kitab klasik di Indonesia. Dalam *Khulashah al-Wafiyah* karya Zubair Umar al-Jailani⁸⁶ disebutkan bahwasanya ahli falak memiliki kriteria yang berbeda-beda dalam hal batas Imkan al-Ru'yah. Dalam kitab *Sullam al-Nayyirain* karya Mansur al-Batawi⁸⁷ dikemukakan bahwa ada pendapat yang menyatakan bahwa kriteria Imkan al-Ru'yah adalah tinggi minimal hilal sebesar 2/3 manzilah, 1 manzilah adalah 13 derajat, 8 derajat 40 menit atau 9 kurang 1/3 derajat, ada juga yang berpendapat bahwa nilai tinggi harus mencapai 7 derajat, sebagian yang lain mengatakan tingginya minimal 6 derajat.⁸⁸

⁸⁵ John AR Caldwell dan C David Laney, "First Visibility of the Lunar Crescent". *Astronomical Society of Southern Africa*. 2001. h. 151. Lihat pula Mohammad SH. Odeh, "New Criterion", h. 40.

⁸⁶ Zubair Umar al-Jailani ahli falak dari Bojonegoro, pengarang kitab *al-Khulāshoh al-Wāfiyah fi al-Falak bi Jadwal al-Lughoritmiah..* Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus*, h. 118.

⁸⁷ Muhammad Manshur, atau yang lebih sering dikenal dengan Guru Manshur adalah ahli falak asal Betawi/Jakarta, salah satu karya yang fenomenal dibidang falak adalah *Sulam al-Nayyiroin*. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus*, h.110-111.

⁸⁸ Ahmad Izzuddin, *Fiqh Hisab Rukyah: Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri dan Idul Adha*, (Jakarta: Erlangga, 2007), h. 154

Pembahasan mengenai Imkan al-Ru'yah oleh Pemerintah dimulai sejak tahun 1991, terbentuk berawal dari pertemuan-pertemuan tidak resmi oleh MABIMS, dan menghasilkan kriteria rukyat dengan tinggi hilal $mar'i \geq 2^\circ$ dan umur bulan ≥ 8 jam atau $ARCL \geq 3^\circ$.⁸⁹ Thomas Djamaluddin mengungkapkan bahwa kriteria itu berdasar pada pengalaman empirik rukyatul hilal pada Ramadan 1394 H. Ada 10 saksi di 3 tempat yang berbeda yang menyatakan melihat hilal. Pada saat itu nilai $DAz = 6^\circ$ dan nilai $ARCL = 6,8^\circ$ nilai ini hampir sama dengan nilai limit Danjon.⁹⁰

Di samping kriteria MABIMS, di Indonesia juga dikenal kriteria-kriteria yang lain, yaitu kriteria LAPAN dan RHI.

Dalam perumusannya Kriteria LAPAN memakai kompilasi data penetapan awal bulan oleh Kementrian Agama RI, dan menghasilkan kriteria dengan umur hilal > 8 jam, $ARCL > 5,6^\circ$ dan $ARCV > 3^\circ$. Kriteria tersebut berlaku untuk $DAz \geq 6^\circ$, dan jika $DAz < 6^\circ$ maka memerlukan nilai $ARCV$ yang lebih besar lagi.⁹¹

⁸⁹ Ahmad Izzuddin, "Kesepakatan untuk Kebersamaan", makalah *Lokakarya International dan Call for Paper Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang*, Hotel Silliwangi, 12-13 Desember 2012. h.10.

⁹⁰ Thomas Djamaluddin, *Mengagas Fikih Astronomi: Telaah Hisab Rukyah dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, (Bandung: Penerbit Kaki Langit, 2005). h. 61. Dalam literature lain ditemukan bahwa kriteria ini didasarkan pada rukyatul hilal Syawal 1404 H. lihat Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudiby, "Kriteria Visibilitas Hilal", h. 39

⁹¹ Thomas Djamaluddin, *Astronomi Memberi Solusi*, h.18.

RHI pun memiliki kriteria dengan hasil pengamatannya 90 sendiri dari tahun 2007-2009, dengan data sebanyak 174, terdiri dari 107 visibilitas positif dan 67 visibilitas negatif, dan menghasilkan visibilitas dengan tinggi hilal minimum 5° pada DAz $7,5^\circ$ sampai tinggi hilal $10,4^\circ$ pada $DAz = 0^\circ$.⁹²

C. Regresi⁹³ dan Korelasi⁹⁴

Pengolahan informasi statistik mempunyai sejarah jauh ke belakang sejak awal peradaban manusia. Pada awal zaman Masehi, bangsa-bangsa mengumpulkan data statistik untuk mendapatkan informasi deskriptif mengenai banyak hal, misalnya pajak, perang, hasil pertanian. Pada masa kini, dengan berkembangnya teori peluang, kita dapat menggunakan berbagai metode statistik yang memungkinkan kita meneropong jauh di luar data yang kita

⁹² Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, "Kriteria Visibilitas Hilal", h. 40.

⁹³ Regresi adalah suatu metode analisis statisti yang digunakan untuk melihat pengaruh antara dua atau lebih variabel. Hubungan variabel tersebut bersifat fungsional untuk diwujudkan dalam suatu model matematis. Pada analisis ini variabel dibedakan menjadi dua bagian, yaitu variabel respon (*response variabel*) atau biasa juga disebut variabel bergantung (*dependent variable*) dan variabel penduga atau biasa disebut variabel bebas.

⁹⁴ Korelasi adalah salah satu analisis dalam statistik yang dipakai untuk mencari hubungan antara dua variabel yang bersifat kuantitatif. Tujuan analisis korelasi adalah untuk melihat atau menentukan seberapa erat hubungan antara dua variabel.

kumpulkan dan masuk ke dalam wilayah pengambilan keputusan melalui generalisasi dan peramalan.⁹⁵

Banyak analisis statistika bertujuan untuk mengetahui apakah ada hubungan antara dua atau lebih peubah. Bila hubungan demikian dapat dinyatakan dalam bentuk rumus matematika, maka kita akan dapat menggunakannya untuk keperluan peramalan. Misalnya, pengukuran-pengukuran dari data meteorologi digunakan secara meluas untuk meramalkan daerah-daerah yang akan terkena pengaruh penembakan peluru kendali pada berbagai kondisi atmosfer. Seberapa jauh peramalan itu dapat dipercaya tergantung pada keamatan hubungan antara perubahan-perubahan dalam rumus tersebut.⁹⁶

Dalam pembahasan ini, membicarakan masalah pengukuran hubungan antara dua peubah X dan Y . Analisis korelasi mencoba mengukur kekuatan hubungan antara dua peubah melalui sebuah bilangan yang disebut koefisien korelasi. Kita mendefinisikan koefisien korelasi linier sebagai ukuran hubungan *linier* antara dua peubah acak X dan Y , dan dilambangkan dengan r . Jadi, r mengukur sejauh mana titik-titik menggerombol sekitar sebuah garis lurus. Oleh karena itu, dengan membuat diagram pancar bagi n pengamat $\{(x_i, y_i); i = 1, 2, \dots, n\}$. Bila titik-titik menggerombol mengikuti

⁹⁵ Ronald E. Walpole, *Pengantar Statistika*, (Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1993), h. 1

⁹⁶ Ronald E. Walpole, *Pengantar*, h. 339

sebuah garis lurus dengan kemiringan positif, maka ada korelasi positif yang tinggi antar dua peubah. Akan tetapi bila titik-titik menggerombol mengikuti sebuah garis lurus dengan kemiringan negatif, maka antara kedua peubah itu terdapat korelasi negatif yang tinggi. Korelasi antara kedua peubah semakin menurun secara numerik dengan semakin memencarnya atau menjauhnya titik-titik dari suatu garis lurus. Bila titik-titiknya mengikuti suatu pola yang acak, dengan kata lain tidak ada pola, maka kita mempunyai korelasi nol, dan disimpulkan tidak ada hubungan linier antara X dan Y .⁹⁷

⁹⁷ Ronald E. Walpole, *Pengantar.*, h. 370

BAB III

IMAGE PROCESSING HILAL BMKG

A. Sekilas tentang Badan Meteorologi¹, Klimatologi² dan Geofisika³

Sejarah pengamatan meteorologi dan geofisika di Indonesia dimulai pada tahun 1841 diawali dengan pengamatan yang dilakukan secara perorangan oleh Dr. Onnen, Kepala Rumah Sakit di Bogor. Tahun demi tahun kegiatannya berkembang sesuai dengan semakin diperlukannya data hasil pengamatan cuaca dan geofisika. Pada tahun 1866, kegiatan pengamatan perorangan tersebut oleh Pemerintah Hindia Belanda diresmikan menjadi instansi pemerintah dengan nama *Magnetisch en Meteorologisch Observatorium* atau *Observatorium Magnetik dan Meteorologi* dipimpin oleh Dr. Bergsma. Pada tahun 1879 dibangun jaringan penakar hujan sebanyak 74 stasiun pengamatan di Jawa. Pada tahun 1902

¹ Meteorologi adalah ilmu interdisipliner yang mempelajari atmosfer. Studi di bidang ini telah dilakukan selama ribuan tahun meski kemajuan yang signifikan baru terjadi pada abad ke-18. Pada abad ke-19, sebuah gebrakan besar terjadi setelah pengamatan terkoordinasi yang dilakukan lintas negara. Setelah pengamatan computer di pertengahan abad ke-20, peramalan cuaca dapat dilakukan.

² Klimatologi adalah studi mengenal iklim, secara ilmiah didefinisikan sebagai kondisi cuaca yang dirata-ratakan selama periode waktu yang panjang.

³ Geofisika adalah bagian dari ilmu bumi yang mempelajari bumi menggunakan kaidah atau prinsip-prinsip fisika. Penelitian geofisika untuk mengetahui kondisi di bawah permukaan bumi melibatkan pengukuran di atas bumi dari parameter-parameter fisika yang dimiliki oleh batuan di dalam bumi.

pengamatan medan magnet bumi dipindahkan dari Jakarta ke Bogor. Pengamatan gempa bumi dimulai pada tahun 1908 dengan pemasangan komponen horisontal seismograf Wiechert di Jakarta, sedangkan pemasangan komponen vertikal dilaksanakan pada tahun 1928.

Pada tahun 1912 dilakukan reorganisasi pengamatan meteorologi dengan menambah jaringan sekunder. Sedangkan jasa meteorologi mulai digunakan untuk penerangan pada tahun 1930. Pada masa pendudukan Jepang antara tahun 1942 sampai dengan 1945, nama instansi meteorologi dan geofisika diganti menjadi Kisho Kauso Kusho. Setelah proklamasi kemerdekaan Indonesia pada tahun 1945, instansi tersebut dipecah menjadi dua: Di Yogyakarta dibentuk Biro Meteorologi yang berada di lingkungan Markas Tertinggi Tentara Rakyat Indonesia khusus untuk melayani kepentingan Angkatan Udara. Di Jakarta dibentuk Jawatan Meteorologi dan Geofisika, dibawah Kementerian Pekerjaan Umum dan Tenaga. Pada tanggal 21 Juli 1947 Jawatan Meteorologi dan Geofisika diambil alih oleh Pemerintah Belanda dan namanya diganti menjadi Meteorologisch en Geofysische Dienst. Sementara itu, ada juga Jawatan Meteorologi dan Geofisika yang dipertahankan oleh Pemerintah Republik Indonesia, kedudukan instansi tersebut di Jl. Gondangdia, Jakarta.

Pada tahun 1949, setelah penyerahan kedaulatan negara Republik Indonesia dari Belanda, Meteorologisch en Geofisiche Dienst diubah menjadi Jawatan Meteorologi dan Geofisika dibawah Departemen Perhubungan dan Pekerjaan Umum. Selanjutnya, pada tahun 1950 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. Pada tahun 1955 Jawatan Meteorologi dan Geofisika diubah namanya menjadi Lembaga Meteorologi dan Geofisika di bawah Departemen Perhubungan, dan pada tahun 1960 namanya dikembalikan menjadi Jawatan Meteorologi dan Geofisika di bawah Departemen Perhubungan Udara. Pada tahun 1965, namanya diubah menjadi Direktorat Meteorologi dan Geofisika, kedudukannya tetap di bawah Departemen Perhubungan Udara. Pada tahun 1972, Direktorat Meteorologi dan Geofisika diganti namanya menjadi Pusat Meteorologi dan Geofisika, suatu instansi setingkat eselon II di bawah Departemen Perhubungan, dan pada tahun 1980 statusnya dinaikkan menjadi suatu instansi setingkat eselon I dengan nama Badan Meteorologi dan Geofisika, dengan kedudukan tetap berada di bawah Departemen Perhubungan.

Pada tahun 2002, dengan keputusan Presiden RI Nomor 46 dan 48 tahun 2002, struktur organisasinya diubah menjadi Lembaga Pemerintah Non Departemen (LPND) dengan nama tetap Badan

Meteorologi dan Geofisika. Terakhir, melalui Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2008, Badan Meteorologi dan Geofisika berganti nama menjadi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dengan status tetap sebagai Lembaga Pemerintah Non Departemen. Pada tanggal 1 Oktober 2009 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika disahkan oleh Presiden Republik Indonesia, Susilo Bambang Yudhoyono.⁴

B. Sejarah *Image Processing* Hilal BMKG

BMKG mulai menggunakan astrofotografi sebagai teknik ru'yatul hilal pada Oktober 2008, di mana sejak awal rangkaian astrofotografi yang digunakan sebagai alat untuk mengamati hilal terdiri dari dua hal pokok, yaitu: teleskop dan detektor (komputer/kamera).⁵

Teleskop merupakan sistem optik pembentuk citra yang dirancang dan dioptimalkan untuk astronomi, karena sumber astronomi jarang, para astronom menginginkan sebuah teleskop dengan aperture besar; dan karena lensa besar sulit untuk diproduksi, teleskop berukuran besar sekitar 300 milimeter biasanya

⁴ Lihat <http://www.bmkg.go.id/profil/?p=sejarah>, di akses pada tanggal 14 Februari 2019, pukul 20.46 WIB.

⁵ Wawancara dengan Rukman Nugraha (Peneliti Meteorologi dan Geofisika Muda BMKG Pusat), pada tanggal 13 Februari 2019, pukul 09.00 WIB. Di BMKG Pusat, Jakarta Pusat.

menggunakan cermin daripada lensa untuk mengumpulkan dan memusatkan cahaya⁶. Dalam bahasa arab, teleskop disebut dengan istilah *Mirqab*, yaitu alat optik yang digunakan untuk melihat benda-benda langit yang jauh dan kecil, agar menghasilkan bayangan yang besar dan jelas.⁷ Teleskop terdiri dari tiga jenis: refraktor, reflektor, dan catadioptric (kombinasi antara reflektor dan refraktor).⁸

Sedangkan Detektor adalah istilah teknis yang mengacu pada perangkat yang dapat menghasilkan sinyal sebagai respon terhadap fenomena seperti cahaya. Pada umumnya para astronom umumnya menggunakan salah satu dari tiga jenis detektor: retina mata, emulsi fotografi, atau sensor elektronik.⁹

Detektor kamera pada dasarnya terdiri dari dua yaitu berwarna dan monokrom. Sel berbentuk kerucut di retina mata kita sensitif terhadap tiga warna, yaitu merah, hijau dan biru atau dikenal dengan istilah RGB (*Red, Green, Blue*). Sensor gambar digital tradisional tidak memiliki tiga lapisan sensitif untuk warna yang berbeda, yang disebut sebagai perangkat monokrom, yang hanya menangkap intensitas cahaya, bukan warna, sebab yang digunakan

⁶ Richard Berry & James Burnell, *The Handbook of Astronomical Image Processing*, (USA: Willmann-Bell, 2005), h. 6.

⁷ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Jogjakarta: Buana Pustaka, 2005), h. 56.

⁸ Richard Berry & James Burnell, *The Handbook ...*, h. 6; Lihat Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak; dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi*, (Depok: PT Rajagrafindo Persada, 2017), h. 283-287.

⁹ Richard Berry & James Burnell, *The Handbook of ...*, h. 6

adalah sensor grayscale. Saat ini, ada tiga cara utama untuk membentuk citra berwarna dengan sensor gambar digital, diantaranya: *tri-color filters*, *bayer pattern filter*, *foveon sensors*.¹⁰

Dalam hal ini pengamatan hilal BMKG setting-an kamera yang digunakan adalah berwarna (RGB). Jadi, pada saat pengamatan berlangsung, keadaan pada objek hilal dan sekelilingnya akan tampak sesuai dengan aslinya. Jika menggunakan monochrome pada saat pengamatan, maka hanya terdapat dua warna yang akan ditampilkan, warna hitam atau putih. Dapat dikatakan bahwa pada pengaturan monochrome keadaan objek (dari segi warna) dan sekelilingnya jauh berbeda dengan yang sebenarnya.

Sejak tahun 2008 hingga 2011, hanya terdapat 1 unit astrofotografi, tepatnya di BMKG pusat. Saat itu jika BMKG melakukan pengamatan di daerah, maka dilakukan dengan menggunakan peralatan tersebut. Meskipun harus berpindah-pindah dari satu tempat ke tempat yang lain dengan satu unit astrofotografi yang ada. Pada tahun 2012 astrofotografi ditambah satu unit lagi di stasiun geofisika kupang. Kupang dikenal dengan salah satu tempat yang sering terlihat hilal, begitu pula pada pengamatan hilal BMKG yang berada di kupang. Di tahun 2013 unit astrofotografi mulai banyak

¹⁰ Robert Reeves, *Introduction to Digital Astrophotography; Imaging the Universe with a Digital Camera*, (New York: Congress Cataloging, 2005), h. 60.

ditambah di antaranya: Tangerang, Bandung, dan Yogyakarta. Pada tahun 2014 hingga 2018 jumlah tempat pengamatan hilal BMKG telah mencapai 20 titik. Dimana pada setiap titik telah terdapat masing-masing 1 unit astrofotografi untuk pengamatan hilal.¹¹

Dari 20 tempat pengamatan hilal BMKG tersebut, hanya terdapat enam tower rukyatul hilal, di antaranya: Pantai Sulamu Nusa Tenggara Timur, Cikelet Garut Jawa Barat, Pantai Lhoong Aceh, Pantai Meras Manado, Pantai Marana Palu, dan Ternate. Sedangkan untuk lokasi yang tidak memiliki tower pengamatan hilal dilakukan di lokasi-lokasi yang strategis pada masing-masing tempat.¹²

Sejak awal pengamatan hilal dengan teknik astrofotografi pada tahun 2008, BMKG telah menggunakan *Image Processing* sebagai pengolahan citra hilal yang berhasil direkam atau dipotret dengan astrofotografi. Pada saat itu *Image Processing* yang digunakan hanya pengolahan sederhana. Sejauh ini, pada setiap stasiun geofisika BMKG terdapat beberapa ahli dalam pengoperasian teknik astrofotografi dan pengolahan dasar hilal.

Pengamatan dilakukan data direkam dengan modus video, setelah selesai video tersebut akan diputar kembali. Pemutaran ulang

¹¹ Wawancara dengan Rukman Nugraha, pada tanggal 13 Februari 2019, pukul 09.00 WIB. Di BMKG Pusat, Jakarta Pusat.

¹² Wawancara dengan Whytia pada tanggal 7 Februari 2018, pukul 11.00 WIB. Di BMKG Pusat, Jakarta Pusat.

video memberikan waktu kepada pengamat untuk memastikan kembali apakah hilal terlihat atau tidak, jika video menunjukkan kualitas yang kurang baik, maka *Image Processing* mulai dilakukan, baik dengan meningkatkan kontras atau pengolahan lain. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan pemutar video yang terdapat fitur untuk menaikkan/menurunkan kontras video.

Pada saat perekaman hilal dalam modus video tersebut, juga dapat dilakukan pengambilan atau pemotretan citra hilal, dengan menggunakan fitur bawaan dari kamera yang terkoneksi ke dalam detektor. Diperlukan kepekaan dalam mengatur setting-an kamera agar menghasilkan citra terbaik. Karena hal tersebut sangat berpengaruh dalam astrofotografi. Citra yang dihasilkan oleh teknik astrofotografi inilah yang akan dilakukan *Image Processing* pada citra tertentu.

Data hilal yang diperoleh dari stasiun geofisika BMKG daerah, dikumpulkan pada satu server di BMKG pusat. Mula-mula Teleskop, detektor dan instrumen lain pada setiap daerah dipusatkan kepada objek hilal, selanjutnya komputer akan mengakuisisi data, data akan dikirim dengan video streaming ke server di BMKG pusat melalui internet, server di BMKG pusat akan menyimpan dan

menyebarkan data rukyatul hilal melalui satelit sehingga hasil rukyatul hilal dapat di akses oleh semua orang.¹³

Di BMKG pusat sendiri, hanya terdapat dua orang ahli dalam melakukan *Image Processing*, yaitu Rukman Nugraha dan Iswanuddin. Mereka kerap melakukan pengolahan pada citra hilal yang dikirim dari daerah, meskipun beberapa data hilal dari BMKG daerah sudah terkoreksi, namun terkadang masih perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut.

C. *Image Processing* secara Umum

Minat terhadap bidang pengolahan citra secara digital dimulai pada awal tahun 1921, yaitu pertama kalinya sebuah foto berhasil ditransmisikan secara digital melalui kabel laut dari kota New York ke kota London (*Bartlane Cable Picture Transmission System*) dari sebuah ‘*coded tape*’ melalui printer telegraph. Kemudian pada tahun 1922 kembali digunakan citra digital dari sebuah ‘*tape punched*’ setelah sinyal (citra) melewati Atlantik dua kali.¹⁴

Keuntungan utama yang dirasakan pada waktu itu adalah pengurangan waktu pengiriman foto dari sekitar satu minggu menjadi

¹³ Wawancara dengan Rukman Nugraha pada tanggal 13 Februari 2019, pukul 09.00 WIB. Di BMKG Pusat, Jakarta Pusat.

¹⁴Marvin Ch. Wijaya & Agus Prijono, *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab*, (Bandung: Informatika, 2007), h. 27

kurang dari 3 jam. Foto tersebut dikirim dalam bentuk kode digital dan kemudian diolah kembali oleh *printer telegraph*.

Sekitar tahun 1960 baru tercatat suatu perkembangan pasti seiring dengan munculnya teknologi komputer yang sanggup memenuhi suatu kecepatan proses dan kapasitas memori yang dibutuhkan oleh berbagai algoritma pengolahan citra. Sejak itu, berbagai aplikasi mulai dikembangkan, yang secara umum dapat dikelompokkan kedalam dua kegiatan:

1. Memperbaiki kualitas suatu gambar (citra) sehingga dapat lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia.
2. Mengolah informasi yang terdapat pada gambar (citra) untuk keperluan pengenalan obyek secara otomatis oleh suatu mesin.¹⁵

Bidang ini sangat erat kaitannya dengan ilmu pengenalan pola (*pattern recognition*), yang secara umum bertujuan mengenali suatu obyek dengan cara mengekstrasi informasi penting yang terdapat dalam suatu citra.¹⁶

¹⁵ Rafael C. Gonzalez & Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, (Amerika Serikat: t.t, 2010), h. 25. Lihat Marvin Ch. Wijaya & Agus Prijono, *Pengolahan Citra*, (Bandung: Informatika Bandung, 2007), h. 24.

¹⁶ Marvin Ch. Wijaya & Agus Prijono, *Pengolahan*, h.23-24

Komputer digunakan sebagai kendali teleskop dan instrumen, untuk perolehan data digital dari detektor elektronik, untuk tampilan gambar, analisis, numerik, simulasi, dan lainnya.¹⁷ Menurut David Ratledge urutan operasi pada citra digital, tepat setelah akuisisi dan sebelum dapat dianalisis secara efektif dan didokumentasikan dengan baik. Terdapat tiga syarat, pertama pengurangan offset, yang setara dengan menentukan titik nol untuk setiap piksel (bias atau offset). Kedua penghapusan sinyal termal yang dihasilkan pada sensor itu sendiri (disebut arus gelap atau bingkai gelap). Ketiga mencapai keseragaman piksel di seluruh bidang citra (disebut bidang datar).¹⁸

Secara umum, hal-hal yang dilakukan dalam pengolahan citra astrofotografi adalah sebagai berikut:

a. Pengurangan/Kalibrasi Gambar

Pengurangan gambar (atau kalibrasi) mengacu pada pembersihan gambar untuk mengungkapkan data yang diinginkan dalam cahaya terbaik.¹⁹ Langkah pertama dalam mengolah eksposur harus melakukan pengurangan bidang gelap dan koreksi bidang datar. Pastikan bidang gelap sesuai dengan suhu, waktu pemaparan,

¹⁷ Ian S. McLean, *Elect ronic Imaging in Astronomy; Detectors and Instrumentation*, (California: Springer, 2008), h. 353.

¹⁸ David Ratledge, *Digital Astrophotography; the State of the Art*, (London: Springer 2005), h. 80.

¹⁹ Adam M. Stuart, *M.D, CCD Astrophotography: High Quality Imaging from the Suburbs*, (Florida: Springer, 2006), h. 71.

dan mode dari eksposur cahaya. Melakukan konfirmasi bahwa bidang datar sesuai dengan sistem optik cahaya eksposur. Gambar yang dikalibrasi harus disimpan dalam folder berbeda dari gambar mentah. Dengan cara ini, jika gambar tidak dikalibrasi dengan benar, maka dapat mengulangi proses pada gambar mentah. Gambar yang dikalibrasi harus hampir bebas dari piksel panas yang tersebar yang mengganggu citra mentah. Bayangan *vignette* dan debu harus ditingkatkan secara substansial²⁰.

b. Menyejajarkan Gambar

Setelah eksposur dikalibrasi dan ukurannya sama, maka siap untuk menyesuaikan dan menggabungkannya. Pendekatan yang lebih baik, paling tidak sampai mengembangkan dalam proses penyelarasan, yaitu memisahkan dua proses. Program yang berbeda akan melakukan penyelarasan dengan cara yang berbeda, dan dengan berbagai tingkat kompleksitas. Alignment dua bintang akan memperbaiki posisi dan rotasi, namun tidak dalam skala perbedaan. Selalu periksa gambar setelah penyelarasan untuk memastikan bahwa prosesnya berhasil, sebelum melanjutkan untuk menggabungkan gambar.

²⁰ Ruben Kier, *The 100 Best Targets for Astrophotography*, (New York: Springer, 2009), h. 340.

Setiap rutinitas alignment mengkomposisikan gambar, yang mengenalkan sedikit kabur. Oleh karena itu, coba untuk membatasi keselarasan dengan satu rangkaian program penyelarasan. Jika keselarasan buruk, kembali ke gambar asli sebelum memodifikasi prosedur penyelarasan. Jangan tujukan gambar yang sama ke beberapa langkah pelurusan, dengan risiko mengurangi resolusi.²¹

c. Menggabungkan Gambar

Jika menggunakan gambar yang difilter, maka perlu menggabungkan setiap saluran filter secara terpisah. Citra selaras dapat dikombinasikan dengan kombinasi rata-rata, rata-rata *hibrida/median*, sigma menggabungkan, atau penyisipan penyimpangan standar. Penambahan dan rata-rata memberikan rasio *signal-to-noise* tertinggi, karena semua data digunakan untuk membuat gambar. Rata-rata menghindari risiko membuat piksel dengan nilai lebih tinggi daripada saturasi. Penambahan mungkin lebih baik daripada rata-rata untuk gambar yang sangat redup, seperti yang diperoleh dengan filter pita sempit. Baik penambahan dan rata-rata memungkinkan klik sinar kosmik dan jalur pesawat tetap menjadi artifak redup pada gambar akhir.

Menggunakan metode hibrida teknik rata-rata dan median untuk mencoba memadukan manfaat keduanya. Metode ini

²¹ Ruben Kier, *The 100 Best ...*, h. 342.

membutuhkan setidaknya enam gambar untuk digabungkan, namun bisa bekerja dengan lebih banyak lagi. Gambar dibagi menjadi sub kelompok setidaknya tiga gambar. Setiap sub kelompok digabungkan rata-rata, yang menghilangkan sinar kosmik dan jalur pesawat. Kemudian, gabungan gambar dari sub-kelompok dirata-ratakan. Pada prinsipnya, ini mencapai penekanan artefak gabungan median, dengan beberapa manfaat peningkatan sinyal terhadap kebisingan yang diberikan oleh rata-rata.

Sigma menggabungkan bekerja dengan baik tidak hanya pada eksposur cahaya, tapi juga pada bidang gelap, bidang bias, dan medan datar, untuk bidang gelap, jangan gunakan normalisasi dan jangan cek untuk mengabaikan batas hitam. Sedangkan untuk bidang datar, gunakan normalisasi sekitar 60% tapi jangan cek untuk mengabaikan batas hitam. Jika menggunakan rutinitas kalibrasi di Maxim DL, pastikan bingkai gelap, bias, dan datar masing-masing ditetapkan untuk menggunakan pengaturan kombinasi yang tepat sebelum diterapkan pada gambar cahaya.²²

²² Ruben Kier, *The 100 Best ...*, h. 343.

D. *Image Processing* sebagai Pendukung Rukyatul Hilal dalam Posisinya sebagai Verifikasi Hasil Hisab

Berdasarkan Pasal 52 A Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2006 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 7 Tahun 1989 tentang Pengadilan Agama yang berbunyi “Pengadilan Agama memberikan isbat kesaksian rukyat hilal dalam penentuan awal bulan pada tahun Hijriyah”.²³ Dalam penjelasan pasal tersebut dinyatakan bahwa selama ini Pengadilan Agama diminta oleh Kementerian Agama untuk memberikan penetapan (*isbat*) terhadap kesaksian orang yang telah melihat atau menyaksikan hilal pada setiap memasuki bulan Ramadhan dan awal bulan Syawal tahun hijriah dalam rangka Kemetrian Agama mengeluarkan penetapan secara nasional untuk penetapan 1 (satu) Ramadhan dan Syawal.

Dalam *syahadah* (kesaksian) seorang perukyat tidak serta merta dapat diterima, akan tetapi harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

Saksi dalam kesaksian rukatul hilal dibedakan 2 (dua) macam:

²³ Undang-Undang Republik Indonesia, Nomor 3 Tahun 2006 tentang Perubahan atas Undang- Undang Nomor 7 Tahun 1989 Tentang Peradilan Agama, Presiden Republik Indonesia, Susilo Bambang Yudoyono, 20 Maret 2006

1. Saksi dimaksud adalah seseorang atau beberapa orang yang mengetahui langsung, melapor melihat hilal dan diambil sumpahnya oleh hakim. Saksi yang melihat hilal dan melaporkannya disebut *syahid*/perukayat.
2. Sedang 2 (dua) dimaksud adalah orang yang menjadi saksi dan menyaksikan seseorang atau beberapa orang yang melapor dan mengetahui proses pengangkatan sumpah oleh hakim.

Sedangkan yang dimaksud *syahadah* kesaksian rukyatul hilal adalah saksi nomor 1 (satu) tersebut.²⁴

Ada beberapa persyaratan *syahid*/perukyatan hilal, yaitu:

a. Syarat formil:

1. Aqil baligh dan sudah dewasa
2. Beragama Islam
3. Laki-laki dan Perempuan
4. Sehat akal nya
5. Mampu melakukan rukyat
6. Jujur, adil dan dapat dipercaya
7. Jumlah perukyat lebih dari satu orang

²⁴ Arfan Muhammad, *Pedoman dan Tata Cara Pelaksanaan Itsbat Rukyatul Hilal*, di sampaikan dalam acara Pelatihan Hisab Rukyat Para Hakim dan PANMUD Hukum Pengadilan Agama Kalimantan Barat, 29 September 2015, h. 7

8. Mengucapkan sumpah kesaksian rukyatul hilal
9. Sumpah kesaksian rukyatul hilal di depan sidang Pengadilan Agama/ Mahkamah Syar'iyah dan dihadiri 2 (dua) orang saksi.²⁵

b. Syarat meteriil:

1. Perukyat menerangkan sendiri dan melihat sendiri dengan mata kepala maupun menggunakan alat, bahwa ia melihat hilal
2. Perukayat mengetahui benar-benar bagaimana proses melihat hilal, yakni kapan waktunya, dimana tempatnya, berapa lama melihatnya, dimana letak, arah posisi dan keadaan hilal yang dilihat, serta bagaimana kecerahan cuaca langit/ horizon saat hilal dapat dilihat.
3. Keterangan hasil rukyat yang dilaporkan oleh perukyat tidak bertentangan dengan akal sehat perhitungan ilmu hisab, kaidah ilmu pengetahuan dan kaidah syar'i.²⁶

Verifikasi kesaksian hilal biasanya dilakukan dengan dua hal. *Pertama*, saksi harus seorang muslim. Sebagaimana dijelaskan dalam sebuah hadits.

²⁵ Arfan Muhammad, *Pedoman.....*, h. 7

²⁶ Arfan Muhammad, *Pedoman.....*, h. 7-8

جَاءَ أَعْرَابِيٌّ إِلَى النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فَقَالَ إِنِّي رَأَيْتُ الْهَيْلَالَ - قَالَ الْحَسَنُ فِي حَدِيثِهِ : يَعْنِي : رَمَضَانَ - فَقَالَ : أَتَشْهَدُ أَنْ لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ ؟ ، قَالَ : نَعَمْ ، قَالَ : أَتَشْهَدُ أَنْ مُحَمَّدًا رَسُولُ اللَّهِ ؟ قَالَ : نَعَمْ ، قَالَ : (يَا بِلَالُ أَدِّنْ فِي النَّاسِ فَلْيَصُومُوا غَدًا

“Seorang Badui datang kepada Rasulullah saw. seraya berkata: “Sesungguhnya aku telah melihat hilal”. (Hasan, perawi hadits menjelaskan bahwa hilal yang dimaksud Badui adalah hilal Ramadhan). Rasulullah saw. bersabda: “Apakah kamu bersaksi bahwa tiada tuhan selain Allah?” Dia berkata: “Benar”. Beliau meneruskan pertanyaannya seraya berkata: “Apakah kau bersaksi bahwa Muhammad adalah utusan Allah?” Dia berkata: “Ya benar”. Kemudian Rasulullah berkata, “Wahai Bilal umumkan pada orang-orang untuk puasa besok”. (H.R. Abu Dawud).²⁷

Kedua, pembuktian bahwa penampakan hilal bukan penampakan semu. Karena bagaimanapun penglihatan manusia memiliki keterbatasan. Dalam kitab *Irsyad Ahli al-Millah ila itsbab al-ahillah*, Muhammad Bukhit al-Muth’i menceritakan sebuah kisah menarik tentang Iyas bin Mu’awiyah.

وتراءى هلال شهر رمضان جماعة فيهم أنس بن مالك رضي الله عنه وقد قارب المائة، فقال أنس: قد رأيتُه، هو ذاك. وجعل يشير إليه فلا يرونه، ونظر إياس إلى أنس وإذا شعرة

²⁷ Abu Dawud, *Sunan Abi Dawud*, (Beirut: Dar al-Fikr,tt), vol. 1, h. 715

من حاجبه قد انثنت، فمسحها إياس، وسواها بحاجبه، ثم قال له: يا أبا حمزة، أرنا موضع

الهلال. فجعل ينظر، ويقول: ما أراه

“Sekelompok orang mengamati hilal bulan Ramadhan, diantara mereka ada Anas bin Malik *radhiyallahu’anh* yang berusia hampir seratus tahun. Anas berkata, “Aku melihatnya, itu dia” sambil menunjuk ke arahnya, tetapi orang-orang tidak melihatnya. Iyas melihat Anas dan melihat sehelai rambut pada alisnya. Kemudian Iyas mengusap rambut itu dan merapikan alis Anas. Kemudian Iyas berkata, “Wahai Abu Hamzah tunjukan posisi hilal”. Maka Anas mengamati lagi dan berkata, “Aku tidak melihatnya.”²⁸

Hilal merupakan sebuah objek yang sangat redup, sehingga informasi yang dilihat oleh mata masih patut untuk dipertanyakan kebenarannya, yang menjadikan bukti materil sangat diperlukan dalam menguatkan informasi yang diterima oleh mata manusia. Bukti materil ini diperlukan untuk meminimalisir kesalahan yang sangat mungkin terjadi dalam pelaksanaan rukyatul hilal. Sehingga ketika sidang *isbath* penentuan awal bulan kamariah dilaksanakan, Hakim mempunyai bukti yang tidak meragukan lagi untuk dijadikan dasar keputusan.²⁹

²⁸ Muhammad Bukhit al-Muth’i, *Irsyad Ahli al-Millah ila itsbab al-ahillah*, (Mesir: Kudistan al-Ilmiyah,1329), h. 283. lihat juga Ibn Khalikan, *Wafiyatul A’yan wa Abna’ al-Zaman*.

²⁹ Ahmad Junaidi, “Memadukan Rukaytul Hilal dengan Perkembangan Sains”, *Madania* Vol. 22, No. 1, Juni 2018, h. 150

Dengan berkembangannya ilmu dan teknologi pada saat ini, dianggap perlu menyertakan bukti ilmiah untuk menjamin kepastian *syahadah* yang dijadikan pedoman *isbath* awal bulan kamariah. Oleh karena itu, mengkonfirmasi kejujuran saksi dalam rukyatul hilal dengan bukti ilmiah sangat diperlukan untuk menghindari kekeliruan dalam mengidentifikasi objek yang dilihat oleh saksi rukyatul hilal. Saat ini, penerimaan kesaksian melihat hilal hanya didasarkan pada sumpah terhadap saksi, yang dalam prakteknya hampir tidak pernah ada klarifikasi terhadap syarat-syarat terpenuhinya kesaksian hilal. Thomas Djamaluddin dalam bukunya menjelaskan bahwa, pada praktek di lapangan masih banyak yang belum bisa mengidentifikasi apakah yang dilihat benar hilal atau mungkin objek yang lain yang menyerupai hilal.³⁰

Upaya klarifikasi oleh Hakim terhadap kebenaran yang dilihat oleh saksi sangat perlu dilakukan, dengan tidak serta merta menerima kesaksian perukyat hanya dengan penyumpahan semata. Dalam rangka meningkatkan obyektifitas *syahadah* dalam rukyatul hilal, diperlukannya bukti ilmiah dari kesaksian perukyat yang berupa data dan citra hilal. Hal itu dapat diwujudkan dengan menggunakan bantuan teknologi dan sains.

³⁰ Thomas Djamaluddin, *Menggagas Fiqih Astronomi*, (Bandung: Kaki Langit, 2005), h. 19.

Kegiatan rukyatul hilal yang disertai dengan proses pengolahan citra mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan kegiatan yang sama dengan peralatan yang sama, akan tetapi tidak disertai dengan proses pengolahan citra. Kelebihan tersebut antara lain:

- Proses pengolahan citra bisa menampilkan kontras citra yang jauh lebih bagus dari pada citra asli yang belum diproses.
- Citra hasil pengolahan tidak menimbulkan keraguan, baik ketika hilalnya terlihat ataupun tidak terlihat.³¹

Kekhawatiran para ulama ataupun penggiat falak lainnya terhadap keabsahan hasil *image processing* sudah terjawab dalam penelitian sebelumnya. Bahwa memang *image processing* dapat diterima atas dasar kemaslahatan umat. Secara saintifik, hasil *image processing* juga tidak serta merta mudah dikatakan dapat direkayasa. Karena dalam proses pengolahannya sangatlah terbuka dan mempunyai tahap yang dapat dibuktikan secara ilmiah.

AR. Sugeng Riyadi berpendapat bahwa ketika *image processing* dianggap sebagai bentuk manipulasi ataupun rekayasa itu sebuah ketidak mungkinan, karena dalam prosesnya *image processing* tidak dilakukan seorang diri yang menyendiri di dalam

³¹ Ahmad Junaidi, "Memadukan", h. 156

kamar dengan teleskop saja (ataupun dengan media *image processing*). Pada saat pemrosesan berlangsung, banyak orang yang berpartisipasi dalam kegiatan tersebut, dan oprasionalnya dapat secara langsung dtampilkan melalui *live streaming*. AR. Sugeng Riyadi menegaskan lagi bahwa menurutnya penggiat falak yang melakukan rukyat dengan media metode *image processing* bisa dikatakan lebih jujur terhadap kesaksiannya melihat lihal dari pada yang manual, dalam artian ketika dalam hasil *image processing* terdapat kenampakannya, maka secara otomatis benar dan dapat terbukti. Pengguna metode *image processing* juga dapat berhati-hati dalam kesaksiannya mendapatkan citra hilal, ketika hilal tidak nampak hasil *imagena* padahal sejatinya hilal itu nampak, maka juga tidak akan berani untuk mengaku melihat atau biasa dikatakan “mengada-ngada”.³²

E. Kompilasi Data Pengamatan Hilal BMKG Pusat 2008-2019³³

No	Pengamatan	Alt	ARCL	Age	W	Lag	DAz
1	04-Feb-11	10,82	14,62	31,80	0,48	49	8,85
2	02-Jul-11	11,28	12,21	24,70	0,36	54	1,21
3	30-Jul-11	9,18	10,33	20,12	0,26	45	1,77

³² Penelitian Unggul Suryo Ardi, “Validitas Metode Image Processing DOME Astronomi CASA untuk Rukyatul Hilal, 2019

³³ Kompilasi Data Pengamatan Hilal BMKG

4	28-Sep-11	10,34	13,75	23,42	0,48	48	7,94
5	20-Jul-12	12,63	14,71	29,88	0,51	58	5,58
6	18-Agu-12	6,53	10,14	18,42	0,25	32	6,80
7	16-Okt-12	10,08	12,04	22,22	0,37	48	4,63
8	30-Jan-14	11,79	12,88	21,75	0,42	56	0,06
9	02-Mar-14	10,93	14,24	25,93	0,50	48	8,03
10	30-Apr-14	11,40	13,23	27,37	0,41	55	4,71
11	28-Jun-14	10,60	12,23	26,05	0,34	51	3,74
12	28-Jun-14	10,33	12,17	25,87	0,33	49	4,58
13	28-Jun-14	10,47	11,96	25,45	0,32	50	3,42
14	28-Jun-14	10,17	12,80	27,28	0,37	50	5,61
15	28-Jun-14	9,43	11,78	24,87	0,31	46	5,47
16	28-Jun-14	9,67	12,18	25,68	0,33	46	6,14
17	25-Sep-14	10,60	12,00	26,07	0,33	48	3,36
18	25-Sep-14	10,64	12,27	26,63	0,34	49	3,71
19	25-Sep-14	10,82	12,42	26,95	0,35	49	3,90
20	25-Sep-14	10,92	12,57	27,23	0,36	49	4,37
21	23-Nov-14	9,34	11,05	21,32	0,30	46	4,08
22	21-Jan-15	8,40	12,83	22,03	0,42	40	8,75
23	19-Apr-15	7,34	8,46	15,97	0,18	35	1,87
24	19-Apr-15	6,84	7,96	15,08	0,16	33	1,54
25	17-Jun-15	8,25	10,38	19,53	0,25	39	4,99
26	17-Jun-15	8,82	10,50	19,90	0,26	43	3,80
27	17-Jun-15	8,97	10,28	19,47	0,25	44	2,80

28	17-Jun-15	9,07	10,57	20,07	0,26	45	3,05
29	17-Jun-15	8,85	11,17	21,30	0,29	45	4,64
30	14-Sep-15	9,35	11,28	26,82	0,28	42	4,77
31	14-Sep-15	9,64	11,23	26,75	0,28	43	3,89
32	14-Sep-15	9,25	11,37	27,00	0,29	42	4,94
33	14-Sep-15	9,93	11,48	27,33	0,30	45	3,63
34	14-Sep-15	10,10	11,32	27,03	0,29	46	2,56
35	14-Sep-15	10,16	11,59	27,60	0,30	47	2,90
36	14-Sep-15	9,48	11,87	28,22	0,32	48	3,39
37	14-Okt-15	14,20	15,16	34,63	0,52	64	0,89
38	11-Nov-15	6,40	9,35	20,60	0,20	31	5,68
39	12-Des-15	9,98	11,59	22,95	0,32	48	4,09
40	12-Des-15	9,98	11,66	23,12	0,32	48	3,93
41	12-Des-15	9,08	11,93	23,53	0,33	44	6,50
42	09-Feb-16	7,51	10,06	19,16	0,25	34	5,86
43	09-Feb-16	7,81	10,40	19,78	0,27	35	6,24
44	09-Feb-16	7,01	10,36	19,59	0,27	33	7,01
45	08-Apr-16	11,59	12,58	22,12	0,40	52	2,66
46	08-Apr-16	11,85	12,62	22,20	0,41	52	2,01
47	08-Apr-16	12,02	12,73	22,38	0,41	53	1,49
48	08-Apr-16	11,98	12,93	22,69	0,42	53	3,17
49	08-Apr-16	11,37	12,76	22,36	0,41	52	4,26
50	07-Mei-16	8,11	8,72	14,44	0,19	37	1,21

51	07-Mei-16	7,89	8,51	14,06	0,18	37	0,41
52	05-Jul-16	9,96	11,68	22,02	0,33	46	4,92
53	05-Jul-16	10,28	11,98	22,61	0,35	47	5,02
54	05-Jul-16	10,17	12,11	22,84	0,35	47	5,54
55	05-Jul-16	10,45	12,23	23,12	0,36	48	5,08
56	05-Jul-16	10,93	12,15	23,02	0,36	50	4,00
57	05-Jul-16	10,74	12,15	23,02	0,36	50	4,15
58	05-Jul-16	10,91	11,91	22,59	0,34	51	2,83
59	05-Jul-16	11,13	12,89	24,43	0,40	51	5,11
60	05-Jul-16	11,54	12,87	24,40	0,40	51	5,01
61	02-Sep-16	9,69	11,04	24,69	0,28	42	4,02
62	02-Sep-16	10,28	11,15	24,99	0,29	45	2,70
63	02-Sep-16	10,20	10,98	24,66	0,28	46	1,64
64	02-Sep-16	10,55	11,26	25,24	0,29	46	1,97
65	31-Okt-16	6,47	7,90	16,38	0,14	30	3,45
66	30-Des-16	11,24	13,06	28,51	0,39	52	5,45
67	27-Apr-17	11,62	12,38	21,14	0,39	53	0,17
68	27-Apr-17	11,81	12,44	21,25	0,39	53	0,51
69	27-Apr-17	11,90	12,56	21,45	0,40	53	1,04
70	27-Apr-17	12,02	12,72	21,75	0,41	54	0,48
71	27-Apr-17	12,12	12,69	21,70	0,41	54	0,66
72	27-Apr-17	12,12	12,69	21,70	0,41	54	0,66
73	27-Apr-17	11,70	12,50	21,34	0,40	54	1,80
74	27-Apr-17	11,74	12,63	21,57	0,40	54	1,75

75	27-Apr-17	12,40	13,16	22,54	0,44	56	1,07
76	27-Apr-17	12,40	13,16	22,54	0,44	56	1,07
77	26-Mei-17	7,38	8,71	13,98	0,19	35	3,60
78	26-Mei-17	7,59	8,84	14,27	0,20	36	3,22
79	26-Mei-17	7,75	8,54	13,76	0,19	37	1,62
80	26-Mei-17	8,31	9,20	15,04	0,22	40	2,00
81	24-Jul-17	11,48	12,65	23,90	0,40	52	3,75
82	24-Jul-17	11,43	12,79	24,12	0,41	52	4,33
83	24-Jul-17	11,67	12,94	24,41	0,41	53	3,84
84	24-Jul-17	12,03	12,87	24,32	0,41	55	2,68
85	24-Jul-17	12,03	12,87	24,32	0,41	55	2,68
86	24-Jul-17	11,88	12,63	23,92	0,40	55	1,41
87	24-Jul-17	11,91	12,76	24,16	0,40	56	1,52
88	24-Jul-17	12,67	13,08	24,72	0,42	57	1,91
89	24-Jul-17	12,25	13,16	24,86	0,43	57	1,94
90	24-Jul-17	12,43	13,27	25,05	0,44	57	2,06
91	24-Jul-17	12,38	13,67	25,72	0,46	56	3,93
92	24-Jul-17	12,24	13,96	26,18	0,48	55	5,51
93	22-Agu-17	6,75	7,36	15,22	0,13	32	0,25
94	22-Agu-17	6,76	7,48	15,45	0,14	32	0,33
95	23-Okt-17	6,22	7,66	14,49	0,13	29	3,46
96	19-Nov-17	8,95	10,20	21,66	0,23	42	3,19
97	19-Nov-17	9,40	10,38	22,14	0,24	43	2,51

98	19-Nov-17	9,34	10,45	22,28	0,25	43	3,43
99	19-Nov-17	9,34	10,45	22,28	0,25	43	3,43
100	19-Des-17	10,82	11,90	27,54	0,32	50	3,06
101	19-Des-17	11,38	12,46	28,85	0,35	53	3,03
102	17-Mar-18	9,41	10,32	20,77	0,25	42	2,30
103	17-Mar-18	9,65	10,25	20,67	0,25	42	0,00
104	17-Mar-18	10,01	10,85	21,89	0,28	44	1,74
105	17-Mar-18	10,03	10,88	21,95	0,28	44	1,89
106	16-Mei-18	11,04	11,76	21,11	0,34	51	1,28
107	16-Mei-18	11,45	12,20	21,92	0,37	53	1,80
108	16-Mei-18	11,38	12,09	21,73	0,36	54	1,02
109	16-Mei-18	11,57	12,25	22,04	0,37	54	0,92
110	16-Mei-18	11,59	12,34	22,20	0,38	54	1,25
111	16-Mei-18	11,74	12,30	22,13	0,38	54	0,12
112	16-Mei-18	11,60	12,30	22,13	0,38	54	0,31
113	16-Mei-18	12,02	12,75	22,97	0,40	56	0,57
114	16-Mei-18	12,27	12,92	23,30	0,42	57	0,24
115	14-Jun-18	6,71	7,81	14,06	0,15	32	2,86
116	14-Jun-18	6,89	7,94	14,34	0,16	34	2,51
117	12-Agu-18	12,29	13,06	23,59	0,43	56	1,16
118	12-Agu-18	12,37	13,12	23,68	0,43	55	1,88
119	12-Agu-18	12,47	13,16	23,76	0,44	57	0,53
120	12-Agu-18	12,79	13,38	24,13	0,45	57	0,80
121	12-Agu-18	12,68	13,34	24,06	0,45	58	0,33

122	10-Sep-18	8,13	8,72	15,49	0,19	36	0,41
123	10-Sep-18	8,23	8,82	15,67	0,19	37	0,02
124	10-Sep-18	8,32	8,99	15,99	0,20	37	0,28
125	10-Sep-18	8,40	9,00	15,99	0,20	37	1,09
126	10-Sep-18	8,69	9,45	16,84	0,22	39	1,12
127	10-Okt-18	11,08	12,00	26,53	0,33	52	2,25
128	08-Nov-18	7,98	9,02	17,29	0,19	37	2,56
129	08-Nov-18	7,86	9,24	17,72	0,20	37	3,63
130	08-Dec-18	10,92	11,82	26,15	0,32	51	2,20
131	08-Dec-18	11,26	12,03	26,61	0,33	53	1,40
132	08-Dec-18	11,28	12,30	27,15	0,35	53	3,39
133	08-Dec-18	11,42	12,43	27,45	0,35	54	3,14
134	08-Dec-18	12,07	12,69	28,09	0,37	57	0,21
135	06-Apr-19	11,19	11,95	24,77	0,33	49	0,08
136	06-Apr-19	11,26	12,03	24,95	0,33	50	0,41
137	06-Apr-19	11,41	12,17	25,27	0,34	50	0,12
138	06-Apr-19	11,35	12,17	25,26	0,34	50	1,19
139	06-Apr-19	11,36	12,17	25,25	0,34	50	1,04
140	06-Apr-19	11,70	12,58	26,17	0,36	52	1,72
141	06-Apr-19	11,87	12,69	26,41	0,37	52	1,13
142	06-Apr-19	11,99	12,76	26,58	0,37	53	0,39
143	04-Jun-19	11,00	11,77	23,49	0,34	53	0,29
144	04-Jun-19	11,10	11,89	23,72	0,34	53	0,82

145	04-Jun-19	11,41	12,27	24,43	0,37	55	1,57
146	04-Jun-19	12,02	12,84	25,52	0,40	57	1,20

Kolom pertama adalah nomor data, kolom kedua adalah tanggal pengamatan hilal dalam kalender masehi, kolom ketiga (*Alt*) adalah ketinggian hilal dinyatakan dalam derajat desimal, kolom keempat (*arc of light, ARCL*) adalah elongasi atau busur cahaya hilal-matahari dinyatakan dalam desimal derajat, kolom kelima (*Age*) adalah umur hilal dihitung sejak ijtimak dinyatakan dalam jam sedimal, kolom keenam (*W*) lebar cahaya hilal dinyatakan dalam menit busur, kolom ketujuh *lag* adalah interval waktu antara terbitnya bulan dan matahari, kolom kedelapan (*DAz*) beda azimut hilal-matahari dinyatakan dalam derajat desimal.

BAB IV

PENERAPAN DATA *IMAGE PROCESSING* BMKG UNTUK KRITERIA VISIBILITAS HILAL

A. Prosedur Pengolahan Citra Hilal BMKG

Dasar Pengambilan Citra dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu citra yang diambil dengan menggunakan modus gambar ataupun citra yang diambil menggunakan modus video. Sedangkan dalam tingkatan pengolahannya, maka pengolahan citra dapat dikategorikan dalam tiga kategori, yaitu pengolahan sederhana, agak kompleks dan pengolahan yang kompleks.¹

a. Pengolahan Sederhana

Kategori pengolahan sederhana ini adalah pengolahan yang digunakan dengan menggunakan modus video. Pada pengolahan ini hanya cukup menaikkan dan menurunkan kontras pada video, serta mengatur kecerlangan langit. Pengaturan- pengaturan tersebut telah terdapat pada *software* yang dapat kita aplikasikan dengan mudah.

b. Pengolahan Menengah

Kategori pengolahan yang “agak kompleks” ini merupakan kategori lanjutan atau pengembangan yang

¹ Wawancara dengan Rukman Nugraha (Peneliti Meteorologi dan Geofisika Muda BMKG Pusat), pada tanggal 21 Juni 2019, pukul 10.00 WIB. Di BMKG Pusat, Jakarta Pusat

dapat digunakan menggunakan sebuah *software kalibrator*. Citra yang diolah pada tahapan ini merupakan citra yang menggunakan modus gambar. Pada tahapan ini, terlebih dahulu memerlukan sebuah citra-citra mentah yang telah disajikan untuk diolah menggunakan *software kalibrator*. Citra-citra yang perlu di siapkan adalah²:

- Citra bias/*Offset*.

Citra bias adalah sebuah citra yang diambil sebelum dilakukannya sebuah pengamatan atau pengambilan citra “hilal” setara dengan menentukan titik nol untuk setiap piksel (bias atau offset).³ Citra bias ini berfungsi untuk melakukan kalibrasi pada kamera.

- Citra gelap/*Dark*

Citra *dark* “penghapusan sinyal termal yang dihasilkan pada sensor itu sendiri (disebut arus gelap atau bingkai gelap)”⁴ ini merupakan citra yang diambil untuk dapat mengurangi panas pada kamera yang dilakukan sebagai pengamatan. Citra *dark* ini harus diambil selama sesi pencitraan dengan pengaturan yang sama dengan gambar langit. Beberapa gambar gelap

² Wawancara dengan Whytia, pada tanggal 24 Juni 2019, pukul 11.30 WIB. Di BMKG Pusat, Jakarta Pusat

³ David Ratledge, *Digital*, h. 80.

⁴ David Ratledge, *Digital...*, h. 80

diperlukan untuk mengurangi panas pada detektor dan kemudian menghindari mencemari gambar langit.

- Citra medan datar/*flat*.

Pengambilan citra *flat* ini dapat dilakukan sebelum ataupun sesudah dilakukannya sebuah pengamatan, atau setelah diambilnya sebuah citra mentah “hilal”. Citra *flat* ini berfungsi sebagai penghilang jamur yang terdapat pada detektor “mencapai keseragaman piksel di seluruh bidang citra (disebut bidang datar)”.⁵

- Citra gelap untuk medan datar

Citra ini diambil sebelum pengamatan atau pengambilan citra “hilal”. Lalu diproses sehingga mendapatkan master bias, master *dark* dan master *flat*.

- Citra objek

Setelah pengamatan dilakukan preprocessing data (steeking) sehingga dapat diketahui ada atau tidak hilal pada sebuah citra objek.

c. Pengolahan Kompleks

Pada kateгоре pengolahan citra kompleks ini, maka tahap pada poin (a dan b) telah di lakukan, kemudian

⁵ David Ratledge, *Digital...*, h. 80

ditambah dengan analisis menggunakan analisis “*wavelet*, dan lain sebagainya.

Pengolahan citra yang dilakukan saat pengamatan atau pengambilan sebuah citra objek. Pada pengolahan ini terbagi menjadi dua kategori pengolahan, yaitu pengolahan sederhana dan kompleks. Kedua pengolahan tersebut digunakan pada pengamatan yang menggunakan modus video.

- a. Sederhana, pada tahap pengolahan ini hanya digunakan sebagai pengaturan kontras dan kecerlangan yang pengaturan-pengaturannya terdapat pada *software* video.
- b. Kompleks. Hal-hal yang perlu di perhatikan pada pemrosesan ini adalah mengambil citra medan datar (*flat*) yang kemudian di konvert menjadi master *flat*. Tahap selanjutnya menggunakan master *flat* sebagai kalibrasi video saat pengamatan. Tahap selanjutnya adalah menambahkan metode-metode analisis lain, seperti “*wavelet*, *stacking*, dan lain sebagainya”.

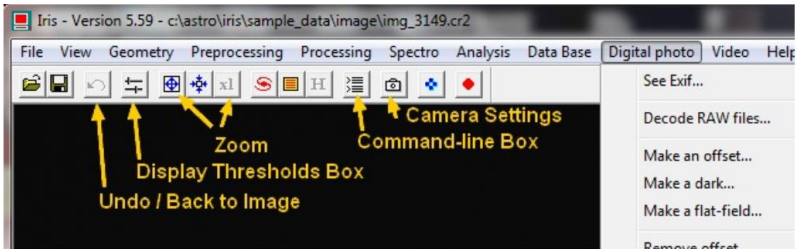
Yang digunakan di BMKG adalah pemrosesan pada kategori pertama “sederhana” dan ke-2 (dua), yaitu kategori “menengah”.

Pada kategori pertama dilakukan saat pengamatan secara langsung. Pada saat pengamatan, dapat di lakukan pengolahan

secara langsung. Pengolahan yang dilakukan saat pengamatan secara langsung tersebut memerlukan adanya 2 laptop yang digunakan sebagai kamera dan kalibrator.

Tehnik ini yang digunakan adalah pengamatan dengan modus vidio. Pada proses pengamatan hilal menggunakan bantuan laptop yang telah terhubung dengan kamera DSLR dala bentuk vidio, maka dapat pula dilakukan pemotretan pada kamera yang akan menghasilkan gambar-gambar yang kemudian akan diolah pada perangkat yang lain kemudian di olah menggunakan *software* yang telah di siapkan. Dengan tahapan-tahapan sebagai berikut⁶:

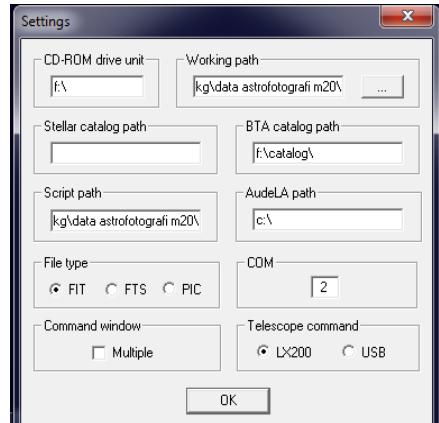
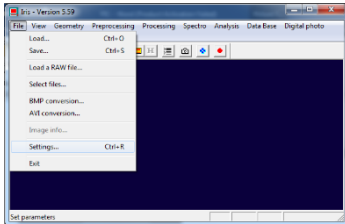
1. Buka *software* IRIS⁷



⁶ Wawancara dengan Whytia, pada tanggal 24 Juni 2019, pukul 12.00 WIB. Di BMKG Pusat, Jakarta Pusat

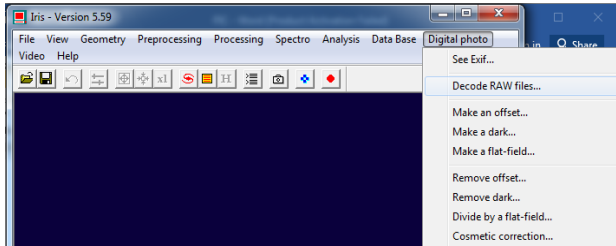
⁷ IRIS adalah sebuah perangkat lunak pengolahan gambar untuk astrophotography

2. Atur lembar kerja (folder untuk menyimpan hasil pemrosesan), dengan cara klik menu File → Settings.

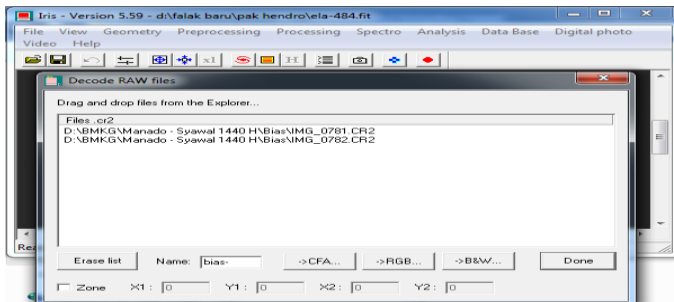


3. Memasukkan lembar kerja di “*working path*” , “*script path*”, merubah file *type* pada *type* FIT, lalu klik “ok” pada layar.
4. **Digital Photo** → Decode RAW files.

Perlu diperhatikan bahwa terdapat beberapa format gambar yang akan dihasilkan oleh kamera. Misal JPG, JPEG, CR2, PNG dan lain sebagainya. Sedangkan yang direkomendasikan dalam teknik *image processing* ini adalah gambar yang berformat CR2. Karena pengolahan yang dihasilkan menggunakan format ini lebih bagus daripada menggunakan format lainnya.



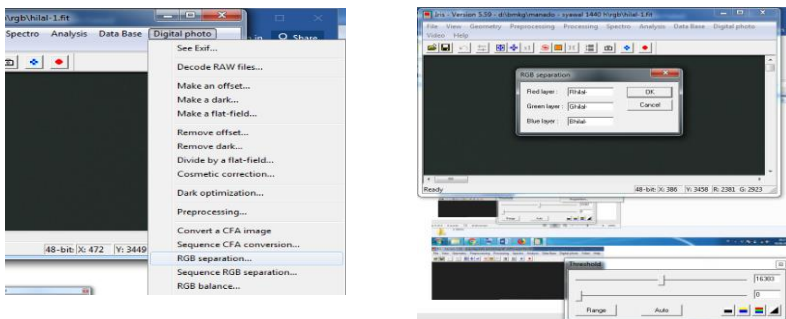
5. Untuk mengkonvert format CR2 ke dalam *type* .fit dengan skala “RGB” ,dengan cara menyortir folder file yang terdapat pada lembar kerja PC ke dalam **Decode RAW files** → **Name** (isikan dengan nama yang mudah untuk menjadi pembeda dengan file yang lainnya, misal “hilar-”). Pemrosesan pada tahap ini memerlukan beberapa waktu untuk mendapatkan hasilnya.



6. Kemudian klik skala “RGB” yang telah tersedia pada lembar kerja *tool bar*.

7. Langkah selanjutnya adalah memisahkan susunan warna yang ada di format tadi dengan membuka fitur **RGB separation**⁸ pada menu **Digital Photo**.

Susunan warna tersebut terdiri dari warna Red, Green dan Blue. Pada kolom *Red layer* kita dapat mengisinya dengan, misal “Rhilal_”. Pada kolom *Green layer* kita dapat mengisinya dengan, misal “Ghilal_”. Pada kolom Blue layer dapat diisi dengan, misal “Bhilal”, kemudian klik “Ok”. Berikan waktu beberapa detik untuk *software* memroses citra.



8. Pada *tool bar (Threshold)* tekan “Auto”, maka gambar yang sudah di proses melalui fitur RGB Separation secara otomatis diproses oleh *software* dan muncul gambar hasil image processing, atau dapat kita atur secara manual

⁸ Cara BMKG untuk mempertajam kontras mengacu/ berdasarkan teori *image perocessing* (penajaman kontras)

menggunakan tombol yang tersedia pada *tool bar* dengan menggeser ke kanan-kiri.

Kategori kedua yang digunakan BMKG untuk melakukan pengolahan citra adalah kategori “menengah”, yang menggunakan modus gambar. Dalam pemrosesan ini, dibutuhkan beberapa citra pendukung pengolahan selain dari citra mentah “hilal”, seperti citra *bias*, *citra dark* dan *citra flat*.

Citra-citra pendukung yang dibutuhkan:

- Citra bias/*Offset*.

Citra bias adalah sebuah citra yang diambil sebelum dilakukannya sebuah pengamatan atau pengambilan citra “hilal” setara dengan menentukan titik nol untuk setiap piksel (bias atau offset).⁹ Citra bias ini berfungsi untuk melakukan kalibrasi pada kamera.

- Citra gelap/*Dark*

Citra *dark* “penghapusan sinyal termal yang dihasilkan pada sensor itu sendiri (disebut arus gelap atau bingkai gelap)”¹⁰ ini merupakan citra yang diambil untuk dapat mengurangi panas pada kamera yang

⁹ David Ratledge, *Digital*, h. 80.

¹⁰ David Ratledge, *Digital....*, h. 80

dilakukan sebagai pengamatan. Citra *dark* ini harus diambil selama sesi pencitraan dengan pengaturan yang sama dengan gambar langit. Beberapa gambar gelap diperlukan untuk mengurangi panas pada detektor dan kemudian menghindari mencemari gambar langit.

- Citra medan datar/*flat*.

Pengambilan citra *flat* ini dapat dilakukan sebelum ataupun sesudah dilakukannya sebuah pengamatan, atau setelah diambilnya sebuah citra mentah “hial”. Citra *flat* ini berfungsi sebagai penghilang jamur yang terdapat pada detektor “mencapai keseragaman piksel di seluruh bidang citra (disebut bidang datar)”.¹¹

Pada tahap ini penyediaan prosedur langkah-demi langkah untuk pemrosesan gambar digital yang diperoleh dalam format mentah untuk menghasilkan besaran instrumental yang digunakan pada langkah berikutnya. Pemrosesan ini akan menyatukan sebuah citra bias, gelap dan bidang datar terhadap satu citra asli yang akan di perbaiki kualitas citranya agar lebih mudah di interpretasikan oleh mata pengamat. Langkah-langkah dalam penggunaan *software* ini sebagai berikut:

¹¹ David Ratledge, *Digital...*, h. 80

1. Menginstalasi IRIS
2. Memeriksa gambar mentah
3. Memuat dan mengkonversi gambar
4. Melakukan pengurangan Bias dan Gelap kemudian pembagian rata (Flat)
5. Menyelaraskan dan menumpuk gambar

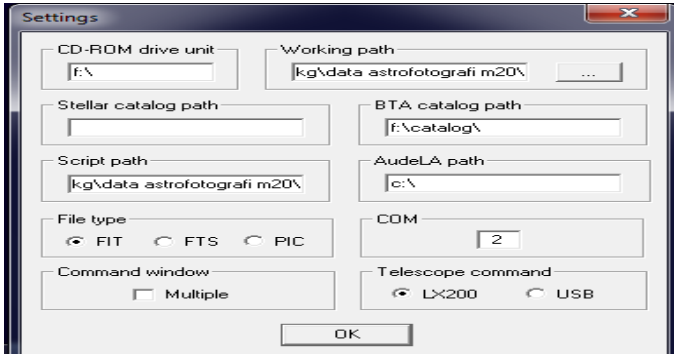
Dalam penggunaan aplikasi IRIS direkomendasikan untuk menggunakan versi IRIS terbaru 5.59, karena mengimplementasikan beberapa fitur baru yang membuatnya lebih mudah untuk memproses suatu gambar mentah. Sebagai catatan bahwa saat memproses serangkaian gambar, IRIS akan berhenti sebentar untuk membaca, mengubah, menghitung dan menyimpan gambar. Waktu yang dibutuhkan dalam setiap prosesnya memerlukan waktu kurang lebih 10 detik hingga menit pada setiap gambarnya. Hanya hasil akhir dari perhitungan ini yang akan ditampilkan sebagai gambar atau nilai saat ini di kotak keluaran.

Dengan langkah—langkah sebagai berikut¹²:

1. Buka *software* IRIS

¹² Wawancara dengan Rukman Nugraha (Peneliti Meteorologi dan Geofisika Muda BMKG Pusat), pada tanggal 21 Juni 2019, pukul 10.00 WIB. Di BMKG Pusat, Jakarta Pusat

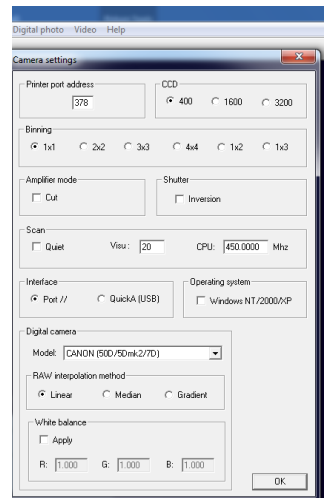
2. Atur lembar kerja (folder untuk menyimpan hasil pemrosesan), dengan cara klik menu File → Settings.



3. Memasukkan lembar kerja di “*working path*”, “*script path*”, merubah file *type* pada *type* FIT, lalu klik “ok” pada layar.

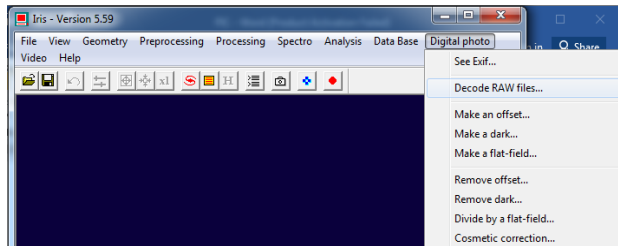
4. Lalu masuk ke **Camera Setting**.

Dalam proses ini yang perlu di perhatikan adalah CCD (pilih ke ukuran terkecil), Binning (pilih ukuran terkecil), model kamera yang digunakan saat pemotretan (tidak semua kamera terdaftar di IRIS, maka observer bisa memilih kamera yang sudah terdaftar di IRIS), dan RAW (pilih “linear”). Selain bagian-bagian yang disesuaikan tersebut, tidak perlu di ganti. Lalu klik “ok” pada layar.



5. **Digital Photo** → Decode RAW files.

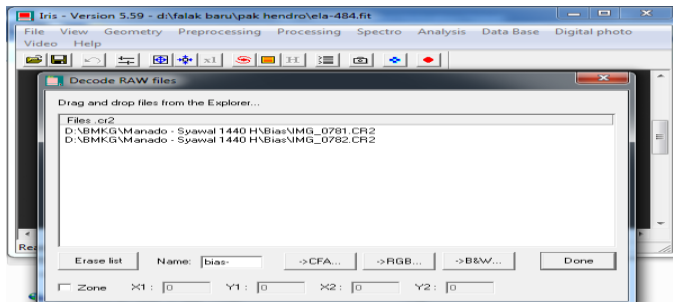
Perlu diperhatikan bahwa terdapat beber apa format gambar yang akan dihasilkan oleh kamera. Misal JPG, JPEG, CR2, PNG dan lain sebagainya. Sedangkan yang direkomendasikan dalam teknik *image processing* ini adalah gambar yang berformat CR2. Karena pengolahan yang dihasilkan menggunakan format ini lebih bagus daripada menggunakan format lainnya.



6. Untuk mengkonvert format CR2 ke dalam *type* .fit dengan skala “CFA”¹³, dengan cara menyortir folder file yang terdapat pada lembar kerja PC ke dalam **Decode RAW files** → **Name** (kemudian isi kolom *name* pada menu dengan nama yang akan kita simpan. Untuk mempermudah membedakan antara file satu dengan yang lainnya, nama yang disimpan sebaiknya menggunakan nama citra yang di maksud. Misal jika ingin menyimpan citra bias maka kita

mengisi kolom *name* dengan “bias-”, jika ingin menyimpan citra *dark* maka isi kolom dengan “*dark-*” begitu pula untuk citra *flat* dan citra “hilal”. Membutuhkan beberapa waktu untuk setiap pemrosesan konvert dari masing-masing citra.

Dalam semua kasus penomoran urutan file yang dihasilkan oleh IRIS, cara penomoran ini dilakukan tidak kompatibel dengan sebagian besar format kamera, namun tetap dimulai pada 1 untuk setiap urutan input atau output baru. Formatnya adalah ”file_name1, file_name10, file_name100...” tanpa memimpin nol. Jika seri file sudah ada di folder lembar kerja yang memiliki nama yang sama pada operasi baru, maka file yang ada yang terhapus oleh yang baru. Ini adalah alasan mengapa seri file kamera harus dimuat dengan proses konvert dari lembar kerja “Decode RAW files...”

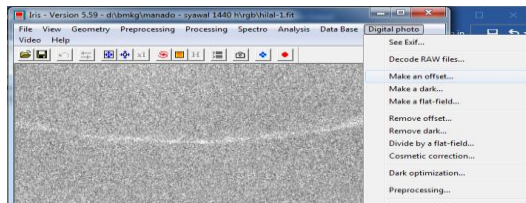


7. Kemudian klik skala “CFA” yang telah tersedia pada lembar kerja *tool bar* untuk menyimpan format citra yang

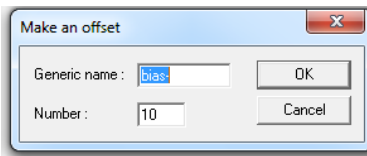
dikonvert, yang kemudian citra tersebut tersimpan di folder lembar kerja awal yang terdapat di PC.

8. **Digital Photo** → “*make an offset*”

Langkah selanjutnya adalah proses memasukan citra bias yang telah dirubah kedalam *type* .fit dengan skala “CFA” pada folder lembar kerja PC kedalam aplikasi IRIS.



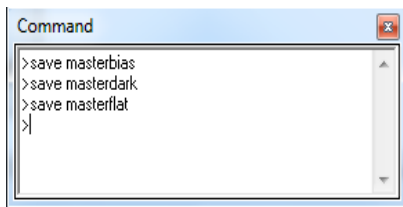
9. Maka akan muncul kolom kerja dan isi “*generic name*” dengan nama “bias” yang sudah tersimpan, misal “bias-”. Kemudian isi kolom *number* dengan jumlah bias yang tersimpan.



Sebagai catatan, citra yang dimasukan tidak boleh lebih ataupun kurang dari jumlah citra yang ada. Jika citra yang dimasukan tidak sesuai, contoh apabila jumlah bias 2 sedangkan yang dimasukan ke kolom *number* kurang atau

lebih dari 2 maka aplikasi tidak dapat memrosesnya atau muncul tanda *error*.

10. Lalu klik “Ok”. Maka *software* akan memerlukan waktu beberapa detik untuk pemrosesannya.
11. Tahap berikutnya klik menu “*command*”¹⁴ pada menu *tool bar* untuk menyimpan “master bias”, hal ini juga berlaku pada pemrosesan citra-citra yang lainnya (*dark, flat, citra hilal*). Cara menyimpan pada kolom “*command*” adalah mengetik dengan nama “>*save masterbias*”, “>*save masterdark*”, “>*save masterflat*”.¹⁵



Perintah harus diketik setelah prompt “>” di *command Box* ketika IRIS menampilkan prompt itu (jika bukan berarti IRIS sedang menghitung dan belum tersedia).

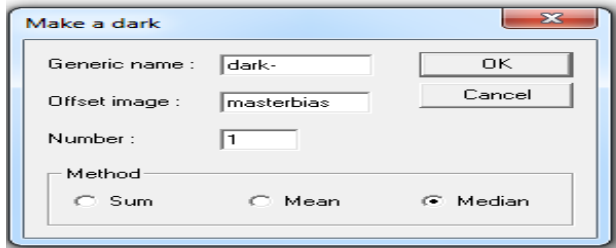
Penyatuan “masterbias” ini adalah dimaksudkan untuk merata-ratakan sebuah besaran gambar.

¹⁴ Cara BMKG untuk mengurangi noise mengacu pada Teori *image processing* yaitu pengurangan noise

¹⁵ Wawancara dengan Whytia, pada tanggal 25 Juni 2019, pukul 09.00 WIB. Di BMKG Pusat, Jakarta Pusat

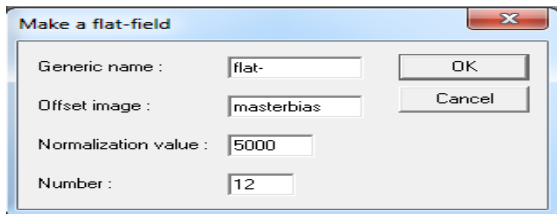
12. *Digital Photo* → *make a dark*

Untuk memproses citra *dark* adalah memasukan citra *dark* yang telah dirubah kedalam *type* .fit dengan skala “CFA” pada folder lembar kerja PC kedalam aplikasi IRIS.



Digital Photo → *make a flat-field*

Untuk memproses citra *flat* adalah memasukan citra *flat* yang telah dirubah kedalam *type* .fit dengan skala “CFA” pada folder lembar kerja PC kedalam aplikasi IRIS.

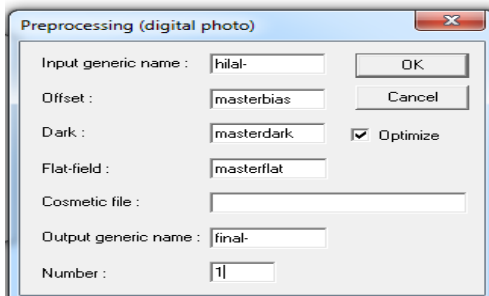


Setiap langkah yang dilakukan selanjutnya sama seperti langkah pada no 9, 10, 11. Namun ada perbedaan antara citra bias dengan citra yang lainnya, pada pemrosesan citra *dark* dan *flat* akan terdapat tambahan kolom, yaitu “*Offset image*”, maka pada kolom “*Offset image*” tersebut

kita isi dengan mengetik “master bias”. Sebagai catatan, apabila kita akan mengisi kolom tersebut, maka kita perlu mengetiknya tanpa menambahkan spasi di antara kalimas, misal “*masterbias*”, karena apabila kita menggunakan spasi dalam pengetikannya maka *shofwere* tidak akan menyimpannya.

13. Langkah selanjutnya adalah “**Preprocessing**” pada menu “**Digital Photo**”. Namun sebelum melakukan tahap **preprocessing**, terlebih dahulu kita harus mencover dimana perkiraan letak citra “hilal” tersebut berada.
14. Pada menu **preprocessing** ini akan menampilkan beberapa kolom perintah untuk di isi, diantaranya adalah kolom “*input generic name*” yang perlu di isi dengan citra “hilal” yang telah tersimpan pada folder lembar kerja PC dengan file *type* .fit dengan skala “CFA”, misal “hilal-”. Pada kolom selanjutnya yaitu perintah untuk memasukan master bias “*Offset*” dan kita perlu mengetik pada kolom yang telah tersedia dengan “masterbias”. Kolom selanjutnya terdapat perintah untuk memasukan master dark “*Dark*” dan kita hanya perlu untuk mengetik pada kolom yang tersedia dengan “masterdark”, sama halnya pada kolom “*flat-field*” yang memberikan perintah untuk memasukan master flat pada kolom yang telah tersedia “masterflat”. Selanjutnya pada kolom “*Output generic nama*”, kita dapat mengisinya

sesuai dengan nama yang kita inginkan pada hasil akhir pengolahan tersebut, misal “final-”. Kolom terakhir yang perlu di perhatikan pada lembar kerja ini adalah kolom “*number*”. Pada kolom number kita hanya perlu mengisi dengan berapa banyak jumlah citra yang terdapat pada “*input geberic name*” pada folder lembar kerja yang terdalam dalam PC tanpa melebihi ataupun mengurangnya.



15. Kemudian klik “Ok”

16. Setelah tahap 13 dan 14 selesai di lakukan, kita perlu menekan tombol “*Auto*” yang terdapat pada *Threshold*, ataupun dapat mengaturnya secara manual dengan menaikkan turunkan kontras dengan cara menggeser ke kanan-ke kiri tombol yang tersedia pada menu *Throshold*..

17. Maka pemrosesan telah selesai dilakukan.

Perlu diingat bahwa dalam pemrosesannya, gambar yang akan diproses ke dalam *software* IRIS ini merupakan 1 (satu) paket pemotretan yang terdiri dari citra *bias*, *dark*, *flat* dan gambar citra

mentah “hilal”. Karena apabila salah satu dari citra itu tidak ada atau merupakan penggabungan dari beberapa citra, maka pemrosesan akan mengalami “eror”.¹⁶

B. Pembentukan Kriteria Visibilitas Hilal

Saat ini, banyak dijumpai beragam kriteria kenampakan atau visibilitas hilal, namun belum ada kriteria yang disepakati secara nasional. Berdasarkan hal tersebut, untuk menyatukan kriteria-kriteria visibilitas hilal yang telah ada saat ini, diperlukannya basis ilmiah yang kuat. Moh. Ilyas berpendapat bahwa basis ilmiah yang kuat dapat didekati menggunakan dua pendekatan, yang salah satunya adalah dengan dilakukannya pengamatan hilal secara berkesinambungan untuk kemudian dianalisis secara sistematis.¹⁷

Pembentukan kriteria visibilitas hilal ini dilakukan berdasarkan oleh batas-batas minimum dari hubungan dua variabel-variabel hilal yang mana jika dibuat suatu fungsi atau persamaan, fungsi tersebut akan melewati titik-titik terluar (*outlier*) dari berbagai data. Dalam menentukan variabel mana saja yang dapat dibuat kriteria visibilitas hilal, penulis melakukan pembentukan kriteria visibilitas hilal berdasarkan hubungan faktor-

¹⁶ Wawancara dengan Whytia, pada tanggal 25 Juni 2019, pukul 09.15 WIB. Di BMKG Pusat, Jakarta Pusat

¹⁷ Moh. Ilyas, *A Modern Guide to Astronomical Calculation of Islamic Calender, Times and Qibla*. (Kuala Lumpur: Berita, 1984)

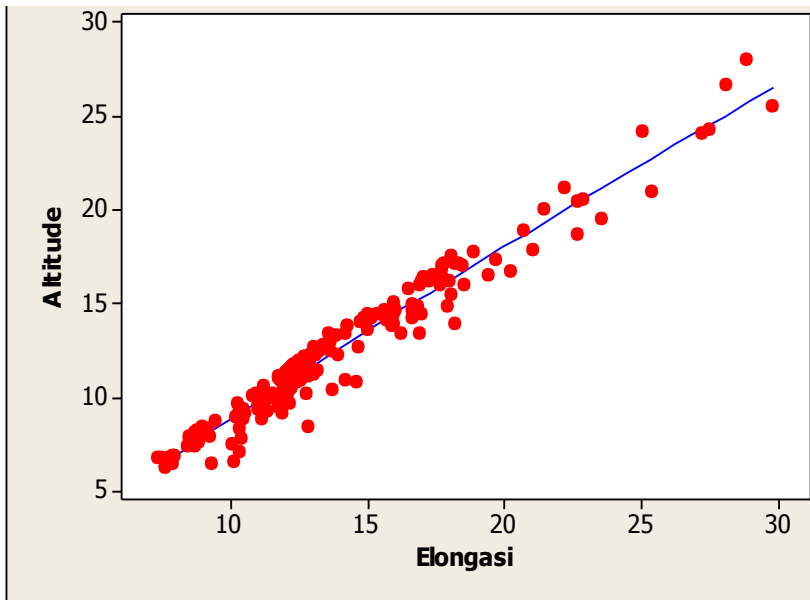
faktor yang dapat mendukung visibilitas secara umum yakni parameter fisis bulan (berkaitan dengan posisi hilal dan matahari, seperti ketinggian hilal, elongasi dan umur hilal). Formulasi kriteria visibilitas hilal yang penulis angkat disini terdiri dari variabel sebagai berikut; *altitude* dan elongasi (*ARCL*), umur hilal (*Age*), selisih azimut (*DAz*), lebar hilal (*W*), *lag* ketika matahari terbenam.

Dalam menentukan kurva batas minimum kriteria visibilitas hilal, terlebih dahulu menentukan titik-titik terluar (*outlier*) dari sekumpulan data pada hubungan antar dua variabel, sehingga data-data yang lain berada di dalam lingkup kurva yang melewati titik-titik terluar tersebut. Grafik ini dibuat dengan Minitab

Tabel 4.1 Ringkasan Pemodelan Regresi antara Tinggi Hilal dengan Elongasi

R	R Square	R Square Adjusted
0,822717	.954%	.953%

Berdasarkan dari koefisiensi nilai adjustes square (R-Sq(adj) = 95,3%) yang diperoleh dari hubungan dua variabel yaitu *altitude* dan elongasi, menunjukkan bahwa kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varianc variabel terikatnya cukup baik atau secara keseluruhan dapat diterangkan oleh X, yaitu 95,3%.



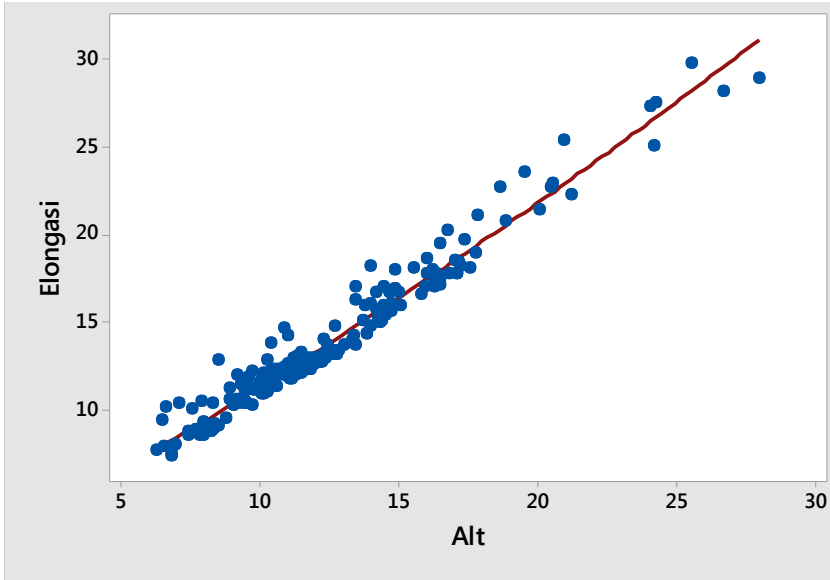
Gambar 4.1 Grafik sebaran Tinggi Hilal terhadap Elongasi
 Tinggi Hilal-Elongasi membentuk persamaan sejajar, dimana semakin tinggi (tinggi hilal) maka semakin lebar elongasi.

Tabel 4.2 Ringkasan Pemodelan Regresi antara Elongasi dan Tinggi Hilal

S	R-sq	R-sq(adj)
0,871150	95,52%	95,48%

Berdasarkan dari koefisiensi nilai adjustes square (R-Sq(adj) = 95,48%) yang diperoleh dari hubungan dua variabel yaitu *altitude* dan elongasi, menunjukkan bahwa kemampuan variabel

bebas dalam menjelaskan varian variabel terikatnya cukup baik atau secara keseluruhan dapat diterangkan oleh X, yaitu 95,48%.



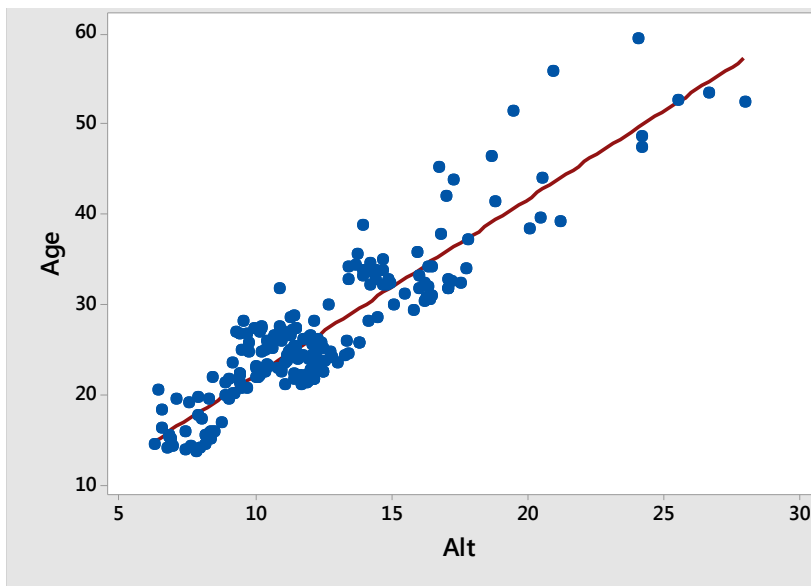
Tabel 4.2 Grafik sebaran Elongasi terhadap Tinggi Hilal

Elongasi-Tinggi Hilal membentuk persamaan sejajar, dimana semakin lebar nilai elongasi maka nilai altitude juga akan semakin tinggi.

Tabel 4.3 Ringkasan Pemodelan regresi antara umur hilal dengan tinggi hilal.

S	R-sq	R-sq(adj)
3,44301	82,46%	82,38%

Berdasarkan dari koefisiensi nilai adjustes square ($R\text{-Sq}(\text{adj}) = 82,38\%$) yang diperoleh dari hubungan dua variabel yaitu *altitude* dan umur hilal, menunjukkan bahwa kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varianc variabel terikatnya cukup baik.



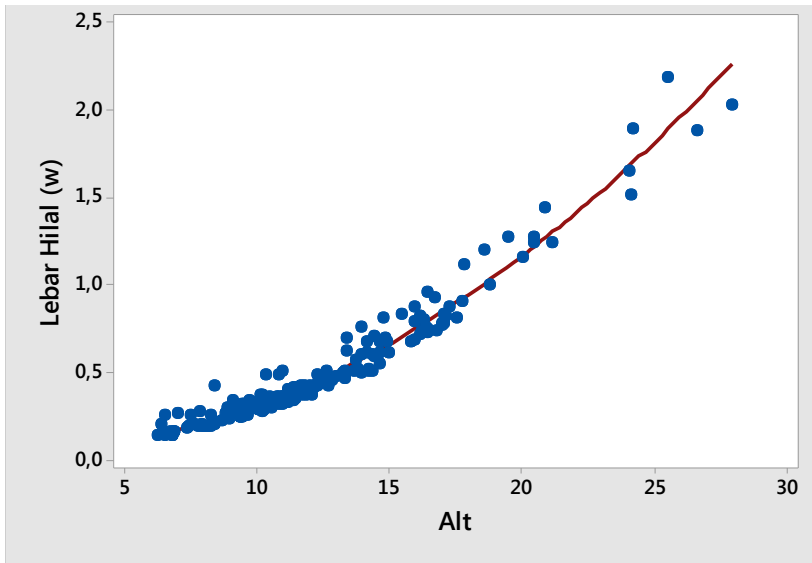
Gambar 4.3 Grafik sebaran Umur Hilal (Age) terhadap Tinggi Hilal

Umur Hilal-Tinggi Hilal membentuk persamaan sejajar, dimana semakin besar umur hilal maka semakin tinggi nilai *altitude*.

Tabel 4.4 Ringkasan Pemodelan regresi antara Lebar Hilal (W) dengan tinggi hilal

S	R-sq	R-sq(adj)
0,0979404	91,62%	91,58%

Berdasarkan dari koefisiensi nilai adjustes square (R-Sq(adj) = 91,58 %) yang diperoleh dari hubungan dua variabel yaitu *altitude* dan umur hilal, menunjukkan bahwa kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varianc variabel terikatnya sangat baik atau dapat dijelaskan secara keseluruhan.



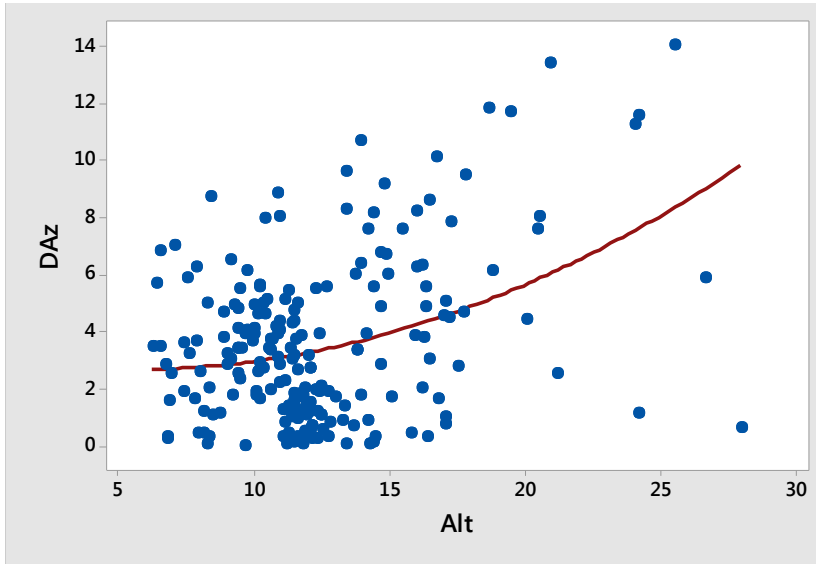
Gambar 4.4 Grafik Sebaran Lebar Hilal (W) terhadap Tinggi Hilal

Lebar Hilal-Tinggi Hilal membentuk persamaan sejajar, dimana semakin besar nilai lebar hilal maka semakin tinggi nilai *altitude* yang diperoleh.

Tabel 4.5 Ringkasan Pemodelan regresi antara tinggi hilal dengan Beda Azimut (DAz)

S	R-sq	R-sq(adj)
2,67343	13,97%	13,15%

Berdasarkan dari koefisiensi nilai adjustes square (R-Sq(adj) = 13,15 %) yang diperoleh dari hubungan dua variabel yaitu *altitude* dan umur hilal, menunjukkan bahwa kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varianc variabel terikatnya sangat kurang dalam menjelaskan *Y*.



Gambar 4.5 Grafik Sebaran beda azimut (DAz) terhadap *Altitude*

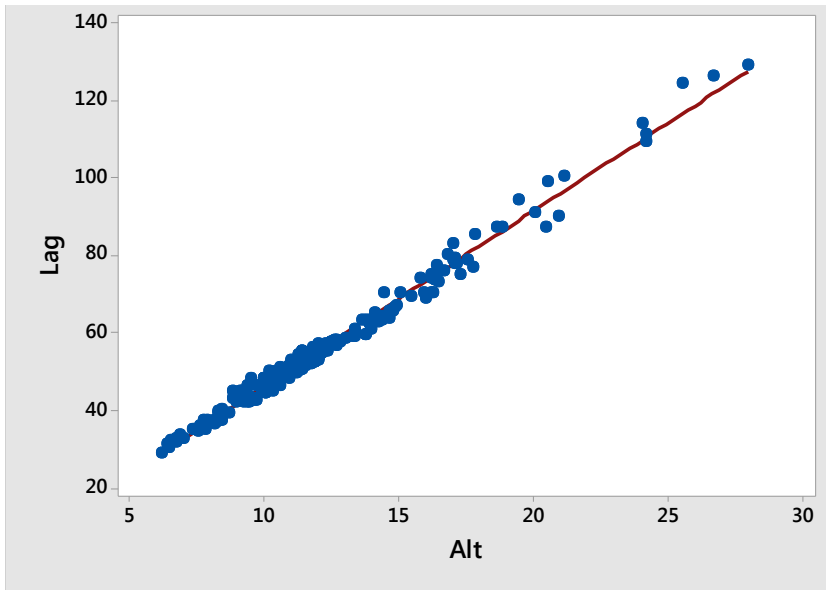
Beda Azimut-Tinggi Hilal membentuk persamaan sejajar, dimana semakin tinggi nilai beda azimut maka semakin tinggi nilai *altitude* yang diperoleh.

Tabel 4.6 Ringkasan Pemodelan regresi antara tinggi hilal dengan Lag

S	R-sq	R-sq(adj)
2,03298	98,64%	98,63%

Berdasarkan dari koefisiensi nilai adjustes square ($R-Sq(adj) = 98,63\%$) yang diperoleh dari hubungan dua variabel yaitu *altitude* dan umur hilal, menunjukkan bahwa kemampuan variabel

bebas dalam menjelaskan varianc variabel terikatnya cukup baik, namun terdapat beberapa data *outlier* yang dijelaskan dalam grafik.



Gambar 4.6 Grafik Sebaran *Lag Time* terhadap *Altitude*

Lag Time-Tinggi Hilal membentuk persamaan sejajar, dimana semakin tinggi nilai *lag time* maka semakin tinggi pula nilai *altitude*.

Berdasarkan analisis data ketampakan hilal BMKG dalam pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa; melihat signifikansi hubungan variabel visibilitas hilal, kriteria visibilitas hilal dibentuk dari parameter *altitude* dan elongasi, umur hilal, selisih azimut, lebar hilal, *lag* ketika matahari terbenam. Ada enam persamaan yang dibentuk dari variabel tersebut, yakni $h \geq -$

$0,003146 ARCL^2 + 1,015 ARCL - 0,987^o$ memiliki nilai minimum pada 6,2204958 untuk *altitude*. Persamaan *altitude* – Elongasi dengan membentuk pola **$Elongasi = 2,165 + 0,8507 Alt + 0,006666 Alt^2$** adalah 7,7146 untuk elongasi. Persamaan *altitude*-Umur Hilal dengan membentuk pola **$Age = 2,694 + 1,954 Alt$** adalah 14,8486 untuk umur hilal. Persamaan *altitude*-Lebar Hilal dengan membentuk pola **$Lebar Hilal (w) = 0,04544 - 0,003427 Alt + 0,002961 Alt^2$** adalah 0,1386 untuk lebar Hilal. Persamaan *altitude*-Lag Time dengan membentuk pola **$Lag = 0,6507 + 4,532 Alt$** adalah 28,8415 untuk Lag Time . persamaan *altitude*-Beda Azimut (*DAz*) dengan membentuk pola **$DAz = 3,109 - 0,1578 Alt + 0,01424 Alt^2$** adalah 2,6784 untuk beda azimut .

Melihat hubungan dari masing-masing parameter, maka dapat ditarik kesimpulan sebuah kriteria sebagai berikut: Dengan diperolehnya nilai minimum dari Tinggi Hilal (*Alt*) yaitu $6^o13'13.78''$ maka dapat dipersamakan dengan nilai Elongasi (*ARCL*) $7^o 42' 52.65$, dengan Umur Hilal (*Age*) $14^j 50' 55,18''$, dengan Lebar Hilal (*W*) $0^o 8' 19,3''$, dan *Lag Time* $28' 50''$ serta bea Azimut (*DAz*) $2^o 40' 42,29''$.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan beberapa pembahasan yang telah dijelaskan di atas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Prosedur pengolahan citra (*image processing*) yang telah diterapkan oleh BMKG dalam tehnik pengembangan untuk pengamatan hilal menurut peneliti telah cukup memadai, namun masih dibutuhkannya tehnik pengembangan pada tingkat lanjutan (kompleks) agar dapat diperoleh hasil yang maksimal dalam pemrosesan citra hilal, karena sejauh ini BMKG masih sampai pada pengolahan citra dengan tingkat menengah. Dengan adanya tehnik *image processing* yang dikembangkan BMKG ini, mampu membantu mata untuk dapat menginterpretasikan citra hilal dengan lebih mudah, yang pada awalnya tidak dapat terlihat hanya dengan menggunakan tehnik astrofotografi saja, akan tetapi dengan adanya pengolahan citra (*image processing*) tingkat lanjutan ini dapan menjadikan citra hilal lebih mudah untuk diinterpretasi.
2. Pembentukan kriteria visibilitas hilal selama ini, khususnya di Indonesia didasarkan pada beberapa parameter fisis bulan (Tinggi hilal, *ARCL*, umur, *Daz*, Lebar Hilal, *Lag Time*). Dari

data-data pengamatan hilal BMKG yang berhasil terlihat sejak awal dilakukanya pengamatan dengan tehnik astrofotografi yaitu tahun 2008 hingga saat ini (juni 2019) dengan jumlah data 211 pengamatan terlihat, melihat signifikansi hubungan variabel visibilitas hilal, kriteria visibilitas hilal yang terbentuk dari parameter tersebut adalah sebagai berikut: Tinggi Hilal (*Alt*) yaitu $6^{\circ}13'13.78''$ maka dapat dipersamakan dengan nilai Elongasi (*ARCL*) $7^{\circ}42'52.65$, dengan Umur Hilal (*Age*) $14^{\circ}50'55.18''$, dengan Lebar Hilal (*W*) $0^{\circ}8'19.3''$, dan *Lag Time* $28'50''$ serta bea Azimut (*DAz*) $2^{\circ}40'42.29''$. Kriteria ini bersifat dinamis, yang dapat berubah sewaktu-waktu sesuai dengan hasil pengamatan lanjutan dan tehnik *image processing* lanjutan yang akan lebih di kembangkan lagi.

B. Saran

1. Kepada pemegang otoritas (KEMENAG), diharapkan dapat membuka diri terhadap perkembangan dunia ilmu pengetahuan, terutama yang terkait dengan hasil-hasil penelitian kriteria visibilitas hilal dan bersedia mengambil kriteria yang lebih valid secara keilmuan. Dengan mengambil kriteria yang memiliki landasan ilmiah kokoh, diharapkan dapat tercapai keseragaman antara Pemerintah dan oeganisasi Islam dalam hal penetapan awal bulan kamariah.

2. Untuk penelitian lanjutan, diharapkan para mahasiswa ataupun peneliti lebih kreatif dalam mengambil topik pengembangan ilmu falak, tidak hanya bergantung atau meminta data-data yang telah disediakan oleh instansi terkait.
3. Perlu adanya data yang valid, terkait tehnik *image processing* dari awal pemrosesan hingga analisisnya.
4. Dikarenakan kurangnya keterbukaan sebuah data dari instansi, maka diharapkan peneliti lebih kreatif untuk dapat mencari pengembangan dari problem penelitiannya, khususnya terkait pengolahan citra yang masih perlu adanya kajian mendalam mengenai tehnik-tehnik dan penerapannya.

DAFTAR PUSTAKA

Sumber Buku

- Depag RI, *Al-Quran dan Terjemahnya*, (Semarang : CV. Toha Putra, 1989).
- al-Baidhawi, Nasiruddin Abu Sa'id Abdillah Ibn Umar Ibn Muhammad al-Syairazi. *Anwar al-Tanzil wa Asraru al-Takwil al-Ma'ruf bi Tafsir al Baidhawi*. Mauqi' al-Tafasir. tt.
- al-Jazair, Abu Bakr, *Aisar al-Tafasir*, juz 1
- al-Mughiroh, Muhammad bin Ismail bin Ibrahim bin, *al-Jami' al-Shahih al-Musnad min Hadits Rasulillah SAW al-Syahir Shahih Bukhari*, tp. Tt.
- al-Naisaburi, Muslim bin al-Hajjaj Abu al-Hasan al-Qusyairy, *al-Jami' al-Shahih al-Musamma Shahih Muslim*. tp. 1992
- al-Nawawi, Abu Zakariya Muhyi al-Din Yahya Ibn Syarif. *Al-Majmu' Syarh al-Muhadzdzab*. (Mauqi' Ya'sub, tt). juz 6.
- al-Nawawi, Al-Imam al-Hafidz Muhyi al-Din Abu Zakariya Ibn Yahya Ibn Syarif Ibn Hurry. *al-Minhaj fi Syarh Shahih Muslim Ibn al-Hajjaj*. (Riyadh : Baitul Afkar al-Dauliyah. Tt)
- al-Qalyubi, Syihabuddin. *Hasyiah al-Minhaj al-Thalibin*, (Kairo: Mustafa al-Bab al-Halabi, 1956). Juz 3
- al-Suyuthy, Jalaluddin Muhammad Ibn Ahmad al-Mahally dan Jalaluddin Abdurrahman Ibn Abi Bakr. *Tafsir al-Jalalain*. Mauqi' al-Islam. Tt
- al-Syaukani, Muhammad Ibn 'Ali Ibn Muhammad, *Fathu al-Qadir al-Jami' baina Fanni al-Riwayat wa al-Dirayat min 'Ilm al-Tafsir*. Mauqi' alTafsir. tt.

Amin, Ma'aruf, *Rukyat dengan Teknologi*, (Jakarta: Gema Insani Press, 1994).

Azhari, Susiknan, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, (Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2012).

Bashori, Muhammad Hadi, *Penanggalan Islam*. (Jakarta : Penerbit PT Elex Media Komputindo, 2013).

Berry, Richard & James Burnell, *The Handbook of Astronomical Image Processing*, (USA: Willmann-Bell, 2005), PDF e-book

Djamaluddin, Thomas, *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Ummat*. (Bandung : Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). 2011).

_____, *Menggagas Fiqih Astronomi: Telaah Hisab Rukyah dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, (Bandung: Penerbit Kaki Langit, 2005)

Fatoohi, Louay J., dll. *The Babylonian First Visibility of The Lunar Crescent: Data and Criterion*, NASA Astrophysics Data System. 1999

Hidayatullah, Priyanto, *Pengolahan Citra Digital; Teori dan Aplikasi Nyata*, (Bandung: Informatika Bandung, 2005).

Ilyas, Mohammad., *A Modern Guide to Astronomical Calculation of Islamic Calender, Times and Qibla*. (Kuala Lumpur: Berita, 1984)

_____, *Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calendar*. NASA Astrophysics Data System, Vol.35.

Izzuddin, Ahmad, *Fiqih Hisab Rukyah : Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri dan Idul Adha*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2007).

Junaidi, Ahmad, *Astrofotografi dalam Ru'yatul Hilal*, (Ponorogo: STAIN po press, 2016).

- Kadir, A., *Cara Mutakhir menentukan Awal Ramadhan, Syawal dan Zulhijah Perspektif Al-Qur'an, Sunnah, dan Sains*, (Semarang : Fatwa Publishing, 2004)
- Khallaf, 'Abdu al-Wahhab *Ilmu Usul al-Fiqh*, (Indonesia: Haramain, 2004)
- Khazin, Muhyiddin, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta : Buana Pustaka, 2005)
- Kier, Ruben, *The 100 Best Targets for Astrophotography*, (New York: Springer, 2009), PDF e-book
- McLean, Ian S., *Electronic Imaging in Astronomy; Detectors and Instrumentation*, (California: Springer, 2008), PDF e-book
- Musfiqon & Nurdyansyah, *Pendekatan Pembelajaran Saintifik*, (Sidoarjo: Nizamia Learning Center, 2015).
- Nawawi, Hadari & Mimi Martini, *Penelitian Terapan*, (Yogyakarta: Gajahmada University, 1994).
- Neolaka, Amos, *Metode Penelitian dan Statistika*, (Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2014).
- Privett, Grant, *Creating and Enhancing digital Astri Images* (London: Spinger-Verlag, 2007).
- Qaradhawi, Yusuf al, *Hisab Bulan Kamariah, Tinjauan Syar'i Tentang Penetapan Awal Ramadhan, Syawal dan Dzulhijjah*, (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2009).
- Qardhawi, Yusuf, *Tafsir al-Fiqh fi Dhau' al-Qur'an wa al-Sunnah (Fiqh al-Shiyam)*. (Beirut : Muassisah al-Risalah, 1993).
- Qulub, Siti Tatmainul, *Ilmu Falak; dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi*, (Depok: PT Rajagrafindo Persada, 2017),
- Ratledge, David, *Digital Astrophotography; the State of the Art*, (London: Springer 2005), PDF e-book

- Reeves, Robert, *Introduction to Digital Astrophotography; Imaging the Universe with a Digital Camera*, (New York: Congress Cataloging, 2005), PDF e-book
- Ruskanda, S. Farid, *100 masalah hisab dan rukyat: telaah syariah, sains dan teknologi*, (Jakarta: Gema Insani Pres, 1996).
- Stuart, Adam M., M.D, *CCD Astrophotography: High Quality Imaging from the Suburbs*, (Florida: Springer, 2006), PDF e-book
- Sugiono, *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method)*, (Bandung: Alfabeta, 2012).
- _____, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, (Bandung: Alfabeta, 2006).
- _____, *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*, (Bandung: Alfabeta, 2010).
- _____, *Statistika Untuk Penelitian*, (Bandung: Alfabeta: 2010)
- Syarwani, *Hasyiah Syarwani*. (Kairo:Beirut, tt). juz 3
- Tanzeh, Ahmad, *Metodologi Penelitian Praktis*, (Yogyakarta: Teras, 2011).
- Walpole, Ronald E., *Pengantar Statistika*, (Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1993)
- Yusuf, Muri, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan Penelitian Gabungan*, (Jakarta : Kencana. 2017).

Sumber Jurnal Ilmiah

- Amri, Rupi“i, “Upaya Penyatuan Kalender Islam di Indonesia (Studi atas Pemikiran Thomas Djamaluddin)”, *Jurnal Ishraqi*, vol. 10, no. 1, Juni 2012.

- Arkanuddin, Mutoha & Muh. Ma'arufin Sudibyo, "Kriteria Visibilitas Hilal, Rukyatu Hilal Indonesia (RHI) (Konsep, Kriteria dan Implementasi)" *jurnal Al-Marshad*, Vol. 1, No. 1 2015.
- Arsiati, *Penerapan* "Masalah Mursalah Dalam Isu-Isu Kontemporer", *jurnal Madania*, Vol. 19, No. 1, juni 2015.
- Aslaksen, Helmer, "The Mathematics of the Chinese Calendar", *Department of Mathematics National University of Singapore*, 2010.
- Djamaluddin, Thomas, "Visibilitas Hilal di Indonesia" *Warta LAPAN*, Vol. 2, No. 4, Oktober 2000.
- Fatoohi, Louay J., dll. "The Danjon Limit of First Visibility of The Lunar Crescent", *The Observatory*, Volume 118, 1998
- Hoffman, R.E. "Observing the New Moon". *Mon. Not. R. Astron.* 2003, 340: 1039-1051
- Izzuddin, Ahmad, "Dinamika Hisab Rukyatu di Indonesia" *Jurnal Istimbath*, Vol. 12, No. 2, November 2015.
- King, David A., "Frans Bruin" *Journal for The History of Astronomy*, Vol.33, Part 2, No.111, 2002
- _____, "Some Early Islamic Tables for Determining Lunar Crescent Visibility", *Annals of The New York Academy of Sciences*, 1987
- Laney, John AR Caldwell dan C David, "First Visibility of the Lunar Crescent". *Astronomical Society of Southern Africa*. 2001.
- Mustaqim, Riza Afrian, "Pandangan Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi di BMKG Untuk Rukyatu Hilal", *Jurnal Al-Marshad*. Vol. 4, No. 1, 2018

- Odeh, Mohammad SH., "New Criterion for Lunar Crescent Visibility", *Experimental Astronomy*, 18:39-64, 2004
- Salimi, Muchtar, "Visibilitas Hilal Minimum Studi Komparatif antara Kriteria Depag RI da Astronomi", *Jurnal Humaniora*, Vol. 6, No. 1, 2005.
- Sari, Ike Mardiya, dkk, "Implementasi Circular Hough Transform untuk Deteksi Kemunculan Bulan Sabit", *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 1, no. 1, 2012.
- Solinsky, Herb, "Historical Departure from the Biblical Calendar". *Document of The Biblical Calendar Resarcher*. Agustus 2016
- Sudibyoy, Muh. Ma'rufin, "Observasi Hilal di Indonesia dan Signifikansinya dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Hilal". *Jurnal LP2IFRHI*. Volume 24, Nomer 1
- Suhardiman, "Kriteria Visibilitas Hilal dalam Penetapan Awal Bulan Kamariah di Indonesia". *Jurnal Khatulistiwa*. Vol. 3. No.1.
- Vahia, Sudha Bhujle dan M.N., "Calculation of Thithis, An Extension of Surya Sidhanta Formulation", *Annalas of Bhandarkar Oriental Research Institute*, 2006.
- Yallop, BD, A "Method for Predicting the First Sighting of the New Crescent Moon". *NAO Technical Note* No.69, 1997
- Zainal, "A Selective Literature Review of Young Moon Crescent Visibility Studies". *ICOP*

Website

http://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Sufi_BEA.htm

<http://www.bmkg.go.id/profil/?p=sejarah>

<http://www.oxforddnb.com/view/10.1093/ref:odnb/9780198614128.001.0001/odnb-9780198614128-e-33220>

https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Habash_al-Hasib_BEA.htm

https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Ibn_Sina_BEA.htm

https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Thabit_ibn_Qurra_BEA.htm

https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Yaqub_ibn_Tariq_BEA.htm

<https://www.britannica.com/biography/al-Kashi>

<https://www.britannica.com/biography/AndreLouis-Danjon>

<https://www.britannica.com/place/Sun/Solaractivity#ref1027849>

https://www.jstor.org/stable/25138755?seq=1#page_scan_tab_contents

Wawancara

Interview dengan Dr. Suaidi Ahadi, ST, MT (Kepala Sub Bidang Analisis Geofisika Potensial dan Tanda Waktu BMKG Pusat).

Interview dengan Rukman Nugraha (Peneliti Meteorologi dan Geofisika Muda BMKG Pusat)

Interview dengan Whytia Shabrina Fitmawyani, S.Si (Operator Pusat Seismologi Tehnik, Geofisikan Potensial dan Tanda Waktu).

Sumber Lain

Djamaluddin, Thomas, disampaikan dalam Seminar Nasional “*Uji Kelayakan Mata Untuk Rukyatul Hilal*” di UIN Walisongo Semarang, 18 Desember 2018.

Herdiwijaya, Dhani, “*Prosedur Sederhana Pengolahan Citra untuk Pengamatan Hilal*”, (Makalah Seminar Nasional Hilal 2009, Lembang: Observatorium Bosscha, 19 Desember 2009).

Mustaqim, Riza Afrian, *Image Processing Pada Astrofotografi di BMKG Pada Rukyatul Hilal* (Tesis Pascasarjana Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang 2018).

Undang-undang RI No 31 Tahun 2009 Tentang Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika yang terdiri dari 17 BAB dan 105 Pasal.

RIWAYAR HIDUP

A. Identits Diri

- 1. Nama Lengkap : Siti Lailatul Mukarromah
- 2. Tempat & Tgl. Lahir : Laantula Jaya, 11 Maret 1995
- 3. Alama Rumah : Desa Laantula Jaya, Kec. Witaponda,
Kab. Morowali, Sulawesi Tengah
- HP : 082349290932
- Email : lailatulmukarromah600@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

- 1. Pendidikan Formal
 - a. TK Al-Khairaat Wotaponda, Kab. Morowali, Sulawesi Tengah.
 - b. SDN 2 Laantula Jaya, Kec. Witaponda.
 - c. MTs. Istimbatul Hikmah, Witaponda, Kab. Morowali.
 - d. MTs. Al-Muhajirien Margolembo, Mangkutana, Luwu Timur, Sulawesi Selatan.
 - e. MA. Darun Najah, Witaponda, Kab. Morowali.
 - f. MA. Al-Khairaat Pusat Palu, Palu.
 - g. Universitas Alkhairaat, Palu.
 - h. Universitas Islam Negri Walisongo, Semarang.
- 2. Pendidikan Non-Formal:
 - a. Pondok Pesantren Al-Muhajirien
 - b. Pondok Pesantren Al-Khairaat Putri Pusat Palu

Semarang, 8 Juli 2019

Siti Lailatul Mukarromah
NIM: 1702048010

Lampiran 1

Kompilasi Data Pengamatan Hilal BMKG Pusat 2008-2019¹

No	Pengamatan	<i>Alt</i>	<i>ARCL</i>	<i>Age</i>	<i>W</i>	<i>Lag</i>	<i>DAz</i>
1	31-Okt-08	24,03	27,27	59,55	1,65	114	11,23
2	29-Nov-09	16,99	18,50	42,00	0,76	83	4,55
3	24-Jn-09	21,13	22,23	39,23	1,24	100	2,51
4	17-Mar-10	13,90	18,20	38,82	0,76	63	10,71
5	16-Apr-10	18,61	22,68	46,42	1,20	87	11,79
6	13-Jul-10	20,02	21,44	38,40	1,15	91	4,40
7	08-Agu-10	25,49	29,83	52,68	2,19	124	14,02
8	11-Agu-10	15,45	18,06	31,13	0,83	69	7,56
9	08-Nov-10	26,64	28,14	53,42	1,88	126	5,88
10	04-Feb-11	10,82	14,62	31,80	0,48	49	8,85
11	05-Feb-11	20,89	25,40	55,80	1,44	90	13,42
12	05-Apr-11	16,69	20,25	45,27	0,92	76	10,13
13	05-Mei-11	19,46	23,58	51,53	1,27	94	11,72
14	03-Jun-11	16,77	17,74	37,70	0,74	80	1,63
15	02-Jul-11	11,28	12,21	24,70	0,36	54	1,21
16	03-Jul-11	24,15	25,05	48,70	1,51	111	1,15
17	29-Jul-11	20,48	22,87	44,10	1,24	99	8,01
18	30-Jul-11	9,18	10,33	20,12	0,26	45	1,77
19	01-Agu-11	20,42	22,67	39,63	1,27	87	7,61

¹ Kompilasi Data Pengamatan Hilal BMKG

20	28-Agu-11	14,11	15,69	28,13	0,61	65	3,90
21	28-Sep-11	10,34	13,75	23,42	0,48	48	7,94
22	28-Okt-11	24,18	27,49	47,42	1,89	109	11,57
23	29-Okt-11	17,80	21,06	37,10	1,11	85	9,47
24	26-Nov-11	14,43	15,35	28,50	0,59	70	0,32
25	27-Nov-11	27,94	28,87	52,52	2,03	129	0,60
26	20-Jul-12	12,63	14,71	29,88	0,51	58	5,58
27	16-Agu-12	18,80	20,70	41,43	1,00	87	6,15
28	18-Agu-12	6,53	10,14	18,42	0,25	32	6,80
29	16-Okt-12	10,08	12,04	22,22	0,37	48	4,63
30	30-Jan-14	11,79	12,88	21,75	0,42	56	0,06
31	02-Mar-14	10,93	14,24	25,93	0,50	48	8,03
32	30-Apr-14	11,40	13,23	27,37	0,41	55	4,71
33	28-Jun-14	10,60	12,23	26,05	0,34	51	3,74
34	28-Jun-14	10,33	12,17	25,87	0,33	49	4,58
35	28-Jun-14	10,47	11,96	25,45	0,32	50	3,42
36	28-Jun-14	10,17	12,80	27,28	0,37	50	5,61
37	28-Jun-14	9,43	11,78	24,87	0,31	46	5,47
38	28-Jun-14	9,67	12,18	25,68	0,33	46	6,14
39	28-Jul-14	13,73	15,94	35,60	0,57	63	6,00
40	27-Agu-14	17,27	19,71	43,87	0,87	75	7,83
41	25-Sep-14	10,60	12,00	26,07	0,33	48	3,36
42	25-Sep-14	10,64	12,27	26,63	0,34	49	3,71
43	25-Sep-14	10,82	12,42	26,95	0,35	49	3,90

44	25-Sep-14	10,92	12,57	27,23	0,36	49	4,37
45	23-Nov-14	9,34	11,05	21,32	0,30	46	4,08
46	21-Jan-15	8,40	12,83	22,03	0,42	40	8,75
47	20-Feb-15	16,45	19,44	34,17	0,96	73	8,61
48	19-Apr-15	7,34	8,46	15,97	0,18	35	1,87
49	19-Apr-15	6,84	7,96	15,08	0,16	33	1,54
50	19-Mei-15	15,00	15,97	30,07	0,61	70	1,66
51	17-Jun-15	8,25	10,38	19,53	0,25	39	4,99
52	17-Jun-15	8,82	10,50	19,90	0,26	43	3,80
53	17-Jun-15	8,97	10,28	19,47	0,25	44	2,80
54	17-Jun-15	9,07	10,57	20,07	0,26	45	3,05
55	17-Jun-15	8,85	11,17	21,30	0,29	45	4,64
56	14-Sep-15	9,35	11,28	26,82	0,28	42	4,77
57	14-Sep-15	9,64	11,23	26,75	0,28	43	3,89
58	14-Sep-15	9,25	11,37	27,00	0,29	42	4,94
59	14-Sep-15	9,93	11,48	27,33	0,30	45	3,63
60	14-Sep-15	10,10	11,32	27,03	0,29	46	2,56
61	14-Sep-15	10,16	11,59	27,60	0,30	47	2,90
62	14-Sep-15	9,48	11,87	28,22	0,32	48	3,39
63	14-Okt-15	13,62	15,03	34,35	0,51	63	0,68
64	14-Okt-15	14,20	15,16	34,63	0,52	64	0,89
65	11-Nov-15	6,40	9,35	20,60	0,20	31	5,68
66	12-Des-15	9,98	11,59	22,95	0,32	48	4,09
67	12-Des-15	9,98	11,66	23,12	0,32	48	3,93

68	12-Des-15	9,08	11,93	23,53	0,33	44	6,50
69	11-Jan-16	14,14	16,66	32,23	0,67	64	7,58
70	11-Jan-16	14,60	16,63	32,22	0,67	65	6,73
71	11-Jan-16	14,93	16,66	32,32	0,67	67	6,02
72	11-Jan-16	14,82	16,88	32,71	0,69	67	6,70
73	11-Jan-16	14,39	16,99	32,86	0,70	64	8,13
74	11-Jan-16	13,38	16,96	32,71	0,70	61	9,57
75	11-Jan-16	16,32	17,62	34,19	0,75	73	4,86
76	09-Feb-16	7,51	10,06	19,16	0,25	34	5,86
77	09-Feb-16	7,81	10,40	19,78	0,27	35	6,24
78	09-Feb-16	7,01	10,36	19,59	0,27	33	7,01
79	10-Mar-16	15,95	17,70	31,84	0,79	69	6,27
80	10-Mar-16	16,27	17,78	31,99	0,80	70	5,57
81	10-Mar-16	16,18	18,00	32,34	0,82	70	6,30
82	10-Mar-16	14,79	17,94	32,12	0,81	65	9,17
83	10-Mar-16	15,96	18,56	33,23	0,87	70	8,23
84	10-Mar-16	17,73	18,91	33,94	0,90	77	4,64
85	08-Apr-16	11,59	12,58	22,12	0,40	52	2,66
86	08-Apr-16	11,85	12,62	22,20	0,41	52	2,01
87	08-Apr-16	12,02	12,73	22,38	0,41	53	1,49
88	08-Apr-16	11,98	12,93	22,69	0,42	53	3,17
89	08-Apr-16	11,37	12,76	22,36	0,41	52	4,26
90	08-Apr-16	13,26	13,90	24,38	0,49	59	0,84
91	07-Mei-16	8,11	8,72	14,44	0,19	37	1,21

92	07-Mei-16	7,89	8,51	14,06	0,18	37	0,41
93	06-Jun-16	15,77	16,51	29,45	0,67	74	0,46
94	06-Jun-16	16,18	17,03	30,40	0,72	75	2,03
95	06-Jun-16	16,20	17,24	30,77	0,73	74	3,76
96	06-Jun-16	16,41	17,39	31,04	0,75	75	3,03
97	06-Jun-16	16,40	17,09	30,52	0,72	77	0,28
98	06-Jun-16	17,00	17,77	31,77	0,78	79	1,01
99	06-Jun-16	17,05	17,78	31,80	0,78	79	0,77
100	06-Jun-16	17,14	18,22	32,57	0,82	77	4,45
101	06-Jun-16	17,07	18,38	32,84	0,83	78	5,04
102	06-Jun-16	17,51	18,08	32,33	0,80	78	2,78
103	05-Jul-16	9,96	11,68	22,02	0,33	46	4,92
104	05-Jul-16	10,28	11,98	22,61	0,35	47	5,02
105	05-Jul-16	10,17	12,11	22,84	0,35	47	5,54
106	05-Jul-16	10,45	12,23	23,12	0,36	48	5,08
107	05-Jul-16	10,93	12,15	23,02	0,36	50	4,00
108	05-Jul-16	10,74	12,15	23,02	0,36	50	4,15
109	05-Jul-16	10,91	11,91	22,59	0,34	51	2,83
110	05-Jul-16	11,13	12,89	24,43	0,40	51	5,11
111	05-Jul-16	11,54	12,87	24,40	0,40	51	5,01
112	02-Sep-16	9,69	11,04	24,69	0,28	42	4,02
113	02-Sep-16	10,28	11,15	24,99	0,29	45	2,70
114	02-Sep-16	10,20	10,98	24,66	0,28	46	1,64
115	02-Sep-16	10,55	11,26	25,24	0,29	46	1,97

116	02-Okt-16	13,93	14,76	33,15	0,49	61	1,76
117	02-Okt-16	14,22	14,91	33,49	0,50	63	0,04
118	02-Okt-16	14,34	15,04	33,79	0,51	63	0,13
119	02-Okt-16	14,63	15,61	35,01	0,55	64	2,85
120	31-Okt-16	6,47	7,90	16,38	0,14	30	3,45
121	30-Des-16	11,24	13,06	28,51	0,39	52	5,45
122	29-Jan-17	13,91	15,99	33,69	0,60	62	6,39
123	29-Jan-17	14,37	15,97	33,69	0,60	63	5,54
124	29-Jan-17	14,65	16,02	33,81	0,61	65	4,86
125	29-Jan-17	13,37	16,26	34,14	0,62	60	8,30
126	29-Jan-17	15,91	16,96	35,70	0,68	70	3,83
127	27-Apr-17	11,62	12,38	21,14	0,39	53	0,17
128	27-Apr-17	11,81	12,44	21,25	0,39	53	0,51
129	27-Apr-17	11,90	12,56	21,45	0,40	53	1,04
130	27-Apr-17	12,02	12,72	21,75	0,41	54	0,48
131	27-Apr-17	12,12	12,69	21,70	0,41	54	0,66
132	27-Apr-17	12,12	12,69	21,70	0,41	54	0,66
133	27-Apr-17	11,70	12,50	21,34	0,40	54	1,80
134	27-Apr-17	11,74	12,63	21,57	0,40	54	1,75
135	27-Apr-17	12,40	13,16	22,54	0,44	56	1,07
136	27-Apr-17	12,40	13,16	22,54	0,44	56	1,07
137	27-Apr-17	12,98	13,69	23,48	0,47	58	1,71
138	26-Mei-17	7,38	8,71	13,98	0,19	35	3,60
139	26-Mei-17	7,59	8,84	14,27	0,20	36	3,22

140	26-Mei-17	7,75	8,54	13,76	0,19	37	1,62
141	26-Mei-17	8,31	9,20	15,04	0,22	40	2,00
142	24-Jul-17	11,48	12,65	23,90	0,40	52	3,75
143	24-Jul-17	11,43	12,79	24,12	0,41	52	4,33
144	24-Jul-17	11,67	12,94	24,41	0,41	53	3,84
145	24-Jul-17	12,03	12,87	24,32	0,41	55	2,68
146	24-Jul-17	12,03	12,87	24,32	0,41	55	2,68
147	24-Jul-17	11,88	12,63	23,92	0,40	55	1,41
148	24-Jul-17	11,91	12,76	24,16	0,40	56	1,52
149	24-Jul-17	12,67	13,08	24,72	0,42	57	1,91
150	24-Jul-17	12,25	13,16	24,86	0,43	57	1,94
151	24-Jul-17	12,43	13,27	25,05	0,44	57	2,06
152	24-Jul-17	12,38	13,67	25,72	0,46	56	3,93
153	24-Jul-17	12,24	13,96	26,18	0,48	55	5,51
154	22-Agu-17	6,75	7,36	15,22	0,13	32	0,25
155	22-Agu-17	6,76	7,48	15,45	0,14	32	0,33
156	23-Okt-17	6,22	7,66	14,49	0,13	29	3,46
157	19-Nov-17	8,95	10,20	21,66	0,23	42	3,19
158	19-Nov-17	9,40	10,38	22,14	0,24	43	2,51
159	19-Nov-17	9,34	10,45	22,28	0,25	43	3,43
160	19-Nov-17	9,34	10,45	22,28	0,25	43	3,43
161	19-Des-17	10,82	11,90	27,54	0,32	50	3,06
162	19-Des-17	11,38	12,46	28,85	0,35	53	3,03
163	17-Mar-18	9,41	10,32	20,77	0,25	42	2,30

164	17-Mar-18	9,65	10,25	20,67	0,25	42	0,00
165	17-Mar-18	10,01	10,85	21,89	0,28	44	1,74
166	17-Mar-18	10,03	10,88	21,95	0,28	44	1,89
167	16-Mei-18	11,04	11,76	21,11	0,34	51	1,28
168	16-Mei-18	11,45	12,20	21,92	0,37	53	1,80
169	16-Mei-18	11,38	12,09	21,73	0,36	54	1,02
170	16-Mei-18	11,57	12,25	22,04	0,37	54	0,92
171	16-Mei-18	11,59	12,34	22,20	0,38	54	1,25
172	16-Mei-18	11,74	12,30	22,13	0,38	54	0,12
173	16-Mei-18	11,60	12,30	22,13	0,38	54	0,31
174	16-Mei-18	12,02	12,75	22,97	0,40	56	0,57
175	16-Mei-18	12,27	12,92	23,30	0,42	57	0,24
176	14-Jun-18	6,71	7,81	14,06	0,15	32	2,86
177	14-Jun-18	6,89	7,94	14,34	0,16	34	2,51
178	12-Agu-18	12,29	13,06	23,59	0,43	56	1,16
179	12-Agu-18	12,37	13,12	23,68	0,43	55	1,88
180	12-Agu-18	12,47	13,16	23,76	0,44	57	0,53
181	12-Agu-18	12,79	13,38	24,13	0,45	57	0,80
182	12-Agu-18	12,68	13,34	24,06	0,45	58	0,33
183	12-Agu-18	13,34	13,61	24,54	0,47	59	0,03
184	12-Agu-18	13,76	14,30	25,67	0,51	59	3,34
185	12-Agu-18	13,33	14,20	25,92	0,51	60	1,36
186	12-Agu-18	13,76	14,30	25,67	0,51	59	3,34
187	10-Sep-18	8,13	8,72	15,49	0,19	36	0,41

188	10-Sep-18	8,23	8,82	15,67	0,19	37	0,02
189	10-Sep-18	8,32	8,99	15,99	0,20	37	0,28
190	10-Sep-18	8,40	9,00	15,99	0,20	37	1,09
191	10-Sep-18	8,69	9,45	16,84	0,22	39	1,12
192	10-Okt-18	11,08	12,00	26,53	0,33	52	2,25
193	08-Nov-18	7,98	9,02	17,29	0,19	37	2,56
194	08-Nov-18	7,86	9,24	17,72	0,20	37	3,63
195	08-Des-18	10,92	11,82	26,15	0,32	51	2,20
196	08-Des-18	11,26	12,03	26,61	0,33	53	1,40
197	08-Des-18	11,28	12,30	27,15	0,35	53	3,39
198	08-Des-18	11,42	12,43	27,45	0,35	54	3,14
199	08-Des-18	12,07	12,69	28,09	0,37	57	0,21
200	06-Apr-19	11,19	11,95	24,77	0,33	49	0,08
201	06-Apr-19	11,26	12,03	24,95	0,33	50	0,41
202	06-Apr-19	11,41	12,17	25,27	0,34	50	0,12
203	06-Apr-19	11,35	12,17	25,26	0,34	50	1,19
204	06-Apr-19	11,36	12,17	25,25	0,34	50	1,04
205	06-Apr-19	11,70	12,58	26,17	0,36	52	1,72
206	06-Apr-19	11,87	12,69	26,41	0,37	52	1,13
207	06-Apr-19	11,99	12,76	26,58	0,37	53	0,39
208	04-Jun-19	11,00	11,77	23,49	0,34	53	0,29
209	04-Jun-19	11,10	11,89	23,72	0,34	53	0,82
210	04-Jun-19	11,41	12,27	24,43	0,37	55	1,57
211	04-Jun-19	12,02	12,84	25,52	0,40	57	1,20

Kolom pertama adalah nomor data, kolom kedua adalah tanggal pengamatan hilal dalam kalender masehi, kolom ketiga (*Alt*) adalah ketinggian hilal dinyatakan dalam derajat desimal, kolom keempat (*arc of light, ARCL*) adalah elongasi atau busur cahaya hilal-matahari dinyatakan dalam desimal derajat, kolom kelima (*Age*) adalah umur hilal dihitung sejak ijtimaq dinyatakan dalam jam sedimal, kolom keenam (*W*) lebar cahaya hilal dinyatakan dalam menit busur, kolom ketujuh *lag* adalah interval waktu antara terbitnya bulan dan matahari, kolom kedelapan (*DAz*) beda azimuth hilal-matahari dinyatakan dalam derajat desimal.