

**AKUITAS MATA DALAM
KRITERIA VISIBILITAS HILAL**

TESIS

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



oleh :

MUHAMMAD FAISHOL AMIN

NIM : 1 6 0 0 0 2 8 0 0 8

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU FALAK
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
S E M A R A N G
2018**

MOTTO

أَنْظُرْ مَا قَالُوا وَلَا تَنْظُرْ مَنْ قَالُوا

“Lihatlah apa yang dikatakan jangan melihat siapa yang mengatakan”. Ali bin Abi Thalib.

PERSEMBAHAN

"Saya persembahkan tulisan sederhana ini untuk :

Almarhum Abah H. Ihsan Abdul Halim

Ibu Hj. Muflihah Zubair

Almarhum Mbah KH. Zubair Abdul Karim

Almarhum Mas Abdullah Hasin Syaifuddin

dan Semua Keluarga Tercinta"



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU FALAK
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus III), Ngaliyan. Telp/Fax (024) 7601291,
Semarang, Kode Pos 50185

PENGESAHAN TESIS

Tesis yang ditulis oleh :

Nama Lengkap : **Muhammad Faishol Amin**
NIM : 1600028008
Judul Penelitian : **AKUITAS MATA DALAM KRITERIA VISIBILITAS HILAL**

telah dilakukan revisi sesuai saran dalam Sidang Ujian Tesis pada tanggal 31 Juli 2018 dan layak dijadikan syarat memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Falak.

Disahkan oleh :

Nama Lengkap & Jabatan

Tanggal

Tanda tangan

Prof. Dr. H. A. Fatah Idris, M.S.I.
Ketua Majelis

3/8-018 

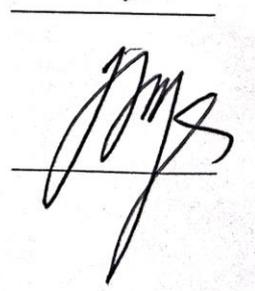
Dr. Rupi'i Amri, M.Ag.
Sekretaris





Dr. H. Moh. Arja Imroni, M.Ag.
Penguji 1

2/8/18



Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.
Penguji 2

NOTA DINAS

Semarang, 24 Juli 2018

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Syariah dan Hukum
UIN Walisongo
Di Semarang

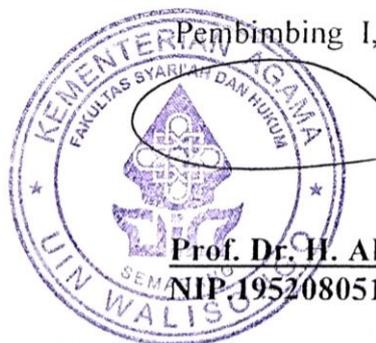
Assalamu'alaikum wr. wb.

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

Nama : **Muhammad Faishol Amin**
NIM : 1600028008
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Judul Penelitian : **AKUITAS MATA DALAM KRITERIA VISIBILITAS HILAL**

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Ujian Tesis

Wassalamu'alaikum wr. wb.



Prof. Dr. H. Abdul Fatah Idris, M.S.I.
NIP. 195208051983031002

NOTA DINAS

Semarang, 24 Juli 2018

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Syariah dan Hukum
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 : **Muhammad Faishol Amin**
NIM : 1600028008
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Judul Penelitian : **AKUITAS MATA DALAM KRITERIA VISIBILITAS HILAL**

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Ujian Tesis

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Penbimbing II,

Dr. Rupi'i Amri, M.Ag.
NIP. 197307021998031002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Muhammad Faishol Amin**
NIM : 1600028008
Judul Penelitian : **AKUITAS MATA DALAM KRITERIA
VISIBILITAS HILAL**
Program Studi : Magister Ilmu Falak

menyatakan bahwa tesis yang berjudul :

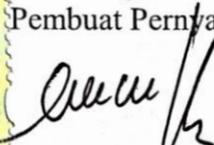
AKUITAS MATA DALAM KRITERIA VISIBILITAS HILAL

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

Semarang, 24 Juli 2018

Pembuat Pernyataan,




Muhammad Faishol Amin
NIM. 1600028008

ABSTRAK

Judul : **AKUITAS MATA DALAM KRITERIA VISIBILITAS HILAL**
Penulis : Muhammad Faishol Amin
NIM : 1600028008

Tingkat Akuitas (ketajaman) mata manusia dalam melihat sebuah objek berbeda-beda. Hal ini berdampak pada tingkat keberhasilan perukyat dalam rukyatul hilal. Judhistira AU dan Binta menerapkan faktor akuitas ini ke dalam visibilitas hilal Kastner. Faktor tersebut dipakai sebagai klaim atas kasus pengamatan hilal yang tak terbantahkan. Hal ini merupakan corak pemikiran baru, terutama bagi perkembangan pemahaman visibilitas hilal di Indonesia. Dalam penelitian ini penulis ingin mengetahui beberapa hal yaitu: 1) Bagaimana teori akuitas mata dalam visibilitas hilal? 2) Mengapa akuitas mata jarang dipakai dalam perumusan kriteria visibilitas hilal?. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Pengumpulan data diambil dengan teknik dokumentasi, wawancara dan observasi. Sementara untuk analisis data menggunakan metode deskriptif, eksplanatif dan komparatif.

Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Modifikasi yang dilakukan oleh Judhistira AU dan Binta dalam visibilitas Kastner secara umum telah sesuai dengan ilmu Astronomi dan Fisika Optik, meskipun ada beberapa koreksi yang tidak diterapkan karena keterbatasan alat dan teknologi seperti *glare*, penglihatan warna, adaptasi gelap terang, bentuk dan durasi melihat. 2) Kriteria visibilitas hilal yang ada selama ini bersifat global dan memang diterapkan untuk tujuan terciptanya kalender global tunggal, namun sayangnya harus mengabaikan faktor-faktor ilmiah seperti akuitas mata, karena secara ilmiah memang tidak ada kriteria yang dapat berlaku secara global. Dengan observasi sederhana penulis juga telah memperoleh kriteria visibilitas hilal untuk akuitas mata normal dalam bentuk parameter fisis (ARCV, ARCL, Umur, *Lag Time*, Lebar Hilal, dan DAz). Kriteria ini bersifat dinamis dan masih dapat berubah sesuai dengan jumlah data pengamatan, dan secara keilmuan, kriteria ini seharusnya dapat diterima karena telah sesuai dengan beberapa kriteria yang ada.

Kata Kunci: kriteria visibilitas hilal, akuitas mata, rukyatul hilal.

ABSTRACT

Title : **THE EYE'S ACUITY IN THE CRITERIA OF CRESCENT'S VISIBILITY**
Author : Muhammad Faishol Amin
NIM : 1600028008

The sharpness level of the human's eye in seeing an object are varies, and will impact on the success rate in observation. Judhistira AU and Binta have modified the Kastner's visibility with eye's acuity factor. This factor is used as a claim for a controversial case of observation. This is a new thinking, especially for the development of understanding of crescent's visibility in Indonesia. In this study the authors research: 1) How the theory of eye's acuity in crescent's visibility applied? 2) Why eye's acuity is rarely used in the formulation criteria of crescent's visibility?. The type of this research is a qualitative research with case study approach. Data were taken with documentation, interview and observation techniques. While for data analysis use descriptive, explanative and comparative method.

The results of this study indicate that: 1) The modifications made by Judhistira AU and Binta in Kastner's visibility are generally consistent with Astronomy and Optical Physics term, although some corrections are not applied due to the limitations of tools and technologies such as glare, color vision, adaptation, object's shape and duration of view. 2) The existing criteria of crescent's visibility is a global criteria, and is applied for the purpose of creating a single global calendar, but unfortunately it ignores scientific factors such as eye's acuity, because there is no criteria that can apply globally. With a simple observation the author has also formulated the crescent's visibility criteria for normal eye's acuity in the form of physical parameters (ARCV, ARCL, Age, Lag Time, Crescent's Width, and DAz). This criterion is dynamic and can still change according to the amount of observational data, and scientifically, this criterion should be acceptable because it is in accordance with several criteria.

Keywords : the criteria of crescent's visibility, eye's acuity, crescent's observation

الملخص

الموضوع : جودة العين في معيار إمكانية رؤية الهلال

مؤلف : محمد فيصل امين

رقم الطالب : ١٦٠٠٠٢٨٠٠٨

لِكَلِّ الرّاصِدِ جَوْدَةَ العَيْنِ المُنْعَدَّة. تُؤثِّرَتْ نَتِيجَةُ رُؤْيَةِ الهَلَالِ. طَبَّقَ جودِستِرا و بينتا عاملَ جَوْدَةِ العَيْنِ في مِعيَارِ امكانيّةِ رُؤْيَةِ الهَلَالِ لكثنيرِ، يُستخدَمَ هذا العاملُ كزعمٍ لرُؤْيَةِ الهَلَالِ الجَدَلِيَّة. وذلك تفكيرٌ جديدٌ لتقدّمِ مِعيَارِ امكانيّةِ الرُؤْيَةِ وخاصةً في الاندونسي. في هذه الدرّاسة، بحث المؤلفُ عن اللّأسئلة : (١) ما دورَةُ جودَةِ العَيْنِ في امكانيّةِ رُؤْيَةِ الهَلَالِ؟. (٢) لماذا لا يستخدم جودَةُ العَيْنِ الآ قليلاً في تَكْوِينِ مِعيَارِ امكانيّةِ رُؤْيَةِ الهَلَالِ؟. هذا البحثُ هو نَوْعِيٌّ، مع تقريِبِ درّاسةِ المسألة. أُخِذَ المؤلّفُ البيّاناتِ بالوثائقِ والمقابلةِ والملاحظةِ، وتحليلِ البيّاناتِ باستخدامِ الطريقتِ الوصفيةِ والتوضيحيةِ والمقارنةِ.

يُوجَدُ في هذه الدرّاسة : (١) كان تفكيرُ جودِستِرا و بينتا مُوفّقًا بعلمِ الفلكِ وعلمِ الفزياءِ البصريّة. ولو كان تصحيحٌ لم يُعْمَلِ مثلُ وهجٍ ورُؤْيَةِ اللّوْنِ وتَكْيِيفِ وشكْلِ ومدةِ المشاهدة. (٢) أنّ مِعيَارِ امكانيّةِ رُؤْيَةِ الهَلَالِ الذي موجودٌ في هذا اليومِ إجماليٌّ، وطُبِّقَ لغرضِ إنشاءِ توحيدِ التّفويهِ الإجماليّ، لِكِنِّ هذا التقريرُ يُهْمِلُ العواملَ العلميّةَ مثلَ جودَةِ العَيْنِ، لأنّه لا تُوجَدُ مِعيَارُ التي يُمكنُ تطبيقيّهما إجمالياً. يَجِدُ المؤلّفُ مِعيَارَ امكانيّةِ رُؤْيَةِ الهَلَالِ لجودَةِ العَيْنِ العاديّ في شكلِ المِعلِمتِ الماديةِ كَفَرَقِ الإرتفاعِ والإستطالةِ والعُمُرِ والوقتِ وعرضِ الهَلَالِ وفرقِ السِمتِ بالملاحظاتِ. هذا المِعيَارُ ديناميكيٌّ ويمكنُ أن يتغيّرَ وفقاً لمقدارِ بيّاناتِ الرصدِ، و ينبغي أن يكون هذا المِعيَارُ مقبولاً لأنّه متوافقٌ على المِعيَارِ في هذا اليومِ.

المفردات الرئيسية : معيار إمكانية الرؤية، جودة العين، رؤية الهلال

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri P dan K
Nomor: 158 Tahun 1987 – Nomor: 0543 b/u/1987

1. Konsonan

No	Arab	Latin
1	ا	Tidak dilambangkan
2	ب	b
3	ت	t
4	ث	ṡ
5	ج	j
6	ح	ḥ
7	خ	kh
8	د	d
9	ذ	ḏ
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 كَتَبَ kataba ا... = ā قَالَ qāla
ي = i سِيلَ su'ila إِي = ī قِيلَ qīla
و = u يَذْهَبُ yaẓhabu أُو = ū يَقُولُ yaqūlu

3. Vokal Panjang

4. Diftong

أَي = ai كَيْفَ kaifa
أَوْ = au حَوْلَ ḥaula

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT., Tuhan maha agung yang selalu memberikan nikmat kepada hamba-Nya. Salawat dan Salam selalu tercurahkan kepada junjungan-Nya. Nabi Muhammad SAW., sang Rasul mulia.

Dengan selesainya tulisan “**Akuitas Mata dalam Kriteria Visibilitas Hilal**”, penulis mengucapkan syukur *Alhamdulillah* atas kemudahan yang diberikan Allah kepada penulis, sehingga tulisan ini selesai tepat pada waktunya. Dalam penyelesaian tulisan ini, tentunya tidak terlepas dari bimbingan, saran, dan kritik yang konstruktif dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada:

1. Prof. Dr. H. Muhibbin, M.Ag., Rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Prof. Dr. H. Ahmad Rofiq, M.Ag., Direktur Pascasarjana UIN Walisongo Semarang.
3. Dr. Akhmad Arif Junaidi, M. Ag., Dekan Fakultas Syari’ah dan Hukum.
4. Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag., Kepala Program Studi Magister (S2) Ilmu Falak Fakultas Syari’ah dan Hukum.
5. Prof. Dr. H. A. Fatah Idris, M.S.I., Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan kesempatan untuk memberikan ide-ide yang sangat membangun sehingga penulis menemukan pola yang tepat dalam menyelesaikan tulisan ini.
6. Dr. Rupi’i Amri, M.Ag., Dosen Pembimbing II atas waktu, masukan, dan ide-ide yang konstruktif sehingga penulis benar-benar teliti dan cermat dalam menyelesaikan tulisan ini.
7. Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si. yang telah memberikan ide awal untuk tulisan ini dan juga sebagai informan utama dalam tulisan ini.
8. Kedua orang tua penulis, abah Alm. H. Ihsan Abdul Halim dan ibu Hj. Muflihah Zubair yang setiap saat memberikan semangat dan dukungan kepada penulis untuk terus belajar dan menyelesaikan tulisan ini dengan sungguh-sungguh. Ridha merekalah yang telah mempermudah langkah penulis dalam menyelesaikan tulisan ini. Juga segenap keluarga penulis, yang telah ikut memberikan semangat bagi penulis.
9. Para dosen Program Magister (S2) Ilmu Falak Fakultas Syari’ah dan Hukum yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan, dan motivasi selama perkuliahan.
10. Rekan-rekan sekelas Pasca Sarjana Magister Ilmu Falak, yang selalu saling memberi semangat dan motivasi selama masa perkuliahan hingga saat penelitian ini selesai.
11. Teman-teman di Padepokan al-Biruni, yang selalu menyediakan tempat untuk diskusi dan sharing, khususnya untuk penyelesaian tulisan penulis

12. Semua pihak yang telah membantu penulis baik langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa tulisan yang sederhana ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya koreksi dan saran yang bersifat konstruktif dari setiap pembaca sebagai bentuk perbaikan dalam penelitian ini. Akhirnya penulis berharap tulisan ini dapat memberikan sumbangsih kepada seluruh elemen masyarakat dalam rangka mengembangkan khazanah keilmuan Islam.

Semarang, 24 Juli 2018

Penulis,



Muhammad Faishol Amin

NIM. 1600028008

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
MOTTO	ii
PERSEMBAHAN	iii
PENGESAHAN	iv
NOTA PEMBIMBING	v
PERNYATAAN KEASLIAN	vii
ABSTRAK	viii
TRANSLITERASI	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR SINGKATAN, ISTILAH DAN SIMBOL	xix
BAB I : PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	7
D. Kajian Pustaka.....	7
E. Kerangka Teori.....	9
F. Metode Penelitian.....	20
G. Sistematika Pembahasan	25
BAB II : KRITERIA VISIBILITAS HILAL	26
A. Landasan Hukum Kriteria Visibilitas Hilal.....	26
B. Sejarah Perkembangan Observasi Hilal dan Kriteria Visibilitas Hilal.....	36
1. Kriteria Klasik	37
2. Kriteria pada Masa Peradaban Islam.....	40
3. Masa Stagnasi Perkembangan Kriteria	42
4. Kriteria Modern.....	43
5. Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia	49
C. Sekilas tentang Fisiologi Penglihatan Manusia dalam Kriteria Visibilitas Hilal	51
BAB III : PENGLIHATAN MATA PERSPEKTIF ILMU ASTRONOMI DAN FISIKA OPTIK/MEDIS	55
A. Penglihatan Mata Perspektif Ilmu Astronomi.....	55

1. Posisi Benda Langit (<i>Source Potition</i>)	55
2. Refraksi	57
3. Massa Udara	58
4. <i>Extinction</i>	59
5. Sumber Cahaya (<i>Souce Brightness</i>)	60
6. Cahaya Langit/Cahaya Latar Belakang	61
7. Cahaya Sorot (<i>Glare</i>)	62
8. Bayangan (<i>Shadow</i>)	63
9. Resolusi	64
10. Optik	64
11. Ambang Batas Kontras Mata Manusia (<i>Threshold</i>)	65
12. Penglihatan Warna Cahaya	66
13. Statistik Cuaca	67
B. Penglihatan Mata Perspektif IlmuFisika	
Optik/Medis	67
1. Faktor Individu	67
a. Daya Akomodasi Mata	67
b. Ketajaman Pandangan	69
c. Adaptasi Gelap Terang Mata	75
d. Sensitivitas Mata Terhadap Kontras	76
e. Kemampuan Pembedaan Warna	79
2. Faktor Lingkungan	83
a. Tingkat Pencahayaan	83
b. Ukuran Objek	83
c. Bentuk Objek	84
d. Kekontrasan	85
e. Durasi Melihat	85
f. Jarak Objek	85
C. Akuitas Mata dalam Kriteria Visibilitas Hilal	85

**BAB IV : PENERAPAN AKUITAS MATA DALAM
KRITERIA VISIBILITAS HILAL**

100	
A. Kasus-kasus Pengamatan Hilal di Indonesia	100
B. Kriteria Visibilitas Hilal dengan Koreksi Akuitas Mata Pengamat	105
1. Kasus-kasus yang Bersesuaian dengan Model Kastner Termodifikasi	106
2. Perumusan Kriteria Visibilitas Hilal saat Matahari Terbenam	109

C. Urgensi Penerapan Akuitas Mata dalam Kriteria Visibilitas Hilal.....	116
1. Verifikasi Rukyatul Hilal dengan Akuitas Mata.....	116
2. Peran Akuitas Mata dalam Rukyatul Hilal.....	121
BAB V : PENUTUP	124
A. Kesimpulan.....	124
B. Saran-saran	126
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN-LAMPIRAN	135
RIWAYAT HIDUP	156

DAFTAR TABEL

- Tabel 1 : Kriteria Fotheringham-Maunder
Tabel 2 : Kriteria Visibilitas Hilal Bruin
Tabel 3 : Kriteria Visibilitas Hilal Yallop (q) dan Odeh(V).
Tabel 4 : Beberapa Contoh Rentang Magnitude
Tabel 5 : Kondisi Umum Kecerahan Langit
Tabel 6 : Korelasi Usia dan Titik Dekat Mata
Tabel 7 : Hubungan Diagram Snellen dan Skala Dioptri
Tabel 8 : Panjang Gelombang dan Kekuatan *Cone*
Tabel 9 : Hubungan antara Model Kastner Termodifikasi dengan Faktor Penglihatan Mata dalam Astronomi
Tabel 10 : Formula Koreksi *Visual Acuity*
Tabel 11 : Perbedaan Batas Maksimal Akuitas Mata
Tabel 12 : Hubungan antara Model Kastner Termodifikasi dengan Faktor Penglihatan Mata dalam Ilmu Fisika Optik/Medis
Tabel 13 : Penolakan Rukyatul Hilal
Tabel 14 : Pengamatan Hilal dengan Mata Telanjang Kompilasi Odeh yang bersesuaian dengan model Kastner
Tabel 15 : Pengamatan Hilal dengan Binokular Kompilasi Odeh yang bersesuaian dengan model Kastner
Tabel 16 : Pengamatan Hilal dengan Teleskop Kompilasi Odeh yang bersesuaian dengan model Kastner
Tabel 17 : Parameter Fisis Pengamatan Mata Telanjang
Tabel 18 : Parameter Fisis Pengamatan Optik (Binokular dan Teleskop)
Tabel 19 : Parameter Fisis Hasil Kriteria Visibilitas Hilal untuk Mata Normal
Tabel 20 : Parameter Fisis Awal Muharam di Pasuruan saat Matahari Terbenam
Tabel 21 : Parameter Fisis Awal Ramadan di Condroidipo saat Matahari Terbenam

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1 : *Occulter* dan *Shadow*
Gambar 2 : Snellen Chart, E-Chart, dan Cincin Landolt
Gambar 3 : *Horizontal Axis, Vertical Axis.*
Gambar 4 : Perbedaan Kontras
Gambar 5 : Alat Sensitivitas Kontras Pelli-Robson.
Gambar 6 : Tes Buta Warna
Gambar 7 : Ilusi Optik
Gambar 8 : *Minimum Angle of Resolution in Arc Min.*
Gambar 9 : Diagram Log MAR
Gambar 10 : Visibilitas Hilal berdasarkan Akuitas Mata
Gambar 11 : Visibilitas Muharam 1439 H dengan Mata Telanjang
Gambar 12 : Visibilitas Muharam 1439 H dengan Teleskop
Gambar 13 : Visibilitas Hilal Ramadan 1438 H. dengan Mata Telanjang
Gambar 14 : Visibilitas Hilal Ramadan 1438 H. dengan Teleskop

DAFTAR SINGKATAN, ISTILAH DAN SIMBOL

MABIMS	: Mentri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia, dan Singapura.
NASA	: <i>National Aeronautics and Space Administration</i>
LFPBNU	: Lembaga Falakiyah Pengurus Besar Nahdhatul Ulama
BMKG	: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
SAAO	: <i>South African Astronomical Observatory</i>
LAPAN	: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
MUI	: Majelis Ulama Indonesia
RHI	: Rukyatul Hilal Indonesia
ARCV	: Beda Tinggi
W	: Lebar Hilal
ARCL	: Elongasi
DAz	: Beda Azimut
Hc	: Tinggi Hilal
Lag	: Interval Waktu antara Matahari terbit dan Bulan terbit atau Matahari terbenam dan Bulan terbenam
as	: Sudut jarak antara dua benda langit dalam equator, atau dapat pula diartikan sebagai beda <i>ascensio recta</i>
arc	: busur
AS	: Amerika Serikat
q	: Visibilitas Hilal Yallop
V	: Visibilitas Hilal Odeh
MICA	: <i>The Multiyear Interactive Computer Almanac</i>
JPL DE	: <i>Jet Propulsion Laboratory Development Ephemeris</i>
mmHg	: <i>Millimeter of Mercury</i>
DMS	: <i>Degree Minute Second</i>
nL	: <i>Nano Lamberts</i>
cm	: <i>Centi Meter</i>
D	: <i>Dioptri</i>
nm	: <i>Nano Meter</i>
MAR	: <i>Minimum Angle of Resolution in Arc Min</i>

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Jauh sebelum munculnya kriteria visibilitas hilal¹ MABIMS² di kawasan Asia, sebenarnya sudah ada kriteria visibilitas hilal yang telah dirumuskan, di antaranya adalah kriteria Babilonia. Orang-orang Babilonia merumuskan kriteria untuk dapat melihat hilal dengan dua faktor, yaitu (1) Usia hilal di tempat terbenamnya Matahari lebih dari 24 jam, dan (2) *Mukus* hilal lebih dari 48 menit. Dalam peradaban Islam kriteria ini bertahan dan terus dikembangkan dengan adanya penambahan terhadap faktor lebar hilal (*crescent's width*) untuk menentukan visibilitasnya.³

Lebih baru lagi, di zaman modern, kriteria visibilitas ini juga terus dikembangkan, ada beberapa kriteria yang telah terkenal di kalangan ahli falak yaitu kriteria Odeh⁴, Sultan⁵ dan Kastner⁶. Kriteria-kriteria tersebut

¹ Kriteria Visibilitas Hilal adalah sebuah parameter untuk mendefinisikan posisi kemungkinan hilal penentu awal bulan terlihat.

² Mentri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia, dan Singapura.

³ Rupi'i Amri, *Pemikiran Mohammad Ilyas tentang Penyatuan Kalender Islam International*. Jurnal Studi Islam *Profetika*, Vol.17, No.1, Juni 2016. hlm. 8.

⁴ Odeh adalah seorang ahli Astronomi dan Ilmu Falak, pendiri ICOP (Islamic Crescent's Observation Project). Mohamad SH. Odeh, *New Criterion for Lunar Crescent Visibility*, *Experimental Astronomy* 18:39-64, hlm. 41

⁵ Sultan memiliki nama lengkap Abdul Haq Sultan, ahli Astrofisika dan merupakan ketua Departemen Fisika Fakultas Sains di Universitas Sana'a Yaman. A. H. Sultan, *First Visibility of The Lunar Crescent : Beyond Danjon's Limit*. *The Observatory Journal* Vol.127. Tahun 2007 hlm.54.

⁶ Kastner seorang ahli Fisika, Astrofisika, ia salah satu anggota dari AAS (American Astronomical Society), dan aktif di NASA dalam bidang pusat penerbangan luar angkasa Goddard. Sidney O. Kastner, *Calculation of The Twilight Visibility Function Of Near-Sun Object*, *The Journal of The Royal Astonomical Society of Canada* Vol.70 No.4. Tahun 1976. hlm. 154-159

dirumuskan berdasarkan pada hasil pengamatan dan juga perhitungan konfigurasi benda langit (Matahari-Bulan-Bumi).

Dalam penentuan kriteria visibilitas hilal, ada berbagai macam faktor yang dijadikan acuan untuk merumuskan kriteria tersebut, sehingga dengan kriteria itu dapat diperkirakan terlihat atau tidaknya hilal pada saat akhir bulan kamariah. Untuk Odeh, ia merumuskan kriteria visibilitas hilal dengan dua faktor, yakni tinggi hilal (ARCV) dan lebar hilal (W)⁷, tinggi hilal digunakan untuk acuan ambang kontras hilal dengan Matahari⁸, dan lebar hilal digunakan untuk acuan persentase iluminasi hilal. Sementara Kastner⁹ dan Sultan¹⁰, kriteria visibilitas hilalnya lebih ditekankan kepada faktor ambang kontras saja, karena menurutnya, iluminasi dalam penentuan terlihat atau tidaknya hilal akan terwakili oleh faktor ambang kontras.

Dalam rukyatul hilal sendiri, sebenarnya ada beberapa faktor yang seharusnya menjadi variabel dalam perumusan kriteria visibilitas hilal, di antaranya adalah faktor konfigurasi benda langit (Astronomi), Geografi¹¹, Meteorologi¹² dan kualitas instrumen¹³, dalam hal ini kualitas instrumen dapat berupa teleskop dan juga mata yang nantinya akan berhubungan dengan faktor

⁷ 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...*

⁸ Ambang kontras yang dimaksud adalah tingkat perbedaan minimum cahaya hilal dan cahaya latar belakang senja yang menyebabkan cahaya hilal dapat dilihat.

⁹ Sidney O. Kastner, *Calculation ...* hlm. 154-159

¹⁰ A. H. Sultan, *First Visibility...* hlm.54.

¹¹ Geografi yang dimaksud adalah posisi markaz atau tempat dimana dilakukan observasi/pengamatan hilal.

¹² Meteorologi dapat berupa cuaca, musim maupun keadaan atmosfer Bumi.

¹³ Instrumen yang dimaksud adalah subjek dalam pengamatan yaitu mata, baik dengan bantuan alat bantu maupun dengan mata telanjang.

akuitas mata (ketajaman mata). Hoffman¹⁴ menyatakan bahwa prediksi penampakan hilal ini melibatkan berbagai disiplin ilmu, tidak hanya astronomi saja, tetapi juga ilmu optik, meteorologi dan fisiologi¹⁵.

Ada sebuah penelitian yang dilakukan oleh Judhistira¹⁶, terkait penerapan beberapa faktor pendukung dalam perumusan kriteria visibilitas hilal. Dalam penelitiannya ia memakai kriteria visibilitas Kastner sebagai acuan. Dalam perumusan tersebut, ia menambahkan beberapa variabel, yaitu kecerahan langit senja yang diambil dari algoritma “Rigor” milik Schaefer¹⁷ yang melibatkan lokasi pengamat, parameter meteorologi dan konfigurasi benda langit, namun ada satu hal yang menarik bagi penulis, Judhistira menerapkan variabel akuitas mata sebagai klaim atas kasus yang tak terbantahkan (kasus hilal terlihat tapi secara perhitungan ilmiah, tidak mungkin untuk dilihat).¹⁸ Kasus-kasus yang dijadikan dasar oleh Judhistira adalah pengamatan hilal rekor dunia yang dirangkum oleh Odeh, di antaranya adalah rekor pengamatan hilal dengan mata telanjang oleh Ashdod pada tahun 1990 dengan *lag time*¹⁹ selama 29 menit.²⁰

¹⁴ Hoffman adalah seorang pakar astronomi dan kimia. Aktif di Departemen Kimia Organik The Hebrew University of Jerusalem Israel. Roy E. Hoffman, *Observing The New Moon*, Mon. Not. R. Astron Soc.340, 2003. hlm. 1039.

¹⁵ Fisiologi adalah ilmu yang mempelajari fungsi tubuh, dalam hal ini adalah fungsi mata manusia sebagai subjek utama dalam pengamatan hilal. Lihat Ronny Lesmana, dkk. *Fisiologi Dasar (untuk Mahasiswa Farmasi, Keperawatan dan Kebidanan)*. Yogyakarta : Penerbit Deepublish 2017. hlm. 1.

¹⁶ Judhistira Aria Utama seorang ahli Fisika dan Astronomy. Ia adalah Alumnus astronomi ITB, ia juga dosen dan peneliti di UPI Bandung.

¹⁷ Schaefer seorang professor dibidang Astronomi dan Astrofisika di Louisiana State University.

¹⁸ Judhistira Aria Utama, wawancara melalui email pada 28 Oktober 2017 pukul 14:44 WIB

¹⁹ *Lag Time* adalah umur hilal yang dihitung dari Matahari terbenam hingga hilal terbenam.

²⁰ Mohamad SH. Odeh, *New Criterion...* hlm. 62

Di Indonesia sendiri pun ada kasus-kasus yang tak terbantahkan seperti kasus pengamatan hilal rekor dunia di atas. Laporan hilal terlihat namun, dalam penerapannya laporan tersebut ditolak atas dasar kriteria visibilitas hilal MABIMS belum terpenuhi, contoh kasus terbaru terjadi pada penentuan awal bulan Muharam 1439 H / 20 September 2017. Hilal dilaporkan terlihat di Pasuruan oleh Inwanuddin²¹ dan Shofiyul Muhibbin²², dalam hal ini pemerintah menerima laporan tersebut, tetapi ormas Nahdhatul Ulama menolaknya dengan alasan kriteria visibilitas hilal MABIMS belum terpenuhi di lokasi tersebut. Pada saat itu di wilayah Indonesia, nilai tinggi hilal bervariasi antara -0,25 sampai 2,25 derajat, tetapi untuk ketinggian hilal di Pasuruan, berdasarkan hisab Nahdhatul Ulama, nilai tinggi hilal sebesar 1° 55', jadi secara hisab memang hilal di tempat tersebut belum memenuhi kriteria visibilitas hilal MABIMS. ²³

Kriteria MABIMS sendiri dalam perumusannya berdasarkan pada kompilasi hasil pengamatan hilal International. Dalam kriteria MABIMS yang baru menghasilkan kriteria tinggi hilal minimal 3°, yang ambil dari penelitian

²¹ Inwanuddin adalah seorang pakar dalam kegiatan rukyatul hilal, ia merupakan salah satu anggota LFNU Gresik dan Tim Rukyatul Hilal Bukit Condrodipo.

²² Shofiyul Muhibbin seorang perukyah dari Pondok Pesantren Sidogiri.

²³ LF PBNU, Surat Penjelasan LFPBNU tentang Penentuan Awal Bulan Muharram 1439 H. Nomor : 037/PBNU-LF/IX/2017 M. hlm. 5 lihat pula BMKG Pusat, *Informasi Prakiraan Hilal Saat Matahari Terbenam tanggal 20 September 2017 M. (Penentu Awal Bulan Muharram 1439 H.)*. hlm1-6

Ilyas²⁴ (1988), Caldwell²⁵- Laney²⁶ (2001) dan elongasi bulan 6,4^{o27}, diambil dari penelitian Odeh (2006).²⁸ Kriteria tersebut merupakan revisi dari kriteria visibilitas hilal yang lama, yang sudah dianggap tidak lagi relevan untuk dijadikan sebagai acuan kriteria visibilitas hilal. Kriteria yang lama menerapkan faktor ketinggian hilal 2°, elongasi 3°, dan umur hilal 8 jam²⁹. Jadi, dalam perumusan kriteria hilal MABIMS ini belum ada penerapan faktor akuitas mata, dan memang akuitas mata ini sangat jarang ditemukan dalam perumusan sebuah kriteria visibilitas hilal.

Faktor akuitas mata merupakan faktor yang sangat menentukan dalam rukyatul hilal, tingkat ketajaman mata tiap individu pasti berbeda-beda, dan untuk menentukan terlihat tidaknya hilal pasti bergantung pada tingkat ketajaman mata tiap individu tersebut. Seseorang yang mempunyai kekurangan atau cacat terhadap matanya, dengan tanpa alat bantu pasti akan sangat kesulitan dalam mencari cahaya hilal, mengingat cahaya hilal yang sangat tipis dan nilai kontrasnya yang sangat kecil. Bagi orang normal saja itu merupakan hal yang sangat sulit, apalagi bagi orang yang mempunyai cacat mata.

Untuk mendefinisikan kemampuan mata, ada beberapa aspek yang berperan penting dalam penglihatan, yaitu daya akomodasi, ketajaman

²⁴ Moh. Ilyas merupakan ahli Astronomi asal Malaysia yang mengemukakan penyatuan kalender Islam Internasional dengan menawarkan usulannya yaitu Garis Tanggal Kamariyah Internasional (*International LunarDate Line*).

²⁵ John A. R. Caldwell seorang ahli astronomi di McDonald Observatory yang berada di Universitas Texas Austin.

²⁶ C. David Laney seorang ahli astronomi, pernah aktif di SAAO (South African Astronomical Observatory). Ia juga sempat membangun West Mountain Observatory di bukit Utah.

²⁷ Elongasi adalah jarak busur Matahari-Bulan

²⁸ Draf Keputusan Muzakarah Rukyah dan Takwim Islam Negara Anggota MABIMS ke-16, 2-4 Agustus 2016, Kompleks Baitul Hilal, Port Dickson, Negeri Sembilan.

²⁹ Umur hilal adalah waktu yang dihitung dari ijtimak sampai terbenamnya Matahari.

pandangan, sensitivitas kontras dan kemampuan adaptasi. Empat faktor tersebut merupakan faktor yang dipandang berpengaruh dalam ilmu fisika optik, dan penerapannya dalam ilmu astronomi ternyata ada perbedaan. Dalam astronomi, kemampuan mata ini hanya didefinisikan dengan satu aspek saja yaitu ketajaman penglihatan. Menurut Schaefer, tingkat akuitas mata setiap individu berbeda-beda dan dinyatakan dalam besaran F_s (ketajaman penglihatan/*acuity factor*), untuk pengamat dengan penglihatan normal, besaran akuitas mata bernilai $F_s = 1$, dan untuk pengamat dengan penglihatan paling baik bernilai $F_s = 0,1 - 0,2$.³⁰ Pernyataan tersebut menurut penulis belum dapat mewakili faktor kemampuan mata (akuitas mata) dalam rukyatul hilal, karena belum jelas nilai akuitas mata (F_s) yang telah dirumuskan oleh Schaefer, apakah dapat mewakili 4 faktor kemampuan mata dalam ilmu fisika optik, atau tidak. Dari beberapa pemaparan di atas, penulis tertarik untuk mengkaji faktor akuitas mata tersebut dan ingin mengaitkannya dengan penerapan kriteria visibilitas hilal di Indonesia, khususnya kriteria MABIMS, beserta kasus pengamatan hilal yang ada.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana teori akuitas mata dalam visibilitas hilal?
2. Mengapa akuitas mata jarang dipakai dalam perumusan kriteria visibilitas hilal?

³⁰ Bradley E. Schaefer, *Telescopic Limitng Magnitudes*, Publications of The Astronomical Society of The Pasific, February 1990. hlm. 215.

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui teori akuitas mata dalam kriteria visibilitas hilal.
2. Mengetahui sebab jaranganya akuitas mata dipakai dalam perumusan kriteria visibilitas hilal.

Manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui urgensi penerapan akuitas mata dalam kriteria visibilitas hilal
2. Teori tentang akuitas mata dapat dijadikan sebagai acuan konsep baru penentuan kriteria visibilitas hilal.
3. Kasus-kasus pengamatan hilal yang selama ini dianggap sebagai pengamatan yang kurang sesuai dengan ilmu astronomi, ada kemungkinan dapat dibenarkan dengan penggunaan faktor akuitas mata.
4. Faktor akuitas mata dapat pula dijadikan sebagai faktor pertimbangan dalam penerimaan laporan keberhasilan rukyatul hilal.

D. Kajian Pustaka

Ada beberapa penelitian yang memiliki hubungan dengan penelitian yang akan diangkat oleh penulis, di antaranya :

“Model Visibilitas Kastner Dalam Kasus Hilal Rekor Dunia Dengan Menyertakan Faktor Akuitas Mata Pengamat” oleh Binta Yunita, Judhistira AU., Waslaluddin. Dalam penelitian ini peneliti berusaha mencari suatu pembenaran dalam kriteria visibilitas Kastner yang tidak sesuai dengan

pengamatan hilal rekor dunia. Peneliti memodifikasi kriteria visibilitas hilal Kastner dan menambahkan faktor akuitas mata pengamat. Dalam penelitian ini peneliti belum membahas utuh bagaimana teori akuitas mata yang dipakai dalam kriteria visibilitas hilal.³¹

“Analisis Visibilitas Hilal Penentu Awal Ramadhan dan Syawal 1433 H dengan Model Fungsi Visibilitas Kastner” oleh Judhistira Aria Utama. Penelitian ini membahas mengenai kemungkinan penerapan kriteria visibilitas hilal yang cocok di Indonesia. Peneliti melakukan pengamatan mengenai kasus hilal yang tak terbantahkan, ia memandangnya dari sudut pandang kriteria visibilitas hilal Kastner. Penelitian ini belum menyinggung secara dalam penerapan dan perbandingan MABIMS dan kriteria Kastner tersebut.³²

“Kriteria Visibilitas Hilal dalam Penetapan Awal Bulan di Indonesia” 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 astronomi harus tetap dijadikan bahan rujukan juga oleh para peneliti, karena sifat kriteria visibilitas hilal itu relatif tentatif.³³ Penulis sepakat dengan Suhardiman, hasil pengamatan hilal di luar nalar astronomi seharusnya dijadikan sebagai bahan penelitian, bukan hanya sekedar ditolak dan tidak dianggap.

³¹ Binta, Yunita dan Judhistira, *Model Visibilitas Kastner dalam Kasus Hilal Rekor Dunia dengan Menyertakan Faktor Akuitas Mata Pengamat*. Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa (SNSA), LAPAN. 2016. hlm 60.

³² Judhistira Aria Utama, *Analisis Visibilitas Hilal Penentu Awal Ramadhan dan Syawal 1433 H. dengan Model Fungsi Visibilitas Kastner*. Seminar Nasional Fisika 2012, Universitas Negeri Semarang. hlm 1.

³³ Suhardiman, *Kriteria Visibilitas Hilal dalam Penetapan Awal Bulan Kamariah di Indonesia*. Jurnal Khatulistiwa. Vol. 3. No.1. hlm.15.

“Visibilitas Hilal dalam Modus Pengamatan Berbantuan Alat Optik dengan Model Kastner yang Dimodifikasi” oleh Binta Yunita, Judhistira AU., Waslaluddin. Penelitian ini hampir serupa dengan penelitian sebelumnya, namun ada penambahan faktor alat optik³⁴. Binta berusaha untuk memodifikasi kriteria Kastner dengan menambahkan beberapa faktor, di antaranya adalah pembesaran citra oleh alat optik. Penelitian ini juga akan dijadikan sumber bagi penulis untuk perumusan teori akuitas mata, karena meskipun menggunakan alat optik, akuitas mata juga tetap berpengaruh dalam penglihatan manusia

E. Kerangka Teori

1. Landasan Filosofis

Penelitian ini berusaha menjawab sebuah permasalahan dalam penentuan awal bulan Kamariah, khususnya bulan Ramadan, Syawal dan Zulhijah.. Allah berfirman dalam al-Quran surat al-Baqarah ayat 185:

... فَمَنْ شَهِدَ مِنْكُمُ الشَّهْرَ فَلْيَصُمْهُ ... (١٨٥)

Artinya : Barang siapa di antara kamu ada di bulan itu, maka berpuasa. (QS.al-Baqarah/02:185)³⁵

Surat al-Baqarah ayat 185 di atas menjelaskan mengenai kewajiban berpuasa ketika masuk bulan Ramadan, teks ayat tersebut menggunakan

³⁴ Binta Yunita, dkk. *Visibilitas Hilal dalam Modus Pengamatan Berbantuan Alat Optik dengan Model Kastner yang Dimodifikasi*. Proseding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya. Bale Sawala Universitas Padjajaran, Jatinangor. hlm.1.

³⁵ Kemenag RI, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, jil 1. Jakarta : PT.Sinergi Pustaka Indonesia. 2012. hlm. 269.

kata شهد , dalam tafsir Jala>lain شهد bermakna حضر yang berarti “hadir/berada”, dan شهر رمضان bermakna الشهر 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.³⁶ Sementara itu dalam tafsir Baid}awi> menyebutkan bahwa ada perbedaan dalam pemaknaan ayat tersebut, salah satunya seperti yang dijelaskan dalam tafsir Jala>lain 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.³⁷

Dalam hadis, penentuan awal bulan Kamariah ini juga disebutkan:

حَدَّثَنِي حَزْمَلَةُ بْنُ يَحْيَى أَخْبَرَنَا ابْنُ وَهْبٍ أَخْبَرَنِي يُونُسُ عَنْ ابْنِ شِهَابٍ قَالَ حَدَّثَنِي سَالِمُ بْنُ

عَبْدِ اللَّهِ أَنَّ عَبْدَ اللَّهِ بْنَ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا قَالَ سَمِعْتُ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ

يَقُولُ إِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَصُومُوا وَإِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَأَفْطِرُوا فَإِنْ غُمَّ عَلَيْكُمْ فَأَقْدِرُوا لَهُ (رواه مسلم)³⁸

³⁶ Jalaluddin Muhammad Ibn Ahmad al-Mahally dan Jalaluddin Abdurrahman Ibn Abi Bakr al-Suyuthy. *Tafsir al-Jalalain*. Mauqi' al-Islam. tt. hlm.28.

³⁷ Nasiruddin Abu Sa'id Abdillah Ibn Umar Ibn Muhammad al-Syairazi al-Baidhawi. *Anwar al-Tanzil wa Asrar al-Takwil al-Ma'ruf bi Tafsir al-Baidhawi*. Mauqi' al-Tafasir. tt. hlm 124. Lihat pula Abu 'Abdillah Muhammad Ibn Umar Ibn al-Hasan Ibn al-Husain al-Taimy al-Razi. *Tafsir al-Fakhru al-Razi*. juz. 5. tt. hlm. 89.

³⁸ Muslim bin al-Hajjaj Abu al-Hasan al-Qusyairy al-Naisaburi, *al-Jami' al-Shahih al-Musamma Shahih Muslim*. tp. 1992. hlm. 481-483.

Artinya : Telah menceritakan pada saya Harmalah ibnu Yahya, telah memberi kabar kepada kami Ibnu Wahbi, telah memberi kabar kepada saya Yunus dari Ibnu Syihab berkata : telah menceritakan kepada saya Salim Ibnu Abdillah bahwa Abdullah Ibnu Umar r.a berkata : saya mendengar Rasulullah s.a.w bersabda : apabila melihat hilal berpuasalah, dan apabila kamu melihatnya maka berbukalah (ber-idulfitri-lah) jika hilal terhalang oleh awan terhadapmu, maka kadarkanlah. (HR. Muslim)

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 *بمساب 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'akhiri. 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 *فإن غيبي عليكم فأكملوا عدة شعبان ثلاثين*. Ini adalah pendapat jumhur ulama, di antaranya yaitu Imam Malik, Imam Syafi'i, dan Abu Hanifah.³⁹

2. Akuitas Mata

³⁹ 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. hlm. 680.

Dalam penelitian kali ini penulis akan meneliti mengenai salah satu tata cara penentuan awal bulan yaitu rukyatul hilal. dalam pembahasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa salah satu faktor yang berpengaruh dalam berhasilnya rukyatul hilal adalah tingkat kemampuan mata manusia.

Sebagai alat pengindraan manusia untuk dapat menerima informasi dari lingkungan, mata memiliki beberapa kemampuan yang dilihat dari segi visual, kemampuan tersebut adalah sebagai berikut:

a. Akomodasi

Akomodasi adalah suatu proses pemfokusan dan penyesuaian lingkungan lensa mata, yang dilakukan dengan menggunakan otot getar di sekitar lensa mata. Kemampuan untuk menyesuaikan diri secara fisis dapat dilihat pada keadaan menebal atau menipisnya lensa mata. Kemampuan akomodasi ini berbanding lurus dengan bertambahnya umur manusia⁴⁰

b. Ketajaman pandangan⁴¹

Visual *acuity* adalah kemampuan mata untuk membedakan secara cermat (objek dan latar belakangnya), yang sangat bergantung pada kemampuan akomodasi mata.

Ketajaman pandangan terdiri atas perbedaan persepsi atau jarak. Pada umumnya ketajaman pandangan bertepatan dengan kekuatan memecahkan suatu visual yang dihadapi oleh sistem optik. Untuk

⁴⁰ Tarwaka, dkk. Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas, Surakarta : UNIBA PRESS, 2004. 79-81

⁴¹ J.F. Gabriel, *Fisika Kedokteran*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1996, hlm. 154-155.

akomodasi mata lebih umum daripada ketajaman pandangan, akomodasi lebih kepada cepat lambatnya daya mata untuk memperoleh fokus suatu objek, sementara ketajaman mata lebih kepada rentang fokus yang dapat diterima oleh mata.

Ketajaman pandangan ini dalam dunia klinik lebih dikenal dengan istilah *visus*⁴². Tapi bagi seorang ahli fisika ketajaman pandangan ini biasanya disebut resolusi mata⁴³.

c. Peka terhadap kontras (*Contras Censitivity*)⁴⁴

Kontras merupakan derajat terang gelapnya suatu objek dibandingkan dengan latarnya. Ambang batas kontras adalah jumlah kontras minimal yang dibutuhkan untuk membedakan objek dengan latarnya. Sensitivitas kontras merupakan kebalikan dari ambang batas kontras yaitu kemampuan mata untuk mencari perubahan cahaya yang minimal dalam mendeteksi suatu objek dengan berbagai frekuensi spasial dan atau berbagai tingkat kontras.

d. Adaptasi

Adaptasi adalah kemampuan mata untuk dapat menyesuaikan diri pada kondisi pencahayaan sumber informasi. Kemampuan ini

⁴² Visus adalah istilah yang digunakan dalam penentuan penggunaan kacamata, pemeriksaan visus ini biasanya dilakukan dengan bantuan diagram Snellen yang terdiri dari susunan huruf kecil yang ukurannya semakin membesar. Cara pemeriksaannya dengan melihat diagram ini pada jarak yang telah ditentukan dan menghitung perbandingan kemampuan mata normal dan kemampuan mata pengamat dalam melihat.

⁴³ Pemahaman resolusi mata sebenarnya sama dengan visus. Akan tetapi ahli fisika lebih rinci dalam pendefinisianannya. Resolusi Mata atau Daya Resolusi Mata adalah kemampuan mata untuk dapat membedakan dua titik/dua garis yang berdekatan sehingga dapat dideteksi sebagai dua titik/dua garis yang terpisah. Lihat J.F. Gabriel, *Fisika...* hlm. 187.

⁴⁴ Ludwig Melino Tjokrovonco, *Peranan Sensitivitas Kontras dalam Fungsi Penglihatan*, Departemen Ilmu Kesehatan Mata, Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran. 2017. hlm..2-3.

disebabkan oleh fungsi sel-sel fotoreseptor yang ada pada retina, yaitu sel-sel antena dan sel-sel kerucut. Sel antena berfungsi pada kondisi pencahayaan rendah. Sedangkan sel kerucut berfungsi pada kondisi pencahayaan tinggi.

Pada tingkat perubahan cahaya yang mendadak, daerah pupil pada mata akan berubah (membesar/mengecil) dengan perbandingan sebesar 1:16. Proses yang terjadi kemudian kira-kira berlangsung 20 sampai 30 menit dari cahaya terang sampai kondisi gelap, sementara untuk adaptasi dari gelap ke terang biasanya berlangsung tidak lebih dari 3-2 menit.⁴⁵

e. Pembedaan warna

Pembedaan warna juga merupakan salah satu kemampuan mata (sel-sel fotoreseptor pada retina). Sel antena hanya mampu membedakan warna hitam dan putih, sedangkan sel kerucut mampu membedakan semua warna.

Kemampuan pembedaan warna ini pun akan diperlukan dalam rukyatul hilal, karena warna senja dan warna hilal yang hampir sama, maka mata dengan kemampuan pembedaan warna yang baik akan dengan lebih mudah membedakan cahaya hilal dan senja daripada mata dengan kemampuan pembedaan warna yang buruk.

⁴⁵ Robbin Kerrod, *Bengkel Ilmu Astronomi*, Jakarta : Penerbit Erlangga, 2005, hlm.10.

3. Kriteria Visibilitas Hilal

Sebelum menentukan nilai kriteria visibilitas hilal, para astronom pastinya telah melakukan beberapa observasi hilal, yang selanjutnya hasil dari observasi hilal tersebut diambil kesimpulan bagaimana kondisi hilal yang bisa dilihat. Biasanya para astronom memakai beberapa parameter untuk menyatakan hilal mungkin dilihat atau tidak, namun mereka berbeda-beda dalam memakai parameter.

Ada beberapa variabel yang biasanya digunakan sebagai parameter dalam observasi, yang kemudian dipakai sebagai acuan penentuan kriteria visibilitas hilal :⁴⁶

- 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
- 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.⁴⁷
- f. Beda Azimut (*DAz*) adalah Jarak antara Matahari dan Bulan dalam azimut/ beda azimut antara Matahari dan Bulan

⁴⁶ Mohamad SH. Odeh, *New Criterion for Lunar Crescent Visibility*, *Experimental Astronomy* 18:39-64, hlm. 41

⁴⁷ Beda tinggi ini berbeda dengan ketinggian hilal. Jika tinggi hilal dihitung dari ufuk, sedangkan beda tinggi dihitung dari piringan atas Matahari.

- g. Lebar Hilal (W) adalah Lebar dari cahaya hilal yang diukur dari diameter Bulan

Dari beberapa parameter di atas, 3 yang sering dipakai adalah elongasi ($ARCL$), Beda Tinggi ($ARCV$), dan Beda Azimut (DAZ).

Di bawah ini beberapa kriteria visibilitas hilal dengan faktor-faktor perumusannya :

a. Kriteria Odeh

Menurut Odeh, visibilitas hilal tidak bisa diprediksi hanya dengan satu parameter saja, meskipun ada satu kriteria yang hanya memakai satu parameter saja, yakni kriteria yang diusung oleh Schaefer (kriteria hanya berdasarkan Umur atau *Lag*), namun kriteria tersebut tidak bisa langsung dipakai dan harus diolah terlebih dahulu.

Untuk menghasilkan kriteria visibilitas yang akurat harus memakai dua parameter, satu parameter berfungsi untuk menyatakan kecerahan hilal, dan satu parameter lainnya untuk menyatakan jarak hilal dengan ufuk.⁴⁸

Asumsi yang paling sering digunakan oleh para ilmuwan astronomi untuk menyatakan cahaya hilal adalah elongasi ($ARCL$), karena cahaya hilal akan semakin bertambah seiring dengan bertambah besarnya elongasi Bulan dari Matahari, namun jika memakai faktor elongasi ini, masih ada celah kekurangan yang akan terjadi, yaitu elongasi akan menghasilkan kriteria dari cahaya hilal

⁴⁸ Mohamad SH. Odeh, *New Criterion ...* hlm. 41

yang sama dalam posisi *perigee* maupun *apogee*⁴⁹. Maka dari itu menurut Odeh, kriteria yang paling tepat untuk mendefinisikan cahaya hilal adalah lebar hilal (W), yang kemudian digandengkan dengan parameter kedua yaitu beda tinggi ($ARCV$).⁵⁰

b. Kriteria MABIMS⁵¹

Kriteria MABIMS lama ditentukan dengan parameter tinggi hilal 2° , elongasi 3° atau umur bulan 8 jam. Kriteria ini cukup lama digunakan oleh Indonesia. Kesaksian rukyat dengan kondisi hilal di atas 2-3-8 akan diterima, dan kesaksian di bawah 2-3-8 akan ditolak dan penentuan bulan ditetapkan berdasarkan istikma >1 .⁵² kriteria ini sebenarnya secara astronomis dianggap terlalu rendah, walau ada beberapa kesaksian yang secara hukum dapat diterima karena saksi telah disumpah oleh Hakim Pengadilan Agama, namun, dengan kriteria 2-3-8 tersebut, sabit hilal masih terlalu tipis sehingga tidak mungkin mengalahkan cahaya *syafaq* (cahaya senja) yang masih cukup kuat pada ketinggian 2 derajat setelah matahari terbenam. Oleh karenanya dalam beberapa pertemuan Tim Hisab Rukyat Kementerian Agama dan pertemuan anggota MABIMS (Brunei Darussalam,

⁴⁹ Perigee adalah jarak terdekat Bulan dari Bumi. Apogee adalah jarak terjauh Bulan dari Bumi.

⁵⁰ Mohamad SH. Odeh, *New Criterion...* hlm. 41-42

⁵¹ Thomas Djamaluddin, *Naskah Akademik Usulan Kriteria Astronomis Penentuan Awal Bulan Hijriyah*, pada <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2016/04/19/naskah-akademik-usulan-kriteria-astronomis-penentuan-awal-bulan-hijriyah/> diakses tanggal 20 November 2017, pukul 11:56 WIB.

⁵² Ahmad Izzuddin, *Dinamika Hisab Rukyat di Indonesia*. Jurnal Hukum Istinbath. Vol.12, No.2, November 2015. hlm. 16.

Indonesia, Malaysia, dan Singapura) kriteria 2-3-8 diusulkan untuk diubah.

Dalam kriteria MABIMS yang baru menghasilkan kriteria tinggi hilal minimal 3° , yang ambil dari penelitian Ilyas, Caldwell- Laney dan elongasi bulan $6,4^\circ$, diambil dari penelitian Odeh.

Dari hasil rukyat jangka panjang selama ratusan tahun, diketahui bahwa elongasi minimal agar hilal cukup tebal untuk bisa dirukyat adalah $6,4$ derajat (diambil dari kriteria Odeh)⁵³. Dan dari data rukyat global, diketahui bahwa tidak ada kesaksian hilal yang dipercaya secara astronomis yang beda tinggi Bulan-Matahari kurang dari 4 derajat atau tinggi bulan saat matahari terbenam tidak ada yang kurang dari 3 derajat. Ilyas⁵⁴ memberikan kriteria visibilitas hilal dengan beda tinggi Bulan-Matahari minimum 4° (tinggi bulan minimum 3°). Dari data SAAO, Caldwell dan Laney⁵⁵ membuat kriteria visibilitas hilal dengan memisahkan pengamatan dengan mata telanjang dan dengan alat bantu optik. Secara umum, syarat minimal beda tinggi Bulan-Matahari menurut mereka adalah $(\text{dalt}) > 4^\circ$ atau tinggi bulan $> 3^\circ$.

c. Kriteria Sultan dan Kastner

Visibilitas hilal dalam model Kastner lebih ditekankan pada faktor kontras latar belakang senja, yaitu :

⁵³ Mohamad SH. Odeh, *New Criterion...* hlm. 62

⁵⁴ Ilyas, M. *Limiting Altitude Separation in The New Moon's First Visibility Criterion*. *Astron Astrophys*, Vol.206. Tahun 1988, hlm. 134.

⁵⁵ Caldwell, JAR and Laney, *First Visibility of the Lunar crescent*, *MNASSA*, Vol.58, Nos. 11&12, Tahun 2001, hlm.157.

- Kecerahan latar belakang langit saat senja, hal ini dipengaruhi oleh cahaya Matahari meskipun Matahari sudah tenggelam.
- Ekstensi atmosfer, faktor ini berhubungan dengan masa udara di suatu tempat.
- Luminasi langit malam, faktor ini berasal dari cahaya langit, cahaya bintang dan cahaya zodiak.⁵⁶

Ketiga faktor tersebut dikalkulasi dan nilainya harus lebih kecil daripada nilai kecerahan hilal sehingga akan menghasilkan visibilitas hilal positif.⁵⁷ Dalam perhitungan sebelumnya juga dibutuhkan beberapa faktor astronomis sebagai acuan perhitungan, di antaranya adalah jarak zenith, beda azimuth, sudut depresi Matahari (sebaran cahaya Matahari), magnitude semu visual Bulan dan Semi Diameter.⁵⁸

Sementara itu untuk kriteria visibilitas hilal Sultan, parameter yang digunakan oleh Sultan hampir sama dengan Kastner. Parameter menurut Sultan yaitu :⁵⁹ 1) Geometri Matahari, Bulan dan Ufuk. 2) Lebar dan Iluminasi Hilal. 3) Penyerapan Cahaya Bulan Oleh Atmosfer. 4) Penyebaran Cahaya di Atmosfer. 5) Psikofisiologi penglihatan manusia.

⁵⁶ Sidney O. Kastner, *Calculation of The Twilight Visibility Function Of Near-Sun Object*, The Journal Of The Royal Astronomical Society Of Canada Vol.70 No.4. Tahun 1976. hlm. 154-159

⁵⁷ Sidney O. Kastner, *Calculation...* hlm. 160

⁵⁸ Judhistira A. Utama, dkk. *Criteria Of Hilal Visibility in Indonesia by Using Kastner Model*, Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia Vol.9 Tahun 2013. hlm. 200.

⁵⁹ A. H. Sultan, *First Visibility of The Lunar Crescent : Beyond Danjon's Limit*. The Observatory Journal Vol.127. Tahun 2007 hlm.54.

Untuk 3 faktor pertama bisa dihitung secara mudah. Kalkulasi parameter ke-4 harus berdasarkan pada lokasi tertentu. Dan untuk faktor ke-5 tentang penglihatan manusia Sultan lebih mengarah kepada definisi sudut visual, seperti pendapat Blackwell yang dikutip oleh Clark tentang kemungkinan terlihatnya objek benda langit berdasarkan ambang batas kontras. Jika kontras antara permukaan objek dan *background* lebih besar daripada ambang batas kontras, maka objek dapat dilihat, dan jika kontras antara permukaan objek dan *background* lebih kecil daripada ambang batas kontras maka tidak bisa dilihat.⁶⁰

F. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan jenis penelitian kualitatif.⁶¹ Penulis menggunakan jenis penelitian ini karena penulis ingin memahami lebih dalam mengenai: 1) Pola dan teori akuitas mata, karena dugaan penulis ada perbedaan persepsi dalam pendefinisian akuitas mata antara ilmu falak/astronomi dan ilmu fisika optik/medis. 2) Faktor-faktor penting yang berhubungan dengan perumusan kriteria visibilitas hilal. Penulis ingin mencari dimana sebenarnya peran dari faktor akuitas mata dalam kasus kemungkinan terlihat atau tidaknya cahaya hilal.

⁶⁰ A. H. Sultan, *Explaining and Calculating The Length Of The New Crescent Moon*. The Observatory Journal Vol.125. Tahun 2005. hlm.228-229.

⁶¹ Metode kualitatif memiliki tujuan mencari pengertian yang mendalam tentang suatu gejala, fakta atau realita. Lihat J.R.Raco, *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta : Grasindo. 2010. hlm.1-2.

Pendekatan yang digunakan oleh penulis adalah Studi Kasus⁶², digunakan untuk mengetahui secara mendalam mengenai kasus-kasus pengamatan rukyatul hilal di Indonesia, pendekatan ini penulis pakai dengan cara menerapkan faktor akuitas mata yang telah dikonsepskan sebelumnya dalam kriteria visibilitas hilal MABIMS, kemudian mencocokkan hasil visibilitasnya dengan hasil pengamatan yang sudah ada.

2. Sumber Data

a. Sumber Primer

Sumber primer diambil dari buku tentang penglihatan mata yaitu “Fisika Kedokteran” karya J.F. Gabriel⁶³ dan “Astronomi and The Limits of Vision” karya Bradley E. Schaefer⁶⁴.

b. Sumber Sekunder

Data sekunder diambil dari penelitian-penelitian yang berhubungan dengan kriteria visibilitas hilal yaitu penelitian dari Hoffman⁶⁵, Schaefer⁶⁶, Sultan⁶⁷, Kastner⁶⁸ dan Odeh⁶⁹. Penulis juga

⁶² Studi Kasus digunakan apabila peneliti ingin memahami atau menekankan pada pemahaman tentang suatu isu atau merumuskan kembali (*redefine*) suatu penjelasan teoritis. Penelitian Kualitatif dapat digunakan dengan pendekatan Studi Kasus dengan jalan mengembangkan konsep, mengumpulkan data, memverifikasi konsep, menguji lagi, mengembangkan lagi, mengumpulkan data lagi di lapangan dan seterusnya, sehingga konsep/teori yang dibangun dapat sesuai dengan fakta lapangan yang ada. Coba lihat Sandu Siyoto & Ali Sodik. *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta : Literasi Media Publishing. 2015. hlm. 29.

⁶³ J.F. Gabriel, *Fisika...*

⁶⁴ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits of Vision*, *Vistas in Astronomy*, Vol.36. 1993.

⁶⁵ Roy E. Hoffman, *Observing...*

⁶⁶ Bradley E. Schaefer, *Telescopic...*

⁶⁷ A. H. Sultan, *First...*

⁶⁸ Sidney O. Kastner, *Calculation...*

⁶⁹ Mohamad SH. Odeh, *New Criterion...*

mengacu kepada penelitian Judhistira, Binta dan Waslaluddin yang berjudul “Model Visibilitas Kastner dalam Kasus Hilal Rekor Dunia dengan Menyertakan Faktor Akuitas Mata Pengamat”. Data sekunder juga penulis ambil dari wawancara dengan Judhistira untuk mendukung pemahaman penulis mengenai teori perumusan kriteria visibilitas hilal. dan juga wawancara kepada ahli fisika optik untuk penyelarasan teori akuitas mata dalam ilmu fisika optik dan akuitas mata dalam kriteria visibilitas hilal. data sekunder selanjutnya yaitu himpunan laporan pengamatan hilal dari Kemenag, yang selanjutnya akan dikaji untuk pengujian dalam penerapan teori.

3. Fokus Penelitian

Fokus penelitian yang diambil adalah tentang akuitas mata dalam kriteria visibilitas hilal, data yang dibutuhkan adalah teori akuitas mata dari berbagai disiplin ilmu, konsep perumusan kriteria visibilitas hilal dari berbagai kriteria dan data pengamatan hilal (yang menjadi kontroversi) untuk sarana penerapan objek penelitian.

4. Pengumpulan Data

a. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dengan mengkaji sumber data primer dan sekunder tertulis, seperti yang penulis sebut diatas, kemudian

menyimpulkan hasilnya. Hasil tersebut dipakai sebagai pijakan penulis dalam perumusan teori.

b. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada Judhistira Aria Utama. Wawancara pada Judhistira dipakai penulis untuk memperdalam materi tentang teori akuitas mata dalam penelitiannya serta penerapannya dalam kriteria visibilitas hilal. Diharapkan dengan wawancara ini, penulis dapat menemukan titik temu antara 2 persepsi yang berbeda, yaitu teori akuitas mata menurut ilmu astronomi dan fisika optik/medis.

c. Observasi

Penulis juga membutuhkan teknik observasi untuk menerapkan objek penelitian ke dalam beberapa kasus. Observasi yang dilakukan penulis dalam penelitian kali ini adalah observasi tidak langsung, dengan data-data angka dari keadaan hilal dalam beberapa kasus laporan rukyatul hilal di Indonesia. Data-data tersebutlah yang akan dipakai sebagai acuan penerapan teori akuitas mata.

5. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan oleh penulis adalah analisis deskriptif⁷⁰, eksplanasi⁷¹ dan komparatif. Dengan metode tersebut penulis akan mendeskripsikan dan menguraikan beberapa faktor yang berhubungan

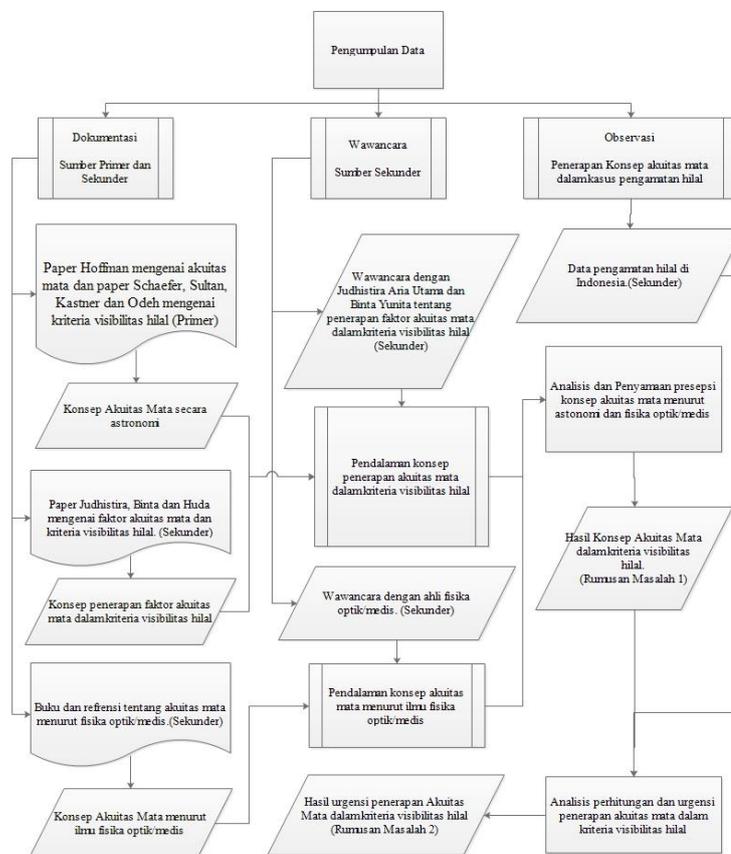
⁷⁰ Analisis deskriptif dalam studi kasus bertujuan untuk menggambarkan suatu gejala atau realita. Lihat J.R.Raco, *Metode...* hlm.50.

⁷¹ Analisis eksplanasi mengkaji hubungan sebab-akibat di antara dua fenomena atau lebih. Penelitian seperti ini dipakai untuk menentukan apakah suatu eksplanasi (keterkaitan sebab-akibat) valid atau tidak, atau menentukan amana yang lebih valid diantara dua (atau lebih) eksplanasi yang saling bersaing. Lihat Sandu Siyoto & Ali Sodik. *Dasar Metodologi Penelitian*. hlm. 8.

dengan objek penelitian yaitu akuitas mata dan kriteria visibilitas hilal, kemudian penulis dengan bantuan data primer dan sekunder berusaha menggabungkan dan membandingkan pemikiran-pemikiran dari para ahli untuk menemukan dan menyatukan persepsi dari teori akuitas mata menurut ilmu astronomi dan fisika optik/medis. Penulis juga menggunakan analisis eksperimen untuk mencari urgensi dari penerapan faktor akuitas mata dalam kriteria visibilitas hilal. Penulis akan berusaha untuk menguji teori akuitas mata dalam beberapa kasus pengamatan hilal, yang kemudian diambil pengaruh dan disimpulkan urgensinya.

6. Langkah-langkah Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:



G. Sistematika Pembahasan

Bab I. Pendahuluan, berisi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan - Manfaat Penelitian, Kajian Pustaka, Kerangka Teori, Metode Penelitian, dan Sistematika Pembahasan.

Bab II. Kriteria Visibilitas Hilal. Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori kriteria visibilitas hilal yang terdiri dari : Landasan Hukum Kriteria Visibilitas Hilal, Sejarah Perkembangan Obsevasi Hilal - Kriteria Visibilitas Hilal, dan Sekilas tentang Fisiologi Penglihatan Manusia dalam Kriteria Visibilitas Hilal.

Bab III. Penglihatan Mata Perspektif Ilmu Astronomi dan Ilmu Fisika Optik/Medis, akan diuraikan beberapa data mengenai akuitas mata dari sisi ilmu Astronomi dan ilmu Fisika Optik/Medis, kemudian akan diulas Akuitas Mata dalam Kriteria Visibilitas Hilal.

Bab IV. Penerapan Akuitas Mata dalam Kriteria Visibilitas Hilal. akan diuraikan bab mengenai Kasus-kasus Pengamatan Hilal, Kriteria Visibilitas Hilal dengan Akuitas Mata Pengamat, Penerapan dan Verifikasi Rukyatul Hilal dengan Akuitas Mata Pengamat, kemudian akan diambil urgensi dari penerapan tersebut.

Bab V. Penutup, dalam bab ini penulis akan menarik kesimpulan dari apa yang telah dipaparkan dan dianalisis.

BAB II

KRITERIA VISIBILITAS HILAL

A. Landasan Hukum Kriteria Visibilitas Hilal

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. Di antara hadis-hadis tersebut adalah hadis riwayat Ibnu Umar :

إِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَصُومُوا وَإِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَأَفْطِرُوا فَإِنْ عُمَّ عَلَيْكُمْ فَأَقْدِرُوا لَهُ¹

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

Metode tersebut adalah metode hisab dan rukyat. Metode rukyat mempraktekkan hadis secara z}ahir sesuai praktek pada masa Nabi Muhammad SAW. Sementara metode hisab lebih memahami hadis secara kontekstual sehingga melahirkan metode yang memanfaatkan perkembangan ilmu dan teknologi, yaitu ilmu perhitungan benda-benda langit (Astronomi).

¹ Muslim bin al-Hajjaj Abu al-Hasan al-Qusyairy al-Naisaburi, *al-Jami' al-Shahih al-Musamma Shahih Muslim*. tp. 1992. hlm. 481-483.

Pada tahap selanjutnya muncullah pemikiran untuk menyatukan dua metode tersebut. Pemikiran ini berawal dari keresahan yang timbul di tengah masyarakat yang disebabkan oleh :

- 1) Ketidakpastian dalam mengawali awal bulan kamariah.
- 2) Perbedaan metode rukyat dan hisab.

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

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

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ
السِّنِينَ وَالْحِسَابِ ... (٥)

“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)²

وَالْقَمَرَ قَدَرْنَاهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ (٣٩)

“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)³

² Depag RI, *Al-Quran dan Terjemahnya*, Semarang : CV. Toha Putra, 1989. hlm. 297.

³ Depag RI, *Al-Quran*, hlm. 700.

Dalam ayat-ayat ini dapat diketahui bahwa Allah telah menciptakan Bulan sebagai penanda waktu bagi manusia, dalam kitab Tafsir *Fathu al-Qa>dir* dijelaskan bahwa *z}a>mir* pada kalimat وقدره منازل (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)⁴, (dalam surat Yasin : 39 diumpamakan seperti pelepah pohon kurma yang sudah menguning dan tua).⁵ 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).⁶

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

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْأَهْلِ قُلْ هِيَ مَوَاقِيتُ لِلنَّاسِ وَالْحَجِّ ... (١٨٩)

“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)⁷

⁴ Muhammad Ibn ‘Ali Ibn Muhammad al-Syaukani, *Fathu al-Qadir al-Jami’ baina Fanni al-Riwayat wa al-Dirayat min ‘Ilm al-Tafsir*. Mauqi’ al-Tafsir. tt. hlm. 611-612.

⁵ Abu Bakr al-Jazair, *Aisar al-Tafasir*, Mauqi’ al-Tafasir tt. juz 4. hlm. 377.

⁶ Muhammad Ibn ‘Ali Ibn Muhammad al-Syaukani, *Fathu a-Qadir*, hlm. 611-612.

⁷ Depag RI, *Al-Quran*, hlm. 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-Tafsi* juga disebutkan bahwasanya dengan adanya peredaran bulan ini pula kita dapat mengetahui kapan dimulainya bulan Ramadan dan bulan Haji.⁸

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

... فَمَنْ شَهِدَ مِنْكُمُ الشَّهْرَ فَلْيَصُمْهُ ... (١٨٥)

Barang siapa di antara kamu ada di bulan itu, maka berpuasalah. (QS.al-Baqarah/02:185)⁹

Surat al-Baqarah ayat 185 di atas menjelaskan mengenai kewajiban berpuasa ketika masuk bulan Ramadan, teks ayat tersebut menggunakan kata شهد , dalam tafsir *Jala>lain* شهد bermakna حضر yang berarti “hadir/berada”, dan الشهر bermakna شهر رمضان yang berarti “bulan Ramadan”. Jadi ayat ini masih bersifat umum, hanya berisi mengenai kewajiban puasa ketika masuk bulan

⁸ Abu Bakr al-Jazair, *Aisar al-Tafsi*, juz 1.hlm.170-171.

⁹ Kemenag RI, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, jil 1. Jakarta : PT.Sinergi Pustaka Indonesia. 2012. hlm. 269.

Ramadan, sementara hal-hal mengenai tata cara penentuan masuknya bulan Ramadan belum dijelaskan.¹⁰ Sementara itu dalam tafsir *Baid}awi*> menyebutkan bahwa ada perbedaan dalam pemaknaan ayat tersebut, salah satunya seperti yang dijelaskan dalam tafsir *Jala>lain* 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.¹¹

Dalam ayat lain Allah pun berfirman :

يَمْعَثِرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسِ إِنْ أَسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ
فَأَنْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ (٣٣)

“Hai jama’ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan Bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan.” (Q.S. al-Rahman/55:33)¹²

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”.¹³

¹⁰ Jalaluddin Muhammad Ibn Ahmad al-Mahally dan Jalaluddin Abdurrahman Ibn Abi Bakr al-Suyuthy. *Tafsir al-Jalalain*. Mauqi’ al-Islam. tt. hlm.28.

¹¹ Nasiruddin Abu Sa’id Abdillah Ibn Umar Ibn Muhammad al-Syairazi al-Baidhawi. *Anwar al-Tanzil wa Asrar al-Takwil al-Ma’ruf bi Tafsir al-Baidhawi*. Mauqi’ al-Tafasir. tt. hlm 124. Lihat pula Abu ‘Abdillah Muhammad Ibn Umar Ibn al-Hasan Ibn al-Husain al-Taimy al-Razi. *Tafsir al-Fakhru al-Razi*. juz. 5. tt. hlm. 89.

¹² Kemenag RI, *Al-Qur’an dan Tafsirnya*, hlm. 877.

¹³ Baca Abu al-Hasan Ali Ibn Muhammad Ibn Muhammad Ibn Habib al-Bashri al-Baghdadi al-Mawardi, *al-Nukat wa al-Uyun*, juz 5, Mauqi’ al-Tafasir, hlm. 434. Baca juga Muhammad al-

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

حَدَّثَنِي حَزْمَلَةُ بْنُ يَحْيَى أَخْبَرَنَا ابْنُ وَهْبٍ أَخْبَرَنِي يُونُسُ عَنْ ابْنِ شِهَابٍ قَالَ حَدَّثَنِي سَالِمُ بْنُ عَبْدِ اللَّهِ أَنَّ عَبْدَ اللَّهِ بْنَ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا قَالَ سَمِعْتُ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَقُولُ إِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَصُومُوا وَإِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَأَفْطِرُوا فَإِنْ غُمَّ عَلَيْكُمْ فَأَقْدِرُوا لَهُ (رواه مسلم)¹⁴

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

Dalam Syarah *al-Minha*>j, 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 *بمساب 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’akhiri>n. 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

Amin Ibn Muhammad al-Mukhtar Ibn Abd al-Qadir al-Syankithy, *Adhwa' al-Bayan fi Idhah al-Quran bi al-Quran*. Juz 3, Dar al-Fikr, 1995. hlm. 152, lihat pula Muhammad Hadi Bashori, *Penanggalan Islam*. Jakarta : Penerbit PT Elex Media Komputindo, 2013. hlm. 134-135

¹⁴ Muslim bin al-Hajjaj Abu al-Hasan al-Qusyairy al-Naisaburi, *al-Jami' al-Shahih al-Musamma Shahih Muslim*. tp. 1992. hlm. 481-483.

berbunyi فإن غيبي عليكم فأكملوا عدة شعبان ثلاثين. Ini adalah pendapat jumhur ulama, di antaranya yaitu Imam Malik, Imam Syafi'i, dan Abu Hanifah.¹⁵

Sementara itu menurut Syihabuddin al-Qalyubi hadis diatas memiliki 10 interpretasi yang beragam, yaitu :¹⁶

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 (rukayah) 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 astroomi 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

¹⁵ 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. hlm. 680.

¹⁶ Syihabuddin al-Qalyubi, *Hasyiyah Minhaj al-Thalibin*, Kairo : Mustafa al-Babi al-Halabi, jilid II, 1956. hlm 49 dikutip oleh Ahmad Izzuddin, *Fiqih Hisab Rukyah*, Jakarta : Penerbit Erlangga, 2007. hlm.3

9. Rukyah hanya untuk mengawali Ramadan, tidak untuk mengakhirinya.
10. Yang menghalangi rukyah hanya mendung, bukan selainnya.

Di hadis lain, dalam riwayat Bukhari disebutkan :

حَدَّثَنَا آدَمُ حَدَّثَنَا شُعْبَةُ حَدَّثَنَا الْأَسْوَدُ بْنُ قَيْسٍ حَدَّثَنَا سَعِيدُ بْنُ عَمْرٍو أَنَّهُ سَمِعَ ابْنَ عُمَرَ رَضِيَ
اللَّهُ عَنْهُمَا عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ أَنَّهُ قَالَ إِنَّا أُمَّةٌ أُمِّيَّةٌ لَا نَكْتُبُ وَلَا نَحْسِبُ الشَّهْرَ هَكَذَا
وَهَكَذَا يَعْنِي مَرَّةً تِسْعَةً وَعِشْرِينَ وَمَرَّةً ثَلَاثِينَ¹⁷

“Telah menceritakan kepada kami Adam, telah menceritakan kepada kami Syu’bah, telah menceritakan kepada kami al-Aswad Ibnu Qais, telah menceritakan kepada kami Said Ibnu Amr, 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).

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.¹⁸ 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 hisab pada zamannya masih sedikit, tetapi berbeda dengan masa sekarang, ilmu hisab sudah menjadi keahlian banyak orang, dan sudah dipelajari di berbagai lembaga, bahkan

¹⁷ Muhammad bin Ismail bin Ibrahim bin al-Mughirah, *al-Jami’ al-Shahih al-Musnad min Hadits Rasulillah SAW al-Syahir Shahih Bukhari*, tp. tt. hlm. 948.

¹⁸ Abu Zakariya Muhyi al-Din Yahya Ibn Syarif al-Nawawi. *Al-Majmu’ Syarh al-Muhadzdzab*. Mauqi’ Ya’sub, tt. juz 6. hlm. 274-276.

sudah menjadi kurikulum yang masyhur. Ilmu hisab ini pun juga sudah sangat mendekati kebenaran ilmiah karena tingkat kesalahannya hanya 1 : 100.000.¹⁹ Yusuf Qardhawi juga menambahkan bahwa yang dimaksud dengan ilmu hisab masa sekarang bukanlah ilmu astrologi atau ilmu nجوم yang dilarang oleh syara'.²⁰

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).²¹

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 (*Istilah al-Ru'yah*) b) mungkin dapat dilihat (*Imkan al-Ru'yah*) c) pasti dapat dilihat (*al-Qat}'u bi al-Ru'yah*).²²

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

¹⁹ Yusuf Qardhawi, *Tafsir al-Fiqh fi Dhau' al-Qur'an wa al-Sunnah (Fiqh al-Shiyam)*. Beirut : Muassisah al-Risalah, 1993. hlm. 30-31.

²⁰ Yusuf Qardhawi, *Tafsir al-Fiqh*, hlm. 30-31.

²¹ Syihabuddin al-Qalyubi. *Hasyiah al-Minhaj al-Thalibin*, Kairo : Mustafa al-Bab al-Halabi, 1956. Juz 3. hlm.49.

²² Syarwani, *Hasyiah Syarwani*. Kairo:Beirut, tt. juz 3. hlm.373.

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.²³

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 dimulai pada tahun 1998²⁴, 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 daripada kriteria yang diakui secara ilmiah oleh para astronom.²⁵

Melihat kondisi yang ada, betapa sulitnya untuk memadukan dua metode yang berbeda tersebut, dan potensi perbedaan dalam memulai awal bulan

²³ Thomas Djamauddin, *Menggagas Fiqih Astronomi: Telaah Hisab Rukyah dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, Bandung: Penerbit Kaki Langit, 2005, hlm. 61.

²⁴ 1 Syawal 1418/1998, Pemerintah berbeda dengan ormas Muhammadiyah dalam mengawali awal Syawal. Lihat 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. hlm.3.

²⁵ Ahmad Izzuddin, *Fiqih Hisab Rukyah : Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri dan Idul Adha*, Jakarta : Penerbit Erlangga, 2007. hlm.160.

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 2004.²⁶

Usaha dari MUI tersebut pun belum membawakan hasil yang memuaskan, karena sifat fatwa MUI yang tidak mengikat pada umat 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)²⁷, RHI (Rukyatul Hilal Indonesia)²⁸, 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. Sejarah Perkembangan Observasi Hilal dan Kriteria Visibilitas Hilal

Pengamatan bulan sabit dan kajian terhadap kriteria visibilitas hilal sudah lama dilakukan oleh para astronom terdahulu, sejarah mencatat bahwa

²⁶ 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, hlm. 115.

²⁷ Lihat Thomas Djamaluddin, *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Ummat*. Bandung : Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). 2011. hlm.18.

²⁸ Lihat Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm. 40.

penanggalan yang berpatokan pada pergerakan Bulan sudah mulai sejak masa Babilonia.²⁹ Pada masa itu (568-74 SM)³⁰, pengamatan Bulan 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, beberapa sekte Kristen dan peradaban Islam.³¹

1. Kriteria Klasik

Pengamatan Bulan sabit tercatat telah dilakukan semenjak peradaban Babilonia. Astronom Babilonia kuno mengamati Bulan saat Matahari terbenam dalam waktu-waktu tertentu tanpa bantuan alat optik. Tabel-tabel tanah liat (*cuneiform*) yang telah diekskavasi memperlihatkan observasi yang dilakukan secara terus menerus selama lima abad (568-74 SM).³² Mereka melakukan pengamatan dan penelitian Bulan sabit untuk kepentingan penentuan sistem kalender mereka. Di samping itu kepentingan ilmu astrologi³³ juga menjadi hal yang mendatangkan

²⁹ Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibilitas Hilal Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) (Konsep, Kriteria, dan Implementasi)*. Jurnal LP2IH-RHI, hlm. 34.

³⁰ Louay J. Fatoohi, *The Babylonian First Visibility of The Lunar Crescent: Data and Criterion*, NASA Astrophysics Data System. 1999. hlm. 52. Pada keterangan lain disebutkan antara tahun 626 SM s/d 75 M, lihat Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibilitas Hilal*. hlm. 34.

³¹ Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm. 34.

³² Muh.Ma'rufin Sudibyo, *Observasi Hilal di Indonesia dan Signifikansinya dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Hilal*. Jurnal LP2IF-RHI. Volume 24, Nomer 1, April 2014. hlm.123 dikutip dari Louay J. Fatoohi, dll. *The Danjon Limit of First Visibility of The Lunar Crescent*, The Observatory, Volume 118, 1998. Hlm 69.

³³ 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. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta : Buana Pustaka, 2005. hlm. 34.

ketertarikan untuk mengamati benda-benda langit, khususnya bulan pada saat itu.³⁴

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

- a. Umur Bulan > 24 jam
- b. *Lag Time*³⁵ = 48 menit³⁶

Kriteria ini berbentuk sangat sederhana, pada awalnya kriteria ini mengacu pada nilai $as \geq 12^{\circ 37}$, dengan letak Babilonia yang berada di Lembah Mesopotamia (lintang 23° LU), sehingga bisa diterjemahkan sebagai *Lag* ≥ 48 menit.³⁸

Di tempat yang lain juga muncul rumusan kriteria untuk pengamatan Bulan sabit, kriteria ini terbentuk hampir semasa dengan kriteria Babilonia yakni pada 500-700 M. Meskipun dengan sistem penanggalan yang berbeda, kriteria India dengan kalender *lunisolar*-nya pun membuat satu nilai untuk menentukan kapan terjadinya awal bulan yang mengacu pada fase Bulan. Kriteria India juga memakai acuan beda nilai Bulan dan

³⁴ Lihat Louay J. Fatoohi, *The Babylonian*, hlm.52.

³⁵ Beda Waktu antara terbenam Bulan dan Matahari

³⁶ Lihat Louay J. Fatoohi, *The Babylonian*, hlm.60.

³⁷ as adalah sudut jarak antara dua benda langit dalam equator, atau dapat pula diartikan sebagai beda *ascensio recta*. Lihat Mohammad Ilyas, *Sistem Kalender Islam*, Selangor, Dewan Bahasa dan Pustaka, 1997. hlm.81

³⁸ Muh.Ma'rufin Sudibyo, *Observasi Hilal*, hlm.124. lihat pula Lihat Louay J. Fatoohi, *The Babylonian*, hlm.60.

Matahari dalam ekuator sebesar 12° . keterangan ini dapat ditemui dalam Surya Sidhanta³⁹ (600 M) dan Khandakhadyaka (650 M).⁴⁰

Nilai tersebut diambil dari pergerakan Bulan terhadap Matahari secara sederhana (*'urfī*) 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*.⁴¹

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 muncullah sistem yang ada pada Surya Sidhanta.⁴²

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.⁴³

³⁹ Buku Astronomi pertama dalam peradaban India

⁴⁰ D. King, *Some Early Islamic Tables for Determining Lunar Crescent Visibility*, Annals of The New York Academy of Sciences, 1987. hlm.185-225 dikutip oleh Louay J. Fatoohi, *The Babylonian*, hlm.60.

⁴¹ Sudha Bhujle dan M.N. Vahia, *Calculation of Thithis, An Extension of Surya Sidhanta Formulation*, Annals of Bhandarkar Oriental Research Institute, 2006. hlm.2 lihat pula Chia Daphne, *Indian Calendars : Comparing The Surya Siddhanta and The Astronomical Ephemeris*. Departemen of Mathematics National University of Singapore. 2000. hlm.12

⁴² Mohammad Ilyas, *Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calendar*. NASA Astrophysics Data System, Vol.35. hlm. 433.

⁴³ Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm. 35.

Pada periode klasik lainnya, meskipun tidak terdapat perkembangan yang signifikan dalam kriteria visibilitas bulan sabit, namun praktek observasi dalam penentuan awal bulan yang beracuan pada Bulan sabit selalu dilakukan, contoh saja pada bangsa Cina⁴⁴, Ibrani dan Yahudi⁴⁵.

2. Kriteria pada Masa Peradaban Islam

Pada masa ini (700-1100 M), ilmu astronomi mencapai puncak kejayaannya, bukan hanya karena kepentingan teori sistem penanggalan mereka, tetapi secara keilmuan memang terjadi perkembangan pesat pada saat itu, bukan hanya astronomi, 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, yang diusung oleh para ahli astronomi, sebut saja Yaquub Ibn Thariq⁴⁶, ia adalah muslim yang paling awal membuat tabel ketetapan visibilitas hilal. Ia juga mengutarakan mengenai pentingnya variabel lebar hilal dalam penentuan kriteria.

Kriteria Babilonia dan India pun masih diperhitungkan pada masa ini, para astronom memakai nilai $as \geq 12^\circ$ untuk hilal yang tipis dan

⁴⁴ Lihat Helmer Aslaksen, *The Mathematics of the Chinese Calendar*, Departmen of Mathematics National University of Singapore, 2010. Hlm 14

⁴⁵ Lihat Herb Solinsky, *Historical Departure from the Biblical Calendar*. Document of The Biblical Calendar Resarcher. Agustus 2016. hlm. 16.

⁴⁶ 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*. Lihat https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Yaqub_ibn_Tariq_BE.html, diakses pada 7 Juli 2018. Pukul 11:45 WIB.

menambahkan $as \geq 10^\circ$ untuk hilal yang lebar, di antara para ahli astronomi tersebut adalah Habash⁴⁷, al-Khawarizmi⁴⁸ (w.830 M), al-Farghani⁴⁹, al-Battani⁵⁰ (850-929 M). Kemudian mereka membuat perbaikan perhitungan visibilitas hilal yang dianggap sebagai masalah pada saat itu, misalnya al-Khawarizmi yang memberikan model dan tabel matematika untuk memprediksi sabit baru, kemudian menekankan visibilitas hilal dengan parameter *ARCL* atau *ARCV*, dimana hilal dapat dilihat dengan $ARCL > 9,5^\circ$. Hal ini kemudian diikuti oleh astronom selanjutnya, di antaranya adalah Ibn Maimun (731-861 M). Ibn Maimun menetapkan variabel *ARCV* dan *ARCL* sebagai parameter dan memasukkan faktor musim semi dan musim gugur, dengan $9^\circ \leq ARCL \leq 24^\circ$ dan $ARCV + ARCL \geq 22^\circ$. Selanjutnya Ibn Qurrah⁵¹ (826-901 M) memperbaiki kriteria dari Ibn Maimun dengan $11^\circ \leq ARCL \leq 25^\circ$.

⁴⁷ 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. Lihat https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Habash_al-Hasib_BEA.htm, diakses pada 6 Juli 2018, pukul 9:45 WIB.

⁴⁸ Abu Ja'far Muhammad Ibn Musa al-Khawarizmi adalah seorang Astronomer dan Matematikawan pada pemerintahan khalifah al-Ma'mun. ia adalah penemu aljabar. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2012. hlm.24.

⁴⁹ Abul Abbas Ahmad al-Farghani ia dikenal sebagai pelopor astronomi modern, di Eropa ia dikenal dengan sebutan Alperganus. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*. hlm. 102.

⁵⁰ Ibnu Jabr al-Battani, dikenal dengan albatenius 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. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*. hlm. 99.

⁵¹ Tsabit bin Qurrah lahir pada 830 M, ia dikenal sebagai ahli astronomi dan merupakan salah satu penerus karya al-Khawarizmi. Ia pun sempat menerjemahkan karya Ptolomeus yaitu *Almagest*. Lihat https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Thabit_ibn_Qurra_BEA.htm, diakses pada 7 Juli 2018, pukul 07:46 WIB.

Pada masa selanjutnya al-Biruni⁵² pun merekomendasikan pemikiran al-Battani, bahwa al-Battani mengetahui ada hal yang lebih penting daripada parameter umur bulan (24 jam). Banyak parameter yang harus diperhitungkan, karena hilal tidak hanya tercakup dalam 1 busur (*arc*) saja, tetapi banyak busur yang harus diperhitungkan. Ia pun memberikan perhitungannya dengan 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*.

3. Masa Stagnasi Perkembangan Kriteria

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*

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*. hlm. 100.

⁵³ Lihat Mohammad Ilyas, *Lunar Crescent Visibility*, hlm. 430-433. Lihat pula Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudiby, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm. 35. Lihat pula Muh. Ma'rufin Sudiby, *Observasi Hilal*, hlm.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. Lihat http://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Sufi_BEA.htm, diakses pada 7 Juli 2018, pukul 10:34 WIB.

⁵⁵ Ghiyats al-Din Jamsyid al-Kashi, ahli astronomi dari wilayah Kashan, Iran. Dia membuat karya yang didedikasikan untuk Ulugh Begh yang berjudul *Khaqani Zij*. Lihat <https://www.britannica.com/biography/al-Kashi>, diakses pada 7 Juli 2018, pukul 01:32 WIB.

>12° dalam buku mereka *Astroglobes* dan *Khaqani Zij*.⁵⁶ Astronom lain juga ada yang berpendapat sama, di antaranya adalah Ibn Sina⁵⁷ (980 - 1037 M) dan al-Thusi⁵⁸ (1258-1274 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.

4. Kriteria Modern

Pada pertengahan abad 19 M, Schmidt⁶⁰ (1868) dari Athena membuat pengamatan yang cermat selama 20 tahun dan menghasilkan 72 data hilal, ia pun mencatat data-data yang berhubungan dengan pengamatan tersebut. Fotheringham⁶¹ (1910) kemudian memakai data-data dari Schmidt untuk mengembangkan kriteria visibilitas hilal dengan variabel Ketinggian dan Azimuth, mengikuti parameter yang sebenarnya telah ditemukan oleh al-

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

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. Lihat https://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Ibn_Sina_BEA.htm, diakses pada 6 Juli 2018, 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*. hlm. 116.

⁵⁹ Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Observasi Hilal*, hlm.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). hlm 564. Diakses dari https://www.jstor.org/stable/25138755?seq=1#page_scan_tab_contents, pada 7 Juli 2018, pukul 12:06 WIB.

⁶¹ John Knight Fotheringham, seorang astronomer asal British, ia sangat ahli dibidang ilmu Kronologi Peradaban Babilonia. Lihat <http://www.oxforddnb.com/view/10.1093/ref:odnb/9780198614128.001.0001/odnb-9780198614128-e-33220>, diakses pada 7 Juli 2018, pukul 12:11 WIB.

Biruni. Selanjutnya, kriteria Fotheringham direvisi oleh Maunder⁶² (1911) dengan menambahkan beberapa pengamatan dari Indian Astronomical Ephemeris oleh Carl Schoch⁶³, dan terbentuklah kriteria Fotheringham-Maunder dengan $ARCV \geq -0,01 DAz^2 - 0,05 DAz + 11$ ⁶⁴, atau dapat dilihat dari tabel berikut :⁶⁵

Tabel 1. Kriteria Fotheringham-Maunder

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

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

Pada periode 1932-1936, Danjon⁶⁸ juga meneliti visibilitas bulan sabit dengan menggunakan 75 data pengukuran untuk memahami pengaruh

⁶² Edward Walter Maunder, ahli astronomi, khususnya dalam bidang sunspot dan solar magnetic. Lihat <https://www.britannica.com/place/Sun/Solar-activity#ref1027849>, diakses pada 7 Juli 2018, pukul 12:12 WIB.

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

⁶⁴ Muh. Ma'rufin Sudiby, *Observasi Hilal*, hlm.125.

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

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

⁶⁷ Muh. Ma'rufin Sudiby, *Observasi Hilal*, hlm.125.

⁶⁸ Andre Louis Danjon, astronomer asal Perancis, ia adalah direktur dari Observatory of Strasbourg. Lihat <https://www.britannica.com/biography/Andre-Louis-Danjon>, diakses pada 7 Juli 2018, pukul 12:14 WIB.

$ARCL$ terhadap panjang sabit, dan ia menemukan bahwa pada $ARCL < 7^\circ$ nilai panjang sabit adalah 0 (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. Bruin⁷⁰ (1977) menyajikan kriterianya yang berdasarkan pada teori-teori yang berkembang pada masa peradaban Islam, Bruin juga mempertimbangkan beberapa variabel baru seperti kecerahan langit senja, kontras yang dapat dilihat, intensitas cahaya hilal, dan lain-lain. Sistem ini dianggap cukup akurat dan juga memungkinkan seseorang untuk menentukan durasi visibilitas hilal di tempat-tempat tertentu.⁷¹ Bruin memperkenalkan kriteria visibilitasnya dengan parameter W dan $ARCV$, $ARCV > 12,4023 - 9,4878 W + 3,9512 W^2 - 0,5632 W^3$, dapat pula dilihat dari tabel berikut :⁷²

Tabel 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

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

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

⁷¹ Mohammad Ilyas, *Lunar Crescent Visibility*, hlm. 436.

⁷² BD Yallop, *A Method for Predicting*, hlm.2

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 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 Yallop⁷⁶ (1997) dan Odeh⁷⁷ (2004). Yallop menggunakan 295 data observasi dari Bradley

⁷³ Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Observasi Hilal*, hlm.125.

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

⁷⁵ Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Observasi Hilal*, hlm.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*, hlm.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*, hlm. 241.

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

Schaefer⁷⁸, sementara Odeh menggunakan ratusan data (737 data), terdiri dari : 294 data observasi Bradley Schaefer (AS), 6 data observasi Jim Stamm (AS), 42 data observasi SAAO (South African Astronomy Observatory), 15 data observasi Mohsen Mirsaid (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* (untuk variabel $ARCV$ dan W) dan *airless*.⁸¹

Ada hal menarik yang ada pada kriteria Yallop dan Odeh, selain menerapkan kondisi *topocentric* pada variabelnya, mereka juga membuat kriteria yang dikelompokkan berdasarkan pada kondisi pengamat, yaitu : terlihat dengan mata telanjang, terlihat dengan alat optik (mungkin terlihat dengan mata telanjang), hanya terlihat dengan alat optik dan tidak terlihat, Yallop mendefinisikan hal tersebut dengan :

$$q = (ARCV - (11,8371 - 6,3226W + 0,7319W^2 - 0,1018W^3)) / 10 \quad ^{82}, \text{ sementara}$$

itu Odeh mendefinisikannya dengan bentuk :

$$V = ARCV - (-0,1018W^3 + 0,7319 W^2 - 6,3226 W + 7,1651). \quad ^{83}$$

⁷⁸ BD Yallop, *A Method for Predicting*, hlm.4

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

⁸⁰ BD Yallop, *A Method for Predicting*, hlm.5.

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

⁸² BD Yallop, *A Method for Predicting*, hlm.11.

⁸³ Mohammad SH. Odeh, *New Criterion*, hlm.61.

Kriteria tersebut diterapkan dalam parameter berikut :

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

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

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 telanjang dan dengan alat optik, namun secara umum kriteria tersebut memiliki nilai $ARCV > 4^\circ$.⁸⁴

⁸⁴ John AR Caldwell dan C David Laney, *First Visibility of the Lunar Crescent*. Astronomical Society of Southern Africa. 2001. hlm. 151. Lihat pula Mohammad SH. Odeh, *New Criterion*, hlm.40.

5. Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia

Sebelum adanya pembahasan mengenai kriteria *Imkan al-Ru'yah* oleh pemerintah Indonesia, sebenarnya sudah ada literatur dalam kitab klasik yang membicarakan hal tersebut. Dalam *Khulashah al-Wafiyah* karya Zubair Umar al-Jailani⁸⁵ disebutkan bahwasanya ahli falak memiliki kriteria yang berbeda-beda dalam hal batas *Imkan al-Ru'yah*. Dalam kitab *Sullam al-Nayyirain* karya Mansur al-Batawi⁸⁶ dikemukakan bahwa ada pendapat yang menyatakan bahwa kriteria *Imkan al-Ru'yah* adalah tinggi minimal hilal sebesar $\frac{2}{3}$ *manzilah*, 1 *manzilah* adalah 13 derajat, 8 derajat 40 menit atau 9 kurang $\frac{1}{3}$ derajat, ada juga yang berpendapat bahwa nilai tinggi harus mencapai 7 derajat, sebagian yang lain mengatakan tingginya minimal 6 derajat.⁸⁷

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 $mar'i (Hc) \geq 2^\circ$ dan umur bulan $8 \geq \text{jam}$ atau $ARCL \geq 3^\circ$.⁸⁸ Thomas Djamaluddin mengungkapkan bahwa kriteria itu berdasar pada pengalaman empirik rukyatul hilal pada Ramadan 1394H. Ada 10 saksi di 3 tempat yang

⁸⁵ Zubair Umar al-Jailani ahli falak dari Bojonegoro, pengarang kitab *al-Khulashoh al-Wafiyah fi al-Falak bi Jadwal al-Lughorimiyah..* Lihat Muhyiddin Khazin, Kamus, hlm.118.

⁸⁶ 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, hlm.110-111.

⁸⁷ Ahmad Izzuddin, *Fiqh Hisab Rukyah: Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri dan Idul Adha*, Jakarta:Erlangga, 2007, hlm.154

⁸⁸ Ahmad Izzuddin, *Kesepakatan untuk Kebersamaan*, makalah Lokakarya International dan Cal for Paper Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang, Hotel Silliwangi, 12-13 Desember 2012. hlm.10.

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.⁸⁹

Kriteria tersebut diperkuat dengan diadakannya Lokakarya Musyawarah Kerja Hisab Rukyat di Cisarua Bogor, baik tahun 1998 maupun 2011.

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

Dalam perumusannya Kriteria LAPAN memakai kompilasi data penetapan awal bulan oleh Kementerian 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.⁹⁰

RHI pun memiliki kriteria dengan hasil pengamatannya 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 $DAz = 0^\circ$.⁹¹

Dari paparan di atas, sebenarnya masih banyak sekali perkembangan-perkembangan kriteria yang belum penulis bahas, seperti pada peradaban China dan Yunani, juga di peradaban modern seperti kriteria dari McNally,

⁸⁹ Thomas Djamaluddin, *Menggagas Fikih Astronomi: Telaah Hisab Rukyah dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, Bandung: Penerbit Kaki Langit, 2005. hlm.61. Dalam literature lain ditemukan bahwa kriteria ini didasarkan pada rukyatul hilal Syawal 1404 H. lihat Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm. 39

⁹⁰ Thomas Djamaluddin, *Astronomi Memberi Solusi*, hlm.18.

⁹¹ Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibilitas Hilal*, hlm. 40.

Loewinger, Fatoohi dan masih banyak yang lain. Akan tetapi, sejarah perkembangan kriteria visibilitas hilal secara umum sudah penulis paparkan.

C. Sekilas tentang Fisiologi Penglihatan Manusia dalam Kriteria Visibilitas Hilal

Pada pembahasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa kajian perkembangan kriteria visibilitas hilal telah banyak sekali dibahas oleh para ahli astronomi, mulai dari peradaban Babilonia, India, Islam, Eropa sampai pada perkembangan kriteria visibilitas hilal yang ada di Indonesia

Jika kita melihat sejarah di atas, satu hal yang pasti dijadikan patokan atau acuan utama dalam pembentukan kriteria adalah observasi atau pengamatan, yang kemudian data hasil observasi tersebut dianalisis sehingga menghasilkan suatu konklusi nilai maksimum, minimum, modus dan rata-rata dari data tersebut.

Berbagai parameter pun dipakai dan terus berkembang dari masa ke masa. Ada yang menggunakan umur Bulan dan *Lag Time*, ada yang menggunakan *ARCL* dan *ARCV*, dan ada pula yang memakai *ARCV* dan *DAz* yang kemudian berkembang menjadi *W* dan *ARCV*. Beberapa parameter tersebut sebenarnya bisa digolongkan menjadi parameter empiris dan parameter fisis.⁹²

Pada awalnya, para ahli astronomi menggunakan parameter empirik untuk mendefinisikan visibilitas hilal, namun pada tahun 1977, parameter fisis pun mulai dipakai. Bruin memakai satu parameter baru untuk mendefinisikan

⁹² Muh.Ma'rufin Sudiby, *Observasi*, hlm.124.

visibilitas sabit muda yaitu parameter lebar sabit (W). Di samping itu ada beberapa parameter fisis lain yang menurut Bruin dapat membentuk model visibilitas yang akurat, yaitu fisiologi penglihatan manusia, kecerahan langit senja, penyerapan atmosfer dan kecerahan permukaan Bulan⁹³, meskipun pada penerapannya Bruin melakukan asumsi yang kurang tepat untuk beberapa parameter yang ada.⁹⁴

Salah satu dari beberapa parameter yang cukup kompleks dalam penerapannya adalah faktor penglihatan manusia. Dalam observasi, manusia merupakan subjek pengamatan, jumlahnya sangat banyak dan setiap manusia mempunyai pengaruh penglihatan yang bervariasi, berbeda dengan faktor objek (pengamatan), dalam hal ini yaitu Bulan/hilal yang tunggal, sehingga dalam pembentukan visibilitas hilal mudah untuk dilakukan.

Selain hal itu fisiologi penglihatan manusia tidak hanya mengacu pada satu nilai tetapi mempunyai sub bagian yang lebih kompleks. Schaefer melakukan penelitian mengenai hal tersebut dan menggolongkan fisiologi penglihatan manusia menjadi beberapa bagian yaitu ketajaman mata, pengalaman dan umur, meskipun belum menemukan formulasi yang tepat untuk hal tersebut, namun Schaefer memberikan konklusi bahwa *human eye factor* mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap probabilitas terlihatnya Bulan sabit.⁹⁵ Pada tahap selanjutnya faktor ini secara utuh nampaknya diabaikan dalam penentuan visibilitas hilal, sehingga beberapa kriteria visibilitas hilal tidak ada yang

⁹³ LeRoy E. Doggett dan Bradley E. Schaefer, *Lunar Crescent Visibility*, ICARUS, Vol 107. No.2. 1993, hlm. 388

⁹⁴ LeRoy E. Doggett dan Bradley E. Schaefer, *Lunar Crescent Visibility*, hlm. 389

⁹⁵ LeRoy E. Doggett dan Bradley E. Schaefer, *Lunar Crescent Visibility*, hlm. 397.

memuat parameter tersebut. Secara fisis parameter yang digunakan hanya berpatokan pada lebar hilal dan fase Bulan.

Sebelum penelitian yang dilakukan oleh Schaefer (1993), ada sebuah kriteria visibilitas yang mendasarkan pada ambang batas kontras yaitu kriteria Kastner (1976)⁹⁶, meskipun kriteria ini tidak dikhususkan untuk hilal (akan tetapi objek langit yang dekat dengan Matahari) namun, jejak ini nampaknya diikuti oleh ahli astronom lain. Para astronom mengganti parameter fisiologi penglihatan manusia dengan faktor ambang batas kemampuan manusia dalam melihat perbedaan kontras hilal dan latar belakangnya (cahaya senja). Pada penelitian selanjutnya, Schaefer pun memakai hal tersebut sebagai salah satu parameter yang bisa dipakai dalam penentuan kriteria visibilitas benda-benda langit.⁹⁷ Sementara itu untuk hilal, faktor ambang batas kontras ini dipakai oleh Sultan (2005).⁹⁸

Pembahasan fisiologi penglihatan manusia cukup rumit, pendefinisian penglihatan manusia bukan hanya sekedar ketajaman mata, umur dan pengalaman, seperti penelitian Schaefer (1993). Sultan berpendapat bahwa penglihatan manusia melibatkan interaksi simultan mata dan otak melalui jaringan neuron, reseptor, dan sel-sel khusus lainnya.⁹⁹ Sementara itu dalam bab sebelumnya juga telah dijelaskan secara medis bahwa kemampuan

⁹⁶ Sidney O.Kastner, *Calculation of The Twilight Visibility Function of Near-Sun Objects*. The Journal of The Royal Astronomical Society of Canada. Vol.70. No.4, 1976. hlm. 154.

⁹⁷ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits of Vision*, Vistas in Astronomy, Vol.36. 1993. Hal.328.

⁹⁸ A.H. Sultan. *Explaining and Calculating The Length of The New Crescent Moon*, The Observatory, NASA. Vol.125. hlm. 228.

⁹⁹ A.H. Sultan. *Explaining*, hlm.228

penglihatan manusia dibagi menjadi lima hal, yaitu daya akomodasi¹⁰⁰, ketajaman pandangan¹⁰¹, kemampuan adaptasi¹⁰², peka terhadap kontras dan perbedaan warna.¹⁰³

¹⁰⁰ Tarwaka, dkk. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*, Surakarta : UNIBA PRESS, 2004. 79-81

¹⁰¹ J.F. Gabriel, *Fisika Kedokteran*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1996, hlm. 154-155.

¹⁰² Robbin Kerrod, *Bengkel Ilmu Astronomi*, Jakarta : Penerbit Erlangga, 2005, hlm.10.

¹⁰³ Ludwig Melino Tjokrovonco, *Peranan Sensitivitas Kontras dalam Fungsi Penglihatan*, Departemen Ilmu Kesehatan Mata, Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran. 2017. hlm..2-3.

BAB III
PENGLIHATAN MATA PERSPEKTIF
ILMU ASTRONOMI DAN FISIKA OPTIK/MEDIS¹

A. Penglihatan Mata Perspektif Ilmu Astronomi

1. Posisi Benda Langit (*Source Position*)²

Penentuan visibilitas benda langit hampir selalu diawali dengan perhitungan posisi benda tersebut terhadap langit. Dalam beberapa kasus, perhitungan posisi benda langit dengan akurasi rendah cukup dan memadai untuk dijadikan acuan visibilitas sebuah benda langit, namun dalam banyak kasus, perhitungan posisi dengan akurasi tinggi sangat diperlukan, dan beberapa faktor yang berpengaruh pun harus dikalkulasikan. Dan seperti halnya perhitungan dengan akurasi tinggi sudah menjadi tuntutan yang harus dilakukan di zaman modern ini.

Perhitungan posisi benda langit dapat dibagi menjadi dua tahap. Pertama, menentukan posisi benda langit dalam koordinat Ekuatorial

¹ Dalam dua perspektif ilmu ini ada perbedaan dalam pendefinisian penglihatan mata, dimana dalam astronomi, fungsi penglihatan mata dikhususkan untuk penglihatan objek-objek langit, sementara dalam ilmu fisika optik/medis lebih ke dalam pembahasan faktor-faktor yang mempengaruhi penglihatan mata manusia seperti bagian-bagian mata, proses melihat pada mata, fungsi mata secara umum, kesehatan serta kelainan yang dapat terjadi terhadap mata manusia. Lihat Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits of Vision*. *Vistas in Astronomy*, Vol.36 1993. hlm. 313-314. Lihat pula J.F. Gabriel, *Fisika Kedokteran*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1996, hlm. 146-168.

² Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits of Vision*. *Vistas in Astronomy*, Vol.36 1993. hlm. 313-314.

(*ascensio recta*³ dan deklinasi⁴) dan Kedua, menentukan posisi semu benda tersebut terhadap ufuk pengamat, koordinat horizontal (azimut⁵ dan tinggi⁶).

Secara umum, dalam penentuan posisi benda langit (tahap pertama), referensi yang paling lengkap yang bisa dipakai adalah *Astronomical Almanac* (atau *American Ephemeris* dan *Nautical Almanac*), Program Komputer MICA, dan *the Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac* (Seidelmann 1992), namun sayangnya beberapa sumber tersebut sulit diakses oleh banyak orang dan hanya dapat digunakan pada waktu yang singkat. Selain sumber itu ada juga beberapa sumber lain yang bisa dipakai dengan mudah dan mempunyai akurasi yang tinggi. Untuk data Matahari, Bulan dan Planet kita bisa mengakses sumber dari JPL DE-200, Bregtanon dan Simon (1986), Van Flandern dan Pulkkinen (1979), Jean Meeus (1991), Tuckerman (1962 dan 1964), Gingerich dan Welther (1983). Khusus untuk Bulan bisa memakai tabel dari Chapront-Touze dan Chapront (1991), Goldstine (1973), dan Morrison (1966 dan 1968). Sementara itu untuk gerhana, baik itu Bulan atau Matahari dapat memakai

³ *Ascensionrecta* dikenal juga dengan sebutan panjatan tegak, yaitu jarak titik pusat Bulan dari titik Aries diukur sepanjang lingkaran ekuator, lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, cet-III, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2012. hlm. 33.

⁴ Deklinasi adalah busur pada lingkaran waktu yang diukur mulai dari titik perpotongan antara lingkaran waktu dengan lingkaran ekuator ke arah utara atau selatan samapai ke titik pusat benda langit, lihat Susiknan Azhari. *Ensiklopedi*, hlm.53.

⁵ Azimuth adalah busur yang diukur mulai dari titik Utara ke arah Timur sampai dengan lingkaran vertikal yang melalui benda langit. lihat Susiknan Azhari. *Ensiklopedi*, hlm.38.

⁶ Tinggi disebut juga dengan *irtifa'*, dihitung dari kaki langit (ufuk) melalui lingkaran vertikal sampai pada benda langit yang dimaksud. Lihat Susiknan Azhari. *Ensiklopedi*, hlm.102.

kaidah dari Mucke dan Meeus (1979 dan 1983) atau Espenak (1989 dan 1987).

Setelah posisi diketahui dengan menggunakan beberapa algoritma di atas, maka tahap selanjutnya adalah menentukan posisi semu (*apparent*) benda langit dengan menggunakan persamaan trigonometri yang telah banyak dijelaskan dalam beberapa penelitian, seperti Smart (1977) dan Meeus (1991), dengan catatan beberapa koreksi (seperti refraksi, paralaks⁷ dan semi diameter⁸) harus diterapkan.

2. Refraksi⁹

Ketika cahaya berjalan melewati atmosfer, maka jalurnya pasti akan dibelokkan oleh refraksi. Posisi semu benda langit jika dilihat dari permukaan Bumi pasti akan terangkat oleh nilai dari refraksi tersebut. Smart (1977) dan Green (1985) telah memformulasikan besaran refraksi untuk ketinggian benda langit yang jauh di atas ufuk dengan rumus :

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

R = Refraksi

P = Tekanan Udara (mmHg)

T = Temperatur Udara (Celsius)

⁷ Paralaks atau *Ikhtilaf al-Mandzar* adalah beda lihat, yakni besar sudut yang dibentuk oleh garis yang ditarik dari objek ke pusat bumi dengan garis yang ditarik dari objek ke pengamat. lihat Susiknan Azhari. *Ensiklopedi*, hlm.97.

⁸ Khusus untuk pengamatan objek langit yang memiliki fase, karena objek langit yang memiliki fase < 100%, tidak akan tampak bulatan penuh, misal bulan. Lihat Susiknan Azhari, *Ilmu Falak*. Cet-II, Yogyakarta : Suara Muhammadiyah, 2007, hlm. 143.

⁹ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 314-315.

Z = Jarak Zenit (DMS)

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

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

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

$$R = 1,02' / \tan (h' + (10,3 / h' + 5,11)), \text{ dimana :}$$

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

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

Benda langit yang berada di daerah zenit mempunyai refraksi 0° , semakin rendah posisi benda langit maka semakin besar nilai refraksinya, refraksi terbesar yaitu ketika piringan atas benda langit bersinggungan dengan ufuk, bernilai berkisar $34' 30''$. Refraksi ini biasa juga disebut dengan *al-Inkisa* atau *Daqa*.¹⁰

3. Massa Udara¹¹

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

¹⁰ Susiknan Azhari. *Ensiklopedi*, hlm.180.

¹¹ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 315-316.

posisi semu jarak zenit. Kedua, Faktor Meteorologi yang bervariasi tergantung waktu dan tempat.

Faktor Geometri (X), diukur dalam satuan massa udara, Faktor Geometri ini dapat diartikan sebagai panjang jalur optik dari sumber cahaya menuju zenit. Untuk ketinggian benda langit yang jauh dari horizon, dapat diperhitungkan sebagai berikut :

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

Sementara untuk ketinggian dekat ufuk dapat dihitung dengan rumus :

$$X = [\text{Cos}(Z) + 0,025 e^{-11\text{Cos}(Z)}]^{-1}$$

4. *Extinction*¹²

Faktor *extinction* (tingkat peredupan cahaya) adalah ukuran total peredupan cahaya dan diukur dalam satuan magnitude per massa udara. *Extinction* ini dipengaruhi oleh panjang gelombang cahaya dan beberapa komponen peredupan cahaya. Dengan faktor *extinction* ini kita bisa menentukan total cahaya yang hilang akibat udara. Untuk kondisi atmosfer yang baik, nilai koefisien *extinction* ini bernilai 0,20 magnitude per massa udara.¹³

¹² Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 317.

¹³ Bradley E. Schaefer, *Telescopic Limiting Magnitudes*, Publications of The Astronomical Society of The Pacific, Februari 1990, hlm. 213.

5. Sumber Cahaya (*Source Brightness*)¹⁴

Faktor yang paling mendasar dalam penentuan visibilitas benda-benda langit adalah kecerahan objek tersebut di atas atmosfer, kecerahan ini dinyatakan dalam besaran magnitude, kecerahan ini terkait dengan iluminasi benda langit sebelum cahaya benda langit tersebut melewati atmosfer.

Sumber cahaya objek sendiri terbagi menjadi 2 jenis, Pertama, *Point Sources* yakni sumber cahaya yang berupa titik, misal bintang dan planet. Kedua *Extended Sources*, yakni sumber cahaya yang tidak berupa titik, melainkan cahaya yang melebar, seperti cahaya Bulan dan Matahari.

Kecerahan dan warna dari bintang dan planet telah di-tabulasi-kan di berbagai buku, misal dalam *Astronomical Almanac* atau *Astrophysical Quantities* (Allen 1976). Kecerahan Matahari, *sunspot* dan penyebaran *spectrum* energinya juga telah ada dalam pembahasan yang diteliti oleh Allen (1976). Sementara itu untuk Bulan, ada beberapa formulasi tambahan yang harus dihitung, terkait dengan jenis fase Bulan, karena Bulan tidak memiliki sinar sendiri, melainkan sinar bulan berasal dari pantulan sinar Matahari. Magnitude Bulan dapat di hitung dengan rumus :

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

α = sudut fase Bulan dalam satuan DMS, dengan sudut fase

$$\text{Purnama} = 0^\circ$$

¹⁴ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 319-320.

Untuk lebih jelasnya, contoh beberapa magnitudo benda langit dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 4. Beberapa Contoh Rentang Magnitudo

Objek	m_v	Objek	m_v
Matahari	-26,74	Vega	0
Matahari terbenam	-16	Polaris	2.02
Bulan Purnama	-12,73	Limit Siang Hari	4.1
Quarter Moon	-10,13	Limit Mata Telanjang	6
Bulan sabit ($\alpha = 135^\circ$)	-7,89	Limit Binokuler	9
Venus (tercerah)	-4,6	Pluto	13,7
Sirius	-1,46	Bohlam 60 W (860lumens, 1 km)	-3,6

6. Cahaya Langit /Cahaya Latar Belakang¹⁵

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

¹⁵ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 320-322.

Matahari, magnitudo objek langit, dan faktor peredupan cahaya oleh udara. Selain itu ada juga faktor kondisional lokasi yang juga harus dilibatkan, diantaranya misal polusi udara dan erupsi vulkanik. Nilai kecerahan langit secara umum dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 5. Kondisi Umum Kecerahan Langit

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

7. Cahaya Sorot (*Glare*)

Efek sorot atau *glare* ini terjadi ketika suatu sumber cahaya yang terang menutupi/mengalahkan sumber cahaya di dekatnya yang lebih redup. Pada prakteknya *glare* ini muncul ketika cahaya dari suatu sumber tersebar di atmosfer, lensa teleskop atau lensa bola mata, sehingga cahaya latar belakang suatu objek yang dominan lebih banyak kuantitasnya akan meningkat dan mengalahkan cahaya dari objek itu sendiri. Ada tiga faktor

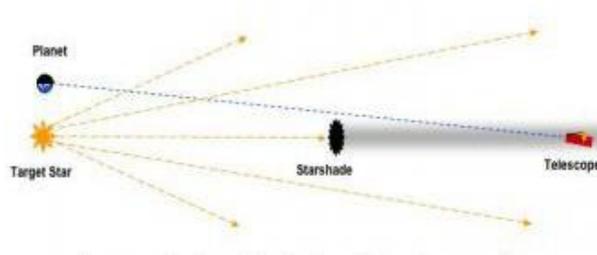
yang dilibatkan dalam penentuan cahaya silau ini yaitu atmosfer, difraksi, kaca dan juga lensa mata.¹⁶

8. Bayangan (*Shadow*)

Bayangan/*shadow* terdiri dari 2 wilayah, yaitu umbra dimana sumber cahaya benar-benar tertutupi dan daerah *penumbra* yang mana sumber cahaya hanya tertutupi sebagian. Hal ini terjadi ketika sumber cahaya tertutupi oleh sebuah benda/*occulter*, dan bayangan yang dihasilkan dilemparkan ke permukaan.¹⁷

Yang dimaksud dengan bayangan di sini, bukan hanya bayangan dalam peristiwa gerhana, tetapi melainkan sebuah trik pengamatan objek langit pada saat sinar Matahari/Bulan purnama mengganggu sinar dari objek tersebut.

Gambar 1. *Occulter dan Shadow*¹⁸



Cahaya Matahari yang mengarah ke pengamat akan ditutupi oleh sebuah *occulter/starshade*, sehingga efek silau sinar Matahari akan berkurang. Hal ini sama halnya ketika seseorang mengangkat tangannya

¹⁶ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 322.

¹⁷ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 322.

¹⁸ Diakses dari <http://newworlds.colorado.edu/starshade/> pada 19 April 2018, pukul 06:31

untuk menutupi bagian atas matanya, agar efek silau Matahari berkurang dan dapat melihat objek dengan lebih redup tanpa gangguan dari sinar Matahari.

9. Resolusi

Sumber cahaya titik yang jauh dapat diperluas/diperlebar oleh turbulensi atmosfer¹⁹, difraksi optik²⁰ dan pengaburan *aperture* oleh kamera,²¹ sehingga hasil citranya akan menjadi kabur/tidak fokus. Idealnya semua faktor di atas harus diperhitungkan, dan dalam prakteknya itu merupakan hal yang sangat rumit dan tidak mungkin untuk menyajikannya secara umum dan sederhana.

10. Optik

Visibilitas suatu objek langit di zaman modern ini harus ikut mempertimbangkan faktor optik teleskop, karena teleskop hampir menjadi sarana yang wajib untuk dipakai saat observasi.²² Teleskop atau yang biasanya disebut teropong bintang berfungsi untuk melihat benda-benda yang jauh agar tampak lebih jelas dan dekat,²³ namun pengamat harus

¹⁹ Sebuah fenomena aliran udara yang bervariasi pada jarak yang pendek yang terjadi di atmosfer, hal ini terjadi akibat perbedaan/ketidakteraturan kondisi suhu dan tekanan

²⁰ Pelenturan gelombang cahaya ketika menyentuh permukaan optik atau ketika melewati lubang sempit, seperti lubang pupil ada mata manusia, lubang pada tabung teleskop.

²¹ Aperture kecil akan menyebabkan kamera memiliki bukaan diafragma yang besar, dan itu akan menyulitkan jika dipakai untuk melihat objek yang jauh, namun bisa sangat focus untuk objek yang dekat, dan hasilnya pun akan sangat terang. Sementara aperture besar menghasilkan bukaan diafragma yang kecil, dan sangat cocok untuk pemotretan jarak jauh, namun dengan kualitas pencahayaan yang gelap.

²² Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 326.

²³ Fitri Yulianti, *Rumus Fisika*, Yogyakarta : Saula, 2015, hlm.203.

berhati-hati dalam memakai alat ini, karena banyak faktor kecil yang dapat mengubah hasil citra teleskop ini. Hasil intensitas cahaya dari objek dan cahaya dari latar belakang objek yang dirasakan akan berbeda bila dibandingkan dengan pengamatan tanpa menggunakan teleskop. Faktor-faktor yang diperhitungkan dalam penggunaan teleskop ini di antaranya adalah pemakaian *binocular/monocular* teleskop, koreksi atmosfer, transmisi cahaya yang melewati lensa teleskop, cahaya yang hilang dari luar pupil, kekuatan pengumpulan cahaya dari bukaan/*aperture* teleskop, kekuatan pandangan mata, warna dari sumber cahaya, pembesaran, dan lain-lain.²⁴

11. Ambang Batas Kontras Mata Manusia (*Threshold*)²⁵

Beberapa faktor yang telah disebut di atas dapat digunakan untuk menghitung kecerahan objek langit dan kecerahan latar belakang objek langit secara jelas, dan masalah selanjutnya terdapat pada seberapa kecil sensitivitas kontras (perbandingan kecerahan objek dan latar belakang) yang dapat dideteksi oleh mata manusia (ambang batas kontras). Dalam prakteknya, ambang batas kontras dibagi menjadi dua, yaitu ambang batas kontras terhadap objek titik (*point sources*)/objek melebar (*extended sources*). Hect (1947) dalam penelitiannya menggunakan beberapa rumus, diantaranya rumus untuk *extended sources* adalah :

²⁴ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 326-327.

²⁵ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 327-328.

$C = |B_{source} - B| / B$, dimana :

C = ambang batas kontras

B_{source} = kecerahan cahaya objek

B = kecerahan latar belakang objek

Faktor di atas tidak terkait dengan kondisi gelap dan cerahnya latar belakang langit akibat cuaca.

12. Penglihatan Warna Cahaya

Mata manusia dapat mendeteksi warna dari objek yang mempunyai gelombang lebih besar dari 1500 nL. Mata manusia memiliki tiga fotopigmen (penglihatan fotopik)²⁶, masing-masing mempunyai sensitivitas *spectrum* yang berbeda-beda, jadi mata secara bersamaan akan mengukur kecerahan melalui 3 macam gelombang yang berbeda-beda dalam satu waktu, hal ini seperti pengambilan citra melalui CCD dengan 3 filter yang berbeda atau proses pencetakan melalui *printer* dengan 3 tinta/zat kimia yang berbeda.²⁷

Jika melihat penjelasan di atas maka sudah seharusnya gelombang warna setiap objek yang akan kita amati harus dihitung terlebih dahulu, apakah gelombang tersebut dalam rentang kemampuan manusia atau tidak.

²⁶ Penglihatan fotopik untuk penglihatan siang hari yang menggunakan sel cone pada retina, sementara untuk penglihatan malam (skotopik) menggunakan sel rod pada retina.

²⁷ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 329.

13. Statistik Cuaca

Untuk setiap fenomena yang melibatkan waktu, maka frekuensi kejernihan langit harus diperhitungkan. Secara umum, data yang relevan dapat diperoleh dari bandara lokal, surat kabar, atau pusat meteorologi nasional. Kecerahan cuaca dari satu malam ke malam selanjutnya memiliki korelasi, karena biasanya membutuhkan beberapa hari bagi suatu sistem cuaca untuk terlewati. Dengan demikian kondisi cuaca malam yang mendung akan diikuti oleh kondisi malam yang selanjutnya dengan kemungkinan sebesar 75% (untuk tempat pengamatan yang baik atau buruk). Sementara untuk tempat yang baik akan memiliki malam yang mendung mengikuti malam yang cerah dengan kemungkinan sebesar 25%. (50% untuk tempat yang memiliki kualitas rata-rata), namun harus diingat bahwa pola cuaca sering berubah-ubah dari tahun ke tahun berikutnya,²⁸ sehingga dibutuhkan penelitian berkelanjutan yang kemudian hasilnya akan digunakan sebagai data penunjang pengamatan objek langit.

B. Penglihatan Mata Perspektif Ilmu Fisika Optik/Medis

1. Faktor Individu

a. Daya Akomodasi Mata

Dalam hal pemfokusan objek yang dilihat, lensa dan kornea memiliki peranan penting. Kornea merupakan lapisan mata yang paling luar dan berfungsi memfokuskan benda dengan cara refraksi,

²⁸ Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 330-331.

tebalnya 0,5 mm, sedangkan lensa terdiri dari kristal yang mempunyai 2 permukaan dengan jari-jari kelengkungan 7,8 mm, fungsinya adalah memfokuskan objek pada berbagai jarak.²⁹ Kemampuan mata dalam memfokuskan penglihatan pada suatu objek ini disebut daya akomodasi.

Pada saat mata melihat jauh, tidak ada daya akomodasi yang terjadi. Makin dekat benda yang dilihat, maka semakin kuat mata berakomodasi.³⁰ Dari keterangan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa daya akomodasi hanya dipakai saat mata melihat benda dengan jarak yang dekat.

Jarak terdekat benda agar masih bisa dilihat dengan jelas dikatakan benda terletak pada “titik dekat”/*punctum proximum*. Sementara jarak titik dekat dengan mata disebut *axial proximum*, dinyatakan dalam satuan meter (1/P). sementara letak terjauh benda yang bisa dilihat dinamakan “titik jauh”/*punctum remotum*. Sementara jarak titik jauh dengan mata disebut *axial remotum*, dinyatakan dalam satuan meter (1/r). pada saat ini mata lepas akomodasi.³¹

Daya akomodasi ini juga dipengaruhi oleh umur, semakin tua usia maka daya akomodasi semakin menurun. Bisa dilihat dari tabel berikut :³²

²⁹ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1996. hlm. 147.

³⁰ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 149

³¹ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 150

³² J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 149

Tabel 6. Korelasi Usia dan Titik Dekat Mata

Umur	Titik Dekat (cm)	Umur	Titik Dekat (cm)
10	7	40	22
20	10	50	40
30	14	60	200

Selain itu daya akomodasi ini juga akan dipengaruhi oleh visus mata. Visus mata akan mendefinisikan jarak terjauh dan terdekat objek yang bisa dilihat (titik jauh dan titik dekat), sementara daya akomodasi yang bisa dilakukan oleh mata berada dalam rentang titik jauh dan titik dekat mata atau disebut dengan lebar akomodasi.³³

b. Ketajaman Pandangan (*Visus*)

Visus mata manusia dibagi menjadi dua jenis :³⁴

1) *Visus Centralis*

Visus ini dapat didefinisikan dengan tajam penglihatan dalam jauh dekatnya sebuah pandangan.³⁵ Dalam dunia klinik istilah visus ini digunakan untuk menentukan penggunaan kacamata, sementara menurut ahli fisika disebut dengan resolusi mata.³⁶ *Visus centralis* ini dibagi menjadi dua :

³³ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 149

³⁴ EM Sutrisna dkk. *Pelatihan Pemeriksaan Tajam Penglihatan Pada Siswa Kelas 5 SD Gedongan 1, Kolomadu, Karanganyar*, Jurnal Warta Vol. 10. No.1, Maret 2007. hlm.20-21.

³⁵ EM Sutrisna dkk. *Pelatihan Pemeriksaan*, hlm.21.

³⁶ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 154

- a) *Visus Centralis Jauh* merupakan ketajaman penglihatan untuk melihat benda benda yang letaknya jauh. Pada keadaan ini mata tidak melakukan akomodasi
- b) *Visus Centralis Dekat* merupakan ketajaman penglihatan untuk melihat benda benda dekat misalnya membaca, menulis dan lain lain. Pada keadaan ini mata harus akomodasi supaya bayangan benda tepat jatuh di retina.

Visus Centralis ini diukur dengan menggunakan grafik huruf Snellen yang dilihat pada jarak 20 *feet* atau sekitar 6 meter. Jika hasil pemeriksaan tersebut visusnya 20/20 maka tajam penglihatannya dikatakan normal dan jika *Visus* kurang dari 20/20 maka tajam penglihatannya dikatakan kurang,³⁷ namun penggunaan kartu Snellen ini, kadang diragukan kualitasnya dikarenakan huruf yang sama besarnya memiliki kesukaran yang berbeda-beda atau kadang huruf sama dengan ukuran berbeda tidak sama bentuknya, untuk menghindari hal tersebut maka kadang pemeriksaan visus ini dilakukan dengan menggunakan kartu “Cincin Landolt”.³⁸

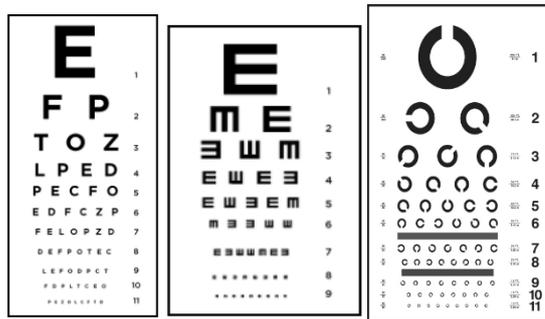
Gambar 2. Snellen Chart, E-Chart,³⁹ Cincin Landolt⁴⁰

³⁷ EM Sutrisna dkk. *Pelatihan Pemeriksaan*, hlm.21.

³⁸ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 155

³⁹ E-Chart digunakan untuk pengukuran visus bagi anak-anak yang belum bisa membaca, lihat Liz Segre, <http://www.allaboutvision.com/eye-test/> pada tanggal 14 April 2018, pukul 08:18 WIB

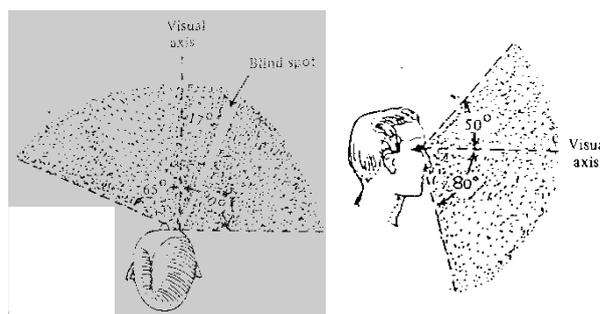
⁴⁰ Diakses dari <http://www.sinneb.net/?p=556> pada tanggal 14 April 2018, pukul 08:26 WIB



2) Visus Perifer

Pada visus ini menggambarkan luasnya medan penglihatan. Fungsi dari visus perifer adalah untuk mengenal tempat suatu benda terhadap sekitarnya dan pertahanan tubuh dengan refleks/reaksi menghindar jika ada bahaya dari samping.⁴¹ Untuk mengetahui besar kecilnya medan penglihatan seseorang maka dipergunakan suatu alat yang bernama “Perimeter”. Untuk mata normal, medan pandang vertikal bernilai 130° , dan untuk medan horizontal bernilai 155° .⁴²

Gambar 3. *Horizontal Axis, Vertical Axis.*⁴³



⁴¹ EM Sutrisna dkk. *Pelatihan Pemeriksaan*, hlm.21.

⁴² J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 155

⁴³ John R. Cameron dan James G. Skofronick, *Medical Physics*, John Wiley, 1978. hlm 339, dikutip oleh J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 156

Penyebab penurunan tajam penglihatan seseorang bermacam-macam, salah satunya adalah refraksi *anomaly* / kelainan pembiasan. Beberapa kelainan refraksi *anomaly* tersebut adalah :⁴⁴

1) *Hipermetropi*

Pada keadaan ini penderita tidak bisa melihat dengan jelas obyek pada jarak dekat. Sementara untuk jarak jauh, penderita *hipermetropi* ini mampu melihat dengan tajam.⁴⁵

Hipermetropi disebabkan oleh terlalu pendeknya bola mata atau terlalu lemahnya sistem lensa bila *muskulus siliaris* berelaksasi. Dalam keadaan ini berkas cahaya sejajar tidak cukup dibelokkan oleh sistem lensa sampai tepat di retina. Beberapa sebab dari *hipermetrop* tersebut adalah: *axis antero-posterior* terlalu pendek, kelainan posisi lensa dimana lensa bergeser ke belakang, *curvature* kornea terlalu datar dan *index bias* mata kurang dari normal. Sebagian besar penyebab *hipermetrop* ini adalah *axis antero-posterior* yang terlalu pendek sehingga bila di dapatkan *hipermetrop* pada anak-anak (<25 tahun) dengan nutrisi yang baik dapat berubah menjadi *emetrop*/normal. Untuk mengoreksi mata *hipermetrop* ini perlu kaca mata lensa *spheris (+)*.⁴⁶

⁴⁴ EM Sutrisna dkk. *Pelatihan Pemeriksaan*, hlm.21-22.

⁴⁵ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 151

⁴⁶ EM Sutrisna dkk. *Pelatihan Pemeriksaan*, hlm.21-22.

2) *Miopi*

Miopi merupakan kebalikan dari *hipermetrop*, yaitu kurang jelas melihat obyek yang letaknya jauh. Sementara untuk penglihatan dekat, mata seperti ini dapat melihat sangat tajam, bahkan tanpa akomodasi, dengan akomodasi, mata seperti ini akan bisa melihat benda yang lebih dekat lagi.⁴⁷

Miopi terjadi karena panjangnya bola mata atau terlalu besarnya kekuatan sistem lensa mata, sehingga berkas cahaya yang sejajar tidak cukup dibiaskan tepat di retina. Beberapa penyebab dari *miop* adalah *axis* mata terlalu pendek, lensa mata terlalu ke depan, indeks bias terlalu besar dan *curvature* kornea terlalu cembung. Kelainan ini dapat dikoreksi dengan lensa *spheris* (-).⁴⁸ Dalam klinik optik cacat ini juga biasa diperiksa dengan diagram Snellen, lihat tabel berikut :

Tabel 7. Hubungan Diagram Snellen dan Skala Dioptri⁴⁹

Snellen Ratio	Dioptri	Snellen Ratio	Dioptri
20/400	-4.00 D	20/70	-1,25 D
20/300	-3,50 D	20/50	-1.00 D
20/250	-3.00 D	20/40	-0,75 D
20/200	-2,50 D	20/30	-0.50 D

⁴⁷ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 150

⁴⁸ EM Sutrisna dkk. *Pelatihan Pemeriksaan*, hlm.21-22.

⁴⁹ Mimi Shekoski, *20/20 Vision :How to Convert 20/20 based measure to Diopters*. dalam <https://www.happyeyesight.com/get-20-20-vision/> diakses pada 14 Mei 2018 pukul 23:16 WIB.

20/150	-2.00 D	20/25	-0,25 D
20/100	-1,50 D	20/20	0.00 D

3) *Astigmatisme*

Astigmatisme merupakan kesalahan refraksi sistem lensa mata yang biasanya disebabkan oleh kornea yang berbentuk bujur atau lensa yang berbentuk bujur. Karena kelengkungan lensa astigmatisme di satu bidang lebih kecil dari bidang yang lain maka berkas cahaya yang mengenai bagian perifer lensa itu dalam satu bidang tidak bengkok sedemikian besar seperti berkas cahaya yang mengenai bagian perifer bidang lainnya. Kelainan ini relatif jarang. Astigmatisme dapat dikoreksi dengan lensa silindris.⁵⁰

4) *Presbiopi*

Presbiopi merupakan kelainan akomodasi yang terjadi pada orang tua (sekitar 40 tahun).⁵¹ Hal ini disebabkan lensa kehilangan elastisitasnya, sehingga daya lenting lensa berkurang yang menyebabkan lensa tidak bias memfokuskan bayangan benda yang berjarak dekat dengan mata.⁵² Ada yang mengatakan pula bahwa *presbiopi* ini disebabkan oleh bertambah jauhnya titik dekat mata atau *punctum proximum* > 25 cm, dengan 25 cm

⁵⁰ EM Sutrisna dkk. *Pelatihan Pemeriksaan*, hlm.22.

⁵¹ Noer Haeny, *Analisis Faktor Risiko Kelelahan Mata*. Penelitian FKM UI, 2009. hlm.16

⁵² EM Sutrisna dkk. *Pelatihan Pemeriksaan*, hlm.22.

sebagai ukuran mata normal.⁵³ Kelainan ini dapat dikoreksi dengan menggunakan lensa cembung (+).⁵⁴

Besaran yang diberikan secara rata-rata dapat dilihat dari keterangan berikut :⁵⁵

- + 1.0 D untuk usia 40 tahun
- + 1.5 D untuk usia 45 tahun
- + 2.0 D untuk usia 50 tahun
- + 2.5 D untuk usia 55 tahun
- + 3.0 D untuk usia 60 tahun

c. Adaptasi Gelap Terang Mata

Dari ruangan gelap masuk ke dalam ruangan terang kurang mengalami kesulitan dalam penglihatan. Tetapi apabila dari ruangan terang masuk ke dalam ruangan gelap akan tampak kesulitan dalam penglihatan dan diperlukan waktu tertentu agar memperoleh penyesuaian. Pendapat ini telah lama diketahui orang.⁵⁶

Bagian mata yang tanggap pada cahaya adalah retina. Ada dua tipe *fotoreseptor* pada retina, yaitu *Rod* (batang) dan *Cone* (kerucut).⁵⁷

- 1) *Rod* dipergunakan dalam penglihatan malam (*Skotopik*).
- 2) *Cone* berfungsi untuk penglihatan siang hari (*Fotopik*).

⁵³ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 150

⁵⁴ EM Sutrisna dkk. *Pelatihan Pemeriksaan*, hlm.22.

⁵⁵ Noer Haeny, *Analisis Faktor*, hlm.16

⁵⁶ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 158

⁵⁷ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 156

Apabila kepekaan retina cukup besar, maka seluruh objek/benda akan merangsang Rod secara maksimum sehingga setiap benda bahkan dalam keadaan gelap pun akan terlihat terang, namun jika kepekaan retina sangat lemah, maka ketika masuk ke dalam ruang gelap, tidak akan ada bayangan yang merangsang Rod dan berakibat tidak ada suatu objek pun yang terlihat.⁵⁸

Waktu yang dibutuhkan retina untuk menyesuaikan diri dari tempat terang ke gelap berkisar antara 1 sampai 10 menit, sementara untuk penyesuaian dari tempat terang ke gelap membutuhkan waktu 30 sampai 60 menit.⁵⁹

d. Sensitivitas Mata Terhadap Kontras

Dalam penelitian dr. F. Campbell (1965) dan beberapa studi lainnya menunjukkan bahwa sensitivitas kontras memberikan informasi yang berguna tentang bagaimana fungsi penglihatan sehari-hari yang mana hal tersebut tidak digambarkan dengan baik oleh tajam penglihatan. Sensitivitas kontras berpengaruh dalam berbagai aspek penglihatan terutama untuk mendeteksi gerakan, adaptasi gelap, medan penglihatan dan juga sangat membantu dalam tajam penglihatan.⁶⁰

⁵⁸ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 158

⁵⁹ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 159

⁶⁰ Ludwig Melino Tjokrovonco, *Peranan Sensitivitas Kontras dalam Fungsi Penglihatan*. Penelitian Departemen Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran. 2017. hlm.1.

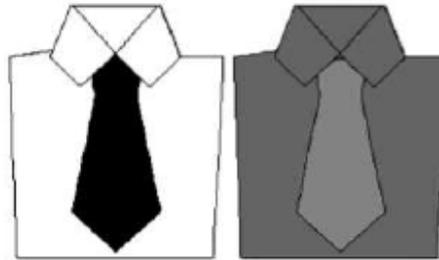
Hasil pemeriksaan sensitivitas kontras dapat memberikan informasi tambahan selain tajam penglihatan (yang relatif lebih sering digunakan), sehingga penilaian kualitas fungsi penglihatan lebih menyeluruh. Pemeriksaan sensitivitas kontras pada awalnya membutuhkan waktu yang lebih lama dan tidak praktis meskipun mampu mengukur fungsi penglihatan lebih sensitif dibandingkan pemeriksaan ketajaman penglihatan yang relatif lebih murah, cepat dan menggambarkan fungsi penglihatan hanya dalam satu notasi. Berbagai cara pemeriksaan sensitivitas kontras ini pun kemudian dikembangkan untuk mempermudah aplikasinya dalam praktik sehari-hari.⁶¹

Kontras merupakan derajat terang gelapnya suatu objek dibandingkan dengan latarnya., sementara ambang batas kontras adalah jumlah kontras minimal yang dibutuhkan untuk membedakan objek dengan latarnya, dan sensitivitas kontras dalam pembahasan kali ini merupakan kebalikan daripada ambang batas kontras yaitu kemampuan mata untuk mendeteksi perubahan cahaya minimal suatu objek dengan berbagai frekuensi spasial dan atau berbagai tingkat kontras.⁶²

⁶¹ Ludwig Melino Tjokrovonco, *Peranan Sensitivitas Kontras* , hlm.1-2.

⁶² Ludwig Melino Tjokrovonco, *Peranan Sensitivitas Kontras* , hlm.2.

Gambar 4. Perbedaan Kontras⁶³



Gambar di atas memperlihatkan dasi hitam pada kemeja putih memiliki kontras yang tinggi sehingga lebih mudah dibedakan daripada dasi abu-abu pada kemeja abu-abu yang memiliki kontras lebih rendah.

Sensitivitas kontras dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu fisiologis dan faktor patologis. Faktor fisiologi sendiri terdiri dari beberapa aspek, diantaranya yaitu kondisi *skotopik*, *fotopik* mata, *glare*, diameter pupil dan usia. Dalam pembahasan sebelumnya telah dijelaskan mengenai kondisi *skotopik* dan *fotopik*. Selain untuk adaptasi, kondisi ini juga mempengaruhi sensitivitas kontras mata manusia. Sensitivitas kontras pada penglihatan *skotopik* jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan penglihatan *fotopik*.⁶⁴ *Glare* adalah efek silau pada mata yang timbul akibat intensitas cahaya yang terlalu kuat dari sumber cahaya. Semakin tinggi *glare* maka akan semakin rendah kualitas kontras suatu objek di retina. Faktor patologis

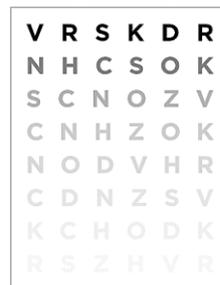
⁶³ Jesse Richman, dkk. *Contrast Sensitivity Basics and Critique of Currently Available Test*. J Cataract Refract Surg, 2013, hlm 39 dikutip oleh Ludwig Melino Tjokrovonco, *Peranan Sensitivitas Kontras*, hlm.2.

⁶⁴ Ludwig Melino Tjokrovonco, *Peranan Sensitivitas Kontras*, hlm. 4.

(kelainan akibat penyakit) juga memegang pengaruh yang cukup besar, bukan hanya pada sensitivitas mata, tetapi juga pada seluruh kemampuan mata secara utuh. Beberapa penyakit yang dapat berpengaruh yaitu katarak, *glaucoma*, *neuritis optik*, *macula*, dll.⁶⁵

Meskipun secara rinci sensitivitas kontrasi ini sangat rumit untuk diperiksa, namun secara umum sensitivitas kontras dapat diperiksa dengan beberapa alat, diantaranya yaitu kartu Pelli-Robson.⁶⁶

Gambar 5. Alat Sensitivitas Kontras Pelli-Robson⁶⁷



e. Kemampuan Pembedaan Warna

Sebagaimana proses adaptasi gelap dan terang, proses pembedaan warna pada mata manusia juga terjadi di dalam retina, retina menangkap cahaya yang berupa gelombang warna dalam rentang tertentu. Bagian *rod* yang sangat penting untuk penglihatan malam hari bereaksi terhadap cahaya putih, sehingga segala sesuatu yang

⁶⁵ Ludwig Melino Tjokrovonco, *Peranan Sensitivitas Kontras*, hlm. 6.

⁶⁶ Laura J Balcer, *Validity of Low-Contrast Letter Acuity as a Visual Performance Outcome Measure for Multiple Sclerosis*. Multiple Sclerosis Journal, 2017. Vol.23. hlm. 736.

⁶⁷ Gary Heiting OD, <http://www.allaboutvision.com/eye-exam/contrast-sensitivity.htm> pada tanggal 14 April 2018, pukul 10:46 WIB

dilihat oleh *rod* akan tampak sebagai bayangan abu-abu.⁶⁸ Sementara bagian *cone* sangat peka terhadap warna, terdapat 3 sel *cone* :⁶⁹

- 1) *Cone* biru-ungu, mendeteksi gelombang dengan panjang 400-500 nm, menerima cahaya ungu, biru dan hijau.
- 2) *Cone* kuning-hijau, mendeteksi gelombang dengan panjang 450-675 nm, menerima cahaya biru, hijau, kuning, oranye dan merah.
- 3) *Cone* merah dapat mendeteksi seluruh panjang gelombang cahaya, tetapi respons terhadap cahaya oranye dan merah lebih kuat dari pada cahaya-cahaya yang lain.

Tabel 8. Panjang Gelombang dan Kekuatan *Cone*⁷⁰

Warna	Interval Panjang Gelombang	Kemampuan Sel <i>Cone</i>		
Merah	630-750 nm	-	Cone Kuning- Hijau	Cone Merah
Oranye	590-630 nm	-		
Kuning	560-590 nm	-		
Hijau	490-560 nm	Cone	-	Cone Merah lemah
Biru	450-490 nm	Biru -		
Ungu	400-450 nm	Ungu		

Jika seseorang tidak memiliki sel *cone* merah, maka ia masih dapat melihat warna hijau, kuning, oranye dan merah dengan

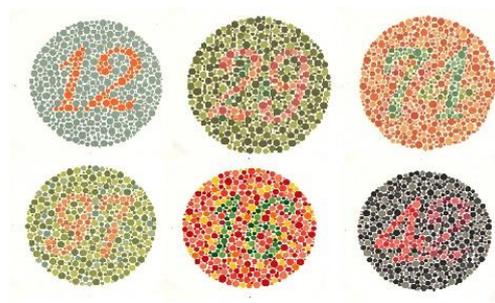
⁶⁸ Brian R. Ward. *Mata dan Penglihatan*. Semarang : P.T. Mandira. 1986. hlm. 21

⁶⁹ Brian R. Ward. *Mata dan Penglihatan*, hlm. 21. Lihat pula J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 160

⁷⁰ Lihat M.R. Islam, *The Greening of Pharmaceutical Engineering (Theories and Solutions)*. Ed.2. USA : Scrivener Publishing. 2016. hlm.70.

menggunakan *cone* kuning-hijau, tetapi tidak dapat membedakan secara jelas warna-warna tersebut. Jika seseorang kekurangan *cone* kuning-hijau atau *cone* biru-ungu, maka ia masih dapat melihat semua warna dengan bantuan *cone* merah, tapi tidak dapat membedakan warna dalam rentang *cone* kuning-hijau atau *cone* biru-ungu.⁷¹ Buta warna ini biasanya dites dengan gambar-gambar berikut :

Gambar 6. Tes Buta Warna⁷²



Bagian/sel *rod* dan *cone* memiliki penyebaran yang tidak sama dalam mata. Sel *rod* hampir tersebar pada seluruh bagian retina, dengan demikian daerah pandang paling luas jika kita melihat warna hitam-putih. Sementara penyebaran sel *cone* tidak seperti sel *rod*, sel *cone* mempunyai penyebaran yang relatif lebih sedikit (bagian depan retina), sehingga pandangan warna (merah, kuning-hijau, biru-ungu) kita tidak begitu cermat jika kita tidak melihat secara langsung (misal melirik ke samping).⁷³

⁷¹ J.F.Gabriel. *Fisika Kedokteran*, hlm. 162

⁷² Ishihara Colour Plates, diakses dari <http://tesbutawarna.com/download-buku-tes-butawarna-pdf/> pada 15 April 2018, pukul 09:50. Lihat pula Brian R. Ward. *Mata dan Penglihatan*, hlm.38-39.

⁷³ Brian R. Ward. *Mata dan Penglihatan*, hlm.23

Fungsi penglihatan memberikan kemampuan kepada manusia untuk menginterpretasikan informasi visual yang diterima oleh mata dari lingkungan sekitar. Fungsi penglihatan manusia terdiri berbagai aspek seperti yang penulis sebutkan di atas, namun dalam penerapannya, parameter penilaian kualitas penglihatan yang selama ini rutin dilakukan kebanyakan hanya diukur berdasarkan tajam penglihatan (*visus/akuitas* mata). Tajam penglihatan merupakan pengukuran kemampuan mata untuk melihat objek minimal dalam keadaan paling umum, didalamnya belum ada beberapa aspek yang lain, seperti pengukuran kontras, praktek adaptasi gelap terang, kemampuan pembedaan warna dll. Hal ini menyebabkan orang yang masih memiliki penglihatan baik masih dapat memiliki keluhan penglihatan.⁷⁴

Selain faktor-faktor di atas juga ada beberapa faktor yang secara umum dapat mempengaruhi penglihatan, yaitu faktor usia dan keturunan. Semua makhluk hidup akan mengalami kemunduran dalam hidupnya sesuai dengan bertambahnya usia. Demikian juga dengan mata, sebagaimana yang telah disinggung di bab-bab sebelumnya, bahwasannya bertambahnya usia menyebabkan lensa mata berangsur-angsur kehilangan elastisitasnya (*daya akomodasi*), sehingga mata akan kesulitan untuk melihat objek-objek pada jarak dekat karena titik dekat lensa semakin menjauh, demikian pula dengan titik jauh yang berangsur-angsur semakin mendekat yang menyebabkan interval jarak pandang semakin menyempit.⁷⁵

⁷⁴ Ludwig Melino Tjokrovonco, *Peranan Sensitivitas Kontras*, hlm.1.

⁷⁵ Noer Haeny, *Analisis Faktor*, hlm.16-17

Faktor keturunan atau genetik juga akan mempengaruhi terjadinya gangguan penglihatan. Faktor genetik (± 3 generasi) berperan sekitar $\pm 30-35$ %, sedangkan 65-70 % adalah faktor lingkungan. Penurunan pengaruh gangguan penglihatan mata termasuk ke dalam *irregular penetration* (tidak beraturan) yang artinya dapat diturunkan pada tingkat 1, tingkat 2, maupun tingkat 3.⁷⁶

2. Faktor Lingkungan

a. Tingkat Pencahayaan

Kemampuan untuk melihat suatu objek dengan mudah sangat dipengaruhi oleh tingkat pencahayaan, semakin tinggi tingkat pencahayaan maka akan semakin mudah seseorang untuk melihat suatu objek, karena daya kerja retina semakin ringan, sehingga memungkinkan seseorang untuk melihat dengan daya maksimal.⁷⁷

b. Ukuran Objek

Ukuran objek juga berhubungan dengan kemampuan penglihatan. Semakin besar objek yang dilihat, maka semakin rendah kemampuan mata yang diperlukan untuk melihat objek tersebut. Sedangkan untuk ukuran objek yang kecil diperlukan kemampuan mata yang lebih untuk dapat melihat dan mencari fokus dengan baik.⁷⁸

⁷⁶ Noer Haeny, *Analisis Faktor*, hlm.16-17

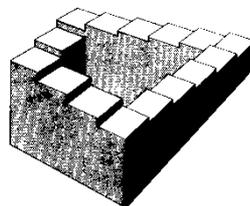
⁷⁷ Noer Haeny, *Analisis Faktor*, hlm.16

⁷⁸ Noer Haeny, *Analisis Faktor*, hlm.17

c. Bentuk Objek

Bentuk objek yang sederhana akan lebih mudah dikenali dan diinterpretasikan, daripada objek kerja yang sangat rumit.⁷⁹ Hal ini juga dapat dipengaruhi oleh pengalaman seseorang dalam melihat suatu objek, seseorang yang melihat objek yang baru dilihat, mungkin akan sedikit kesulitan untuk mendefinisikannya, mata akan mengirimkan sinyal ke otak dan otak pun akan bekerja dengan maksimal untuk mencari bentuk dan definisi dari objek tersebut. Otak selalu mencoba untuk menemukan arti dari apa yang dilihatnya, otak mudah tertipu oleh penglihatan yang tidak sesuai dengan pengalaman kita sebelumnya.

Gambar 7. Ilusi Optik



Dari gambar di atas, pandangan awal mata kita pasti akan mengira bahwa itu adalah tangga, namun karena tangga pada gambar di atas tidak sesuai dengan pengalaman kita sebelumnya mengenai tangga, maka otak kita akan menolak definisi tersebut,⁸⁰ dan berusaha mencari definisi lain, namun karena gambar tersebut merupakan sebuah seni

⁷⁹ Noer Haeny, *Analisis Faktor*, hlm.17

⁸⁰ Brian R. Ward. *Mata dan Penglihatan*, hlm.40-41.

yang secara nyata tidak akan mungkin ditemukan, maka otak kita akan terus menolak dan akan merasa bingung.⁸¹

d. Kekontrasan

Kekontrasan objek sangat berpengaruh dalam kemudahan penglihatan, seperti yang disinggung dalam pembahasan sebelumnya.

e. Durasi Melihat

Mata membutuhkan waktu untuk melihat suatu objek agar lebih fokus, objek yang terlalu kecil dengan bentuk yang rumit akan memerlukan waktu yang lebih lama agar penglihatan dapat lebih fokus.⁸²

f. Jarak Objek

Jarak suatu objek berbanding lurus dengan ukurannya. Suatu objek yang mempunyai ukuran yang besar, maka objek tersebut dapat dilihat dengan jarak yang cukup jauh, dan objek yang mempunyai ukuran kecil, maka diperlukan jarak yang dekat untuk melihatnya.

C. Akuitas Mata dalam Kriteria Visibilitas Hilal

Dalam pendefinisian penglihatan mata untuk visibilitas hilal, kita harus membandingkan terlebih dahulu antara teori penglihatan mata dalam ilmu astronomi dan ilmu fisika optik.

⁸¹ Brian R. Ward. *Mata dan Penglihatan*, hlm.40-41.

⁸² Noer Haeny, *Analisis Faktor*, hlm. 18

Penulis dalam hal ini mengambil contoh modifikasi yang dilakukan oleh Binta dan Judhistira (Modifikasi Kriteria Kastner), yang di dalamnya mencakup beberapa faktor penglihatan mata dari ilmu astronomi.

Dalam penentuan visibilitas Kastner yang sudah dimodifikasi oleh Binta dan Judhistira ada beberapa langkah yang harus ditempuh :⁸³

1. Penentuan Posisi Bulan (Jarak Zenit, Azimut, Elongasi, Magnitudo Semu Visual, Semi Diameter) dan Matahari (Azimut, Sudut Depresi⁸⁴).⁸⁵
2. Menghitung kecerahan Bulan di luar (L^*) dan di dalam atmosfer (L_c) dengan rumus :⁸⁶

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

$$L^* = 1/A \times 2,51^{(10-m_{vis})}$$

$$X = 1 / (\cos Z + 0,025 \times \exp(-11 \times \cos Z))$$

$$L_c = L^* \times \exp(-k \times X)$$

dengan :

r = semi diameter Bulan

$ARCL$ = elongasi

z = jarak zenit

k = koefisien *extinction*

⁸³ Lihat Judhistira Aria Utama, *Usulan Kriteria Visibilitas Hila di Indonesia dengan model Kastner*, Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, Vol. 9 Juli 2013. hlm. 200.

⁸⁴ Sudut Kedalaman, kebalikan dari elevasi, nilainya juga kebalikan dari elevasi. jika diatas ufuk negative, jika dibawah ufuk positif.

⁸⁵ Judhistira memakai bantuan aplikasi MoonCalc dalam perhitungannya.

⁸⁶ Dihitung dengan Formula dari Kastner, lihat Sidney O.Kastner, *Calculation of The Twilight Visibility Function of Near-Sun Objects*, The Journal of The Royal Astronomical Society of Canada, Vol.70. No.24. Agustus 1976. hlm.156-159

3. Menghitung kecerahan langit senja (L), dengan rumus :⁸⁷

$$\theta_0 = -4,12 \times 10^{-2} \times Z + 0,582) \times h + 0,417 \times Z + 97,5$$

$$\text{Log L} = -(7,5 \times 10^{-5} \times Z + 5,05 \times 10^{-3}) \times \theta + (3,67 \times 10^{-4} \times Z - 0,458) \times h + 9,17 \times 10^{-3} \times Z + 3,525, \text{ jika } (\theta \leq \theta_0)$$

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

$$\theta^{\circ} = \text{sudut transisi}^{88}$$

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

$$h = \text{sudut depresi Matahari}$$

4. Melakukan kalibrasi kecerahan langit senja (L_s) mencari kontribusi langit malam (L_a), dan menentukan kecerahan latar belakang (L_{sa}) dengan rumus .⁸⁹

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

$$L_a = 290 + 105 \times \text{Exp}(-90-z)^2/1600)$$

$$L_{sa} = L_s + L_a$$

5. Menentukan nilai koreksi optik untuk kecerahan latar belakang dan kecerahan Bulan :⁹⁰

⁸⁷ Dihitung dengan Formula dari Kastner, lihat Sidney O.Kastner, *Calculation of The Twilight*, hlm.155-156

⁸⁸ Sudut Transisi digunakan untuk menilai keterpengaruhannya cahaya Matahari terhadap kecerahan langit senja, atau besar medan pandang yang terpengaruh oleh cahaya Matahari.

⁸⁹ Dihitung dengan Formula dari Kastner, lihat Sidney O.Kastner, *Calculation of The Twilight*, hlm.157-160.

⁹⁰ Dihitung dengan Formula Schaefer, lihat Bradley E. Schaefer, *Telescopic Limiting Magnitudes*, hlm. 212-215 lihat pula Binta Yunita, dkk. *Model Visibilitas Kastner dalam Kasus Hilal Rekor Dunia dengan Menyertakan Faktor Akuitas Mata Pengamat*. Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa 2016. hlm.60.

a. Koreksi penglihatan binokular (F_b)⁹¹, dengan nilai 1,41 atau V_2

b. Koreksi penyerapan cahaya oleh lensa teleskop (F_t)⁹²

$$F_t = 1 / (t^n \times (1 - (D_s/D)^2)), \text{ dengan :}$$

D_s/D = Koreksi untuk teleskop refraktor, (D_s = Kaca Sekunder, D
= Kaca Primer, jika teleskop reflektor maka $D_s/D = 0$)

n = Jumlah lensa

t = tingkat kebersihan lensa (bersih = 0.96 , kotor = 0,70)

c. Koreksi penyerapan cahaya oleh Pupil (F_p)

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

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

$$F_p = 1.0, \text{ jika } D_e > D/M, \text{ dengan :}$$

D_e = Diameter Pupil Pengamat

A = Usia pengamat

D = Lensa Objektif teleskop

M = Pembesaran teleskop

d. Koreksi pengumpulan cahaya oleh lensa teleskop (F_a)

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

e. Koreksi penyebaran cahaya karena pembesaran teleskop (F_m)

$$F_m = M^2$$

f. Koreksi Pembesaran Benda Langit (F_r)

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

⁹¹ Koreksi ini diterapkan karena kebanyakan teleskop memakai sistem monocular, jadi koreksi ini untuk menjadikan kekuatan pandangan dua mata menjadi satu mata.

⁹² Koreksi ini sama dengan *glare*, yang menyebabkan efek silau pada lensa, baik itu lensa teleskop (F_t) maupun lensa pada mata manusia (F_p).

$F_r = 1.0$, jika $2\theta M < 900''$, dengan :

$\theta =$ the radius of seeing disk

M = Pembesaran

g. Koreksi akuitas mata, 1.0 untuk mata normal, untuk penglihatan baik berkisar antara 0,1 sampai 0,2.⁹³

h. Menjumlahkan koreksi untuk kecerahan latar belakang (F_B) dan kecerahan Bulan (F_I)⁹⁴

$$F_B = F_b F_t F_p F_a F_m$$

$$F_I = F_b F_t F_p F_a F_r F_s$$

6. Menentukan kecerahan latar belakang efektif (B_{eff}) dan kecerahan objek efektif (L_{eff}) dengan koreksi⁹⁵

$$B_{eff} = L_{sa} / F_I$$

$$L_{eff} = L_c / F_B$$

7. Menghitung fungsi visibilitas (Δm), jika hasil negatif maka visibilitas hilal negatif, jika hasil positif maka visibilitas hilal positif:⁹⁶

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

$$\Delta m = 2,5 \log R$$

Jika kita membandingkan antara modifikasi yang dilakukan oleh Binta, Judhistira dengan beberapa faktor penglihatan mata dalam ilmu astronomi,

⁹³ Lihat Binta Yunita, dkk. *Model Visibilitas Kastner*, hlm.60

⁹⁴ Lihat Binta Yunita, dkk. *Model Visibilitas Kastner*, hlm.60-61. Jika dinyatakan dalam besaran magnitude maka diterapkan dalam rumus $m_B = -16,57 - 2,5 \log F_B$ dan $m_I = -16,57 - 2,5 \log F_I$ lihat Bradley E. Schaefer, *Telescopic Limiting Magnitudes*, hlm. 215

⁹⁵ Lihat Binta Yunita, dkk. *Model Visibilitas Kastner*, hlm.61

⁹⁶ Diambil dari formula Kastner, lihat Sidney O.Kastner, *Calculation of The Twilight*, hlm. 160.

maka ada 2 faktor yang tidak dimasukkan dalam modifikasi, yaitu *color vision* dan *glare*. Selain 2 hal itu, semuanya menjadi pertimbangan dalam penetapan visibilitas hilal, meskipun ada perbedaan formula.

Posisi benda langit menjadi acuan utama dalam perumusan, kemudian dilanjutkan dengan koreksi atmosfer (refraksi, massa udara, statistik cuaca, dan *extinction*). Kecerahan hilal dan latar belakang pun ikut diperhitungkan untuk memperoleh kontras dari hilal. Sementara untuk resolusi, kemampuan mata manusia, efek alat optik, dijadikan faktor koreksi untuk kecerahan hilal dan latar belakang senja. Dan untuk ambang batas kontras mata manusia ada dalam formula akhir visibilitas benda langit, dalam formula itu secara intrinsik terdapat ambang batas kontras mata manusia.

Tabel 9. Hubungan antara Model Kastner termodifikasi dengan Faktor Penglihatan Mata dalam Astronomi⁹⁷

No.	Faktor Astronomi	Ada / Tidak	Keterangan
1	Posisi Hilal	V	Acuan utama dalam visibilitas
2	Refraksi	V	Diperhitungkan
3	Massa Udara	V	
4	<i>Extinction</i>	V	
5	Cahaya Sumber	V	Diperhitungkan, dikalibrasi dengan fungsi Kastner dan

⁹⁷ Judhistira Aria Utama, *Usulan Kriteria Visibilitas Hila di Indonesia dengan model Kastner*, Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, Vol. 9 Juli 2013. hlm. 200-201. Lihat pula Binta Yunita, dkk. *Model Visibilitas Kastner dalam Kasus Hilal Rekor Dunia dengan Menyertakan Faktor Akuitas Mata Pengamat*. Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa 2016. hlm.60-61.

			dikoreksi dengan fungsi Schaefer (koreksi optik dan kemampuan mata)
6	Cahaya Latar Belakang	V	Diperhitungkan, dikalibrasi dengan fungsi Kastner dan dikoreksi dengan fungsi Schaefer (koreksi optik dan kemampuan mata)
7	<i>Glare</i>	-	Hilal tidak menghasilkan efek <i>glare</i>
8	<i>Shadow</i>	V	Secara intrinsik, pemakaian teleskop dapat berfungsi sebagai <i>occulter</i>
9	Resolusi	V	Kemampuan mata manusia dengan koreksi F_s , resolusi juga diperhitungkan dalam perhitungan koreksi F_a .
10	Optik Alat	V	Koreksi F_t, F_a, F_m, F_r, F_b
11	Ambang Batas Kontras	V	Secara intrinsik dinyatakan dalam nilai visibilitas akhir yaitu $\Delta m = 2,5 \log R$
12	Penglihatan Warna	-	Tidak begitu signifikan, kecuali dalam kasus

			pengamat memiliki kelainan buta warna
13	Statistik Cuaca	V	Digunakan dalam penentuan <i>extinction</i> , namun berupa data temperatur dan tekanan udara

2 faktor yang tidak diterapkan ke dalam modifikasi adalah *glare* dan *color vision*, *glare* tidak dipakai dalam modifikasi dikarenakan hilal dengan intensitas cahaya yang sangat kecil tidak memiliki efek *glare*/silau,⁹⁸ berbeda jika objek pengamatan berupa purnama atau Matahari yang mempunyai efek *glare* cukup besar. Sementara untuk *color vision*, tidak berdampak signifikan, dampak yang lebih besar dalam pendeteksian cahaya hilal adalah nilai kontrasnya, kecuali jika pengamat mempunyai kelainan buta warna,⁹⁹ sehingga, warna pun akan mempengaruhi nilai kontras hilal maupun cahaya langit senja.

Kemudian jika modifikasi tersebut kita bandingkan dengan faktor-faktor penglihatan mata dalam ilmu fisika optik/medis, mungkin ada beberapa faktor dalam modifikasi yang tidak sesuai dengan ilmu fisika optik/medis karena memang bukan menjadi bahasannya seperti posisi benda langit, faktor atmosfer (refraksi, massa udara, statistik cuaca, *extinction*), faktor-faktor tersebut tidak

⁹⁸ Wawancara dengan Judhitira Ari Utama pada Jumat, 27 April 2018.

⁹⁹ Wawancara dengan Judhitira Ari Utama pada Jumat, 27 April 2018.

ada dalam bahasan ilmu fisika optik/medis, sementara untuk faktor-faktor dalam modifikasi selain posisi dan kondisi atmosfer sudah sesuai dengan apa yang ada dalam ilmu optik/medis.

Akuitas mata dalam penglihatan sangat berhubungan erat dengan daya akomodasi mata seseorang. Akuitas mata atau *Visual Acuity* merupakan kemampuan dari mata untuk membedakan secara detil suatu objek dan latar belakang yang sebagian besar bergantung pada daya akomodasi. Secara definisi akuitas mata, ada persamaan diantara dua perspektif tersebut, namun berbeda dalam hal tujuan karena keduanya memiliki sudut pandang yang berbeda.

1. Dalam ilmu astronomi akuitas didefinisikan dengan istilah resolusi atau jumlah piksel yang dihasilkan oleh lensa (mata/teleskop/kamera) dengan kualitas dan kuantitas tertentu untuk pengamatan benda-benda langit. Sementara akuitas mata dalam astronomi berarti kualitas mata yang menghasilkan resolusi tertentu yang dapat menentukan apakah mata tersebut mampu melihat suatu objek langit tertentu atau tidak.
2. Dalam ilmu fisika optik/medis lebih dikenal dengan istilah visus atau pemeriksaan terhadap ketajaman mata untuk mengetahui kemampuan seseorang dalam melihat sebuah objek secara umum.

Dalam modifikasi Binta-Judhistira Akuitas mata mengambil formulasi dari Schaefer yang memakai Snellen Rasio sebagai acuan. Tapi ada suatu hal yang perlu digaris bawahi, bahwasannya nilai Snellen Rasio dalam Schaefer berbanding terbalik dengan apa yang ada dalam ilmu fisika optik/medis.

Dalam ilmu fisika optik/medis, misal akuitas mata seseorang didefinisikan dengan nilai rasio $3/6$ atau $0,5$ maka nilai tersebut merupakan penglihatan di bawah normal, karena mata normal bisa melihat sebuah objek dengan jarak 6 meter, sementara mata orang tersebut hanya bisa melihat dengan jarak 3 meter.¹⁰⁰

Snellen Rasio yang diterapkan oleh Schaefer (1990)¹⁰¹ tidak demikian, besaran akuitas mata di bawah 1 akan menunjukkan semakin baiknya mata manusia dalam melihat sebuah objek langit, begitu juga sebaliknya, akuitas mata di atas 1 akan menunjukkan semakin buruk penglihatan seseorang, namun sebenarnya Snellen Rasio yang diterapkan oleh Schaefer dan perspektif ilmu fisika optik/medis sama saja, Nilai yang dipakai Schaefer (1990) adalah nilai dari MAR (*Minimum Angle of Resolution in Arc Min*) yaitu besaran sudut dalam menit yang dapat dilihat oleh mata.¹⁰² Nilai ini akan mengakomodir jarak dan ukuran objek yang dapat dilihat oleh mata seseorang.¹⁰³

Gambar 8. *Minimum Angle of Resolution in Arc Min*¹⁰⁴

¹⁰⁰ Elena Messina, *Standards for Visual Acuity*, Intelligent Systems Division National Institute for Standards and Technology, Juni 2006, hlm. 3-4

¹⁰¹ Bradley E. Schaefer, *Telescopic Limiting Magnitudes*, hlm. 215

¹⁰² Scott Stevenson, *Visual Acuity*, OPTO 5320 Vision Science I, Fall, 2017. hlm.20. lihat pula Scott Stevenson, *Online Course Materials*, <https://www.opt.uh.edu/onlinecoursematerials/stevenson-5320/> diakses pada 23 April 2018, pukul 09:56 WIB

¹⁰³ Dalam pendefinisian akuitas mata seseorang ada beberapa besaran yang dipakai yaitu : MAR, LogMAR = $\log_{10}(\text{MAR})$, Snellen = $20/(20 \times \text{MAR})$, Desimal = $1/\text{MAR}$, lihat Scott Stevenson, *Visual Acuity*, OPTO 5320 Vision Science I, Fall, 2017. hlm.19.

¹⁰⁴ Michael Kalloniatis dan Charles Luu, <http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/visual-acuity/> diakses pada 24 April 2018 pukul 19:16 WIB lihat pula Dr. Damien Gatinel, <https://www.gatinel.com/en/recherche-formation/acuite-visuelle-definition/mar-angle-minimum-de-resolution/> diakses pada 30 April 2018, pukul 09.34.



Penulis menemukan dua formulasi yang berbeda dalam koreksi akuitas mata, yaitu pada Schaefer (1990) dan Schaefer (1998)¹⁰⁵:

Tabel 10. Formula Koreksi *Visual Acuity*

No.	Algoritma	Formula <i>Visual Acuity</i>	Rasio
1	Schaefer (1990)	Log (VA)	MAR
2	Schaefer (1998)	-(Log(VA)/Log(10))	Snellen

Meskipun terlihat berbeda, namun dua rumus di atas mempunyai formulasi yang sama, yang pertama menggunakan nilai MAR, sementara yang kedua menggunakan nilai Snellen Ratio. Jika nilai MAR dikonversi menjadi Snellen maka harus mencari *reciprocal* dari nilai Snellen tersebut, atau dengan $1/\text{MAR}$, begitu juga sebaliknya jika konversi dari Snellen ke MAR maka $1/\text{Snellen}$. Contoh rasio Snellen 20/40, maka rasio MAR adalah *reciprocal* dari rasio Snellen yaitu $40/20$, atau $1/(20/40) = 2$.¹⁰⁶

¹⁰⁵ Bradley Schaefer, *To The Visual Limits*, Astronomical Computing Sky & Telescope, Mei 1998. hlm. 58-59. Lihat pula Bradley E. Schaefer, *Astronomy and The Limits*, hlm. 325. Lihat pula Bradley E. Schaefer, *Astronomical Visual Limiting Magnitude Calculation*, dalam <http://www.bogan.ca/astro/optics/vislimit.html> diakses pada 24 April 2018 pukul 09.14 WIB.

¹⁰⁶ OA Oduntan, dkk. *A Comparison of Two Methods of logMAR Visual Acuity Data Scoring for Statistical Analysis*. Journal The South Africa Optometrist, September 2009. hlm.156

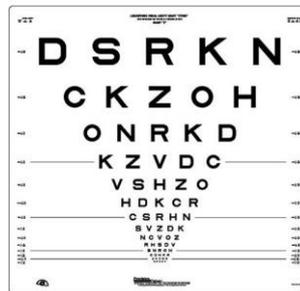
Jika diterapkan dalam 2 rumus di atas maka akan membuahkan hasil yang sama, misal rasio Snellen 10/20, dan rasio MAR 20/10. Maka :

$$\text{Akuitas Mata Schaefer (1990)} = \text{Log} (20/10) = \mathbf{0,301029996}$$

$$\begin{aligned} \text{Akuitas Mata Schaefer (1998)} &= - (\text{Log} (10/20)/\text{Log}(10)) \\ &= \mathbf{0,301029996} \end{aligned}$$

Rasio MAR juga memiliki diagram sendiri dalam pemeriksaannya, namun jarang dipakai dalam dunia kedokteran.

Gambar 9. Diagram Log MAR¹⁰⁷



Dalam pembahasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa untuk penglihatan mata manusia paling bagus berkisar antara 0.1 s/d 0.2 MAR, namun sebenarnya nilai batas maksimal kemampuan akuitas mata manusia menurut para pakar berbeda-beda, tergantung sejauh mana pengalaman dalam penelitian mereka.

Tabel 11. Perbedaan Batas Maksimal Akuitas Mata

No.	Pakar	Snellen	MAR
1	David Speck ¹⁰⁸	20/5	0,25

¹⁰⁷ <http://www.healthandcare.co.uk/logmar-eye-test-charts/logmar-4m-etdrs-2-original-chart.html> diakses pada 24 April 2018. Pukul 08:58 WIB.

¹⁰⁸ Seorang Doktor Optamologi di Weill Cornell Medical College, lihat David Speck, https://www.quora.com/How-common-is-20-10-vision?utm_medium=organic&utm_source=google_rich_qa&utm_campaign=google_rich_qa, diakses pada 24 april 2018, pukul 05:50 WIB.

2	Uthra. K ¹⁰⁹	20/10	0,5
3	Roger N. Clark ¹¹⁰	20/8	0,4
4	Envision Eye Care ¹¹¹	20/10	0,5
5	A. Morris ¹¹²	20/8	0,4
6	David G. Curry ¹¹³	20/10	0,5
7	Bianca Huumeman ¹¹⁴	20/5	0,25
8	Schaefer dalam observasi O'Meara ¹¹⁵	20/4,4	0,22
9	Schaefer dalam observasi Russel dan Green ¹¹⁶	20/2,4	0,12

Faktor Sensitivitas kontras manusia, tingkat pencahayaan dan kekontrasan

benda pun ikut dipertimbangkan dalam model Kastner termodifikasi, seperti pula yang ada dalam ilmu astronomi.

¹⁰⁹ Lihat Uthra. K, dkk. *Visual Acuity Test in General and Emergency Cases Using Mobile Services*. International Journal of Advanced Computational Engineering and Networking. Vol.2, Issue.3, Maret 2014. hlm.16.

¹¹⁰ Seorang ahli astrofotografi, ia merupakan salah satu asisten investigator dalam pemetaan gambar spektrometer NASA, lihat Roger N. Clark, Note on the Resolution and Other Details of the Human Eye, diakses dari <http://www.clarkvision.com/articles/eye-resolution.html>, 24 april 2018 pukul 06:01 WIB.

¹¹¹ Sebuah klinik mata di Corsicana, Texas, lihat <https://www.envisioneyecarecorsicana.com/do-i-have-the-best-vision-possible/> diakses pada 24 April pukul 06:06 WIB.

¹¹² Lihat A.Morris dan P.V.Hamilton, *Visual Acuity and Reaction Time in Navy Fighter Pilots*. Department of The Navy : Aerospace Med Research Laboratory. Desember 1966. hlm. iii, 4.

¹¹³ David G. Curry, dkk. *Capability of the Human Visual System*, Proceedings of SPIE. Vol.5080, 2003. hlm.63.

¹¹⁴ Bianca Huumeman dan Nienke Boonstra, *Assessment of Near Visual Acuity in 0-13 Years Olds with Normal and Low Vision : a Systematic Review*. Research Article BMC Ophthalmology, 2016. hlm. 6.

¹¹⁵ Pengamatan Komet Halley oleh O'Meara tahun 1985 dengan teleskop 24", dan visual magnitude komet 19.6. lihat Bradley E. Schaefer, *Telescopic Limiting Magnitudes*, hlm. 228.

¹¹⁶ Lihat Bradley E. Schaefer, *Telescopic Limiting Magnitudes*, hlm. 215

Tabel 12. Hubungan antara Model Kastner Termodifikasi dengan Faktor Penglihatan Mata dalam Ilmu Fisika Optik/Medis¹¹⁷

No.	Faktor Astronomi	Ada / Tidak	Keterangan
1	Akomodasi	V	Tidak dipakai dalam penglihatan jauh.
2	Akuitas Mata	V	Menggunakan rasio MAR
3	Adaptasi Gelap Terang	-	Adaptasi gradual, belum ada rumusan yang bisa dipakai.
4	Sensitivitas Kontras	V	Dipakai secara intrinsik dalam formulasi akhir.
5	Pembedaan Warna	-	Tidak signifikan
6	Tingkat Pencahayaan	V	Diperhitungkan dalam formula Lc
7	Bentuk Objek	-	Sangat dipengaruhi pengalaman pengamat
8	Kekontrasan Benda	V	Diperhitungkan dalam formula R
9	Durasi Melihat	-	Dipengaruhi akuitas dan pengalaman
10	Ukuran Objek	V	Dinyatakan dalam rasio MAR

¹¹⁷ Judhistira Aria Utama, *Usulan Kriteria Visibilitas Hila di Indonesia dengan model Kastner*, Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, Vol. 9 Juli 2013. hlm. 200-201. Lihat pula Binta Yunita, dkk. *Model Visibilitas Kastner dalam Kasus Hilal Rekor Dunia dengan Menyertakan Faktor Akuitas Mata Pengamat*. Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa 2016. hlm.60-61.

11	Jarak Objek	V	
----	-------------	---	--

Sementara itu ada 4 faktor menurut ilmu fisika optik/medis yang tidak ada dalam model Kastner, yaitu Adaptasi Gelap Terang, pembedaan warna, bentuk objek dan durasi melihat.

Untuk faktor adaptasi gelap terang tidak diterapkan dalam model Kastner termodifikasi, menurut Judhistira, transisi gelap terang saat senja berbeda dalam perspektif optik/medis yang mendefinisikan transisi dengan proses yang tiba-tiba, proses transisi gelap terang saat senja bersifat gradual, dalam arti terdapat tahapan-tahapan tersendiri saat transisi dari terang menuju gelap, dan sampai saat ini belum ada rumusan mengenai hal tersebut.¹¹⁸

Faktor pembedaan warna juga tidak dipakai dalam model Kastner termodifikasi, hal ini seperti yang penulis sebutkan di atas mengenai *colour vision*. Sementara untuk faktor durasi melihat dan bentuk objek merupakan hal yang rumit dan sangat kompleks, di satu sisi faktor durasi ini dipengaruhi oleh akuitas mata, tapi di sisi lain faktor durasi juga dipengaruhi oleh pengalaman, seperti halnya faktor bentuk objek, dimana tingkat kesulitan objek tersebut pasti akan beda bagi seseorang yang tidak pernah melihat dengan orang yang sering melihat, orang yang sering melihat suatu objek sulit, pasti akan dengan cepat menangkap penglihatan objek tersebut, dan begitu juga sebaliknya. Koreksi pengalaman ini secara formulasi bisa diabaikan.

¹¹⁸ Wawancara dengan Judhitira Ari Utama pada Jumat, 27 April 2018.

BAB IV
PENERAPAN AKUITAS MATA DALAM
KRITERIA VISIBILITAS HILAL

A. Kasus-kasus Pengamatan Hilal di Indonesia

Dalam penetapan awal bulan Ramadan, Syawal dan Zulhijah di Indonesia, rukyatul hilal selalu dilakukan oleh beberapa umat Islam dalam bulan-bulan tersebut, seperti halnya yang dilakukan oleh LFNU, BMKG dan RHI. Metode rukyatul hilal ini adalah metode yang sering dipraktikkan oleh umat Islam di Indonesia, terutama sebelum memulai dan mengakhiri ibadah puasa di bulan Ramadan, bahkan tidak hanya itu, sebagian umat Islam pun melakukan rukyatul hilal pada setiap bulannya tanpa terkecuali.

Nahdhatul Ulama dan pemerintah yang diwakili oleh Kementerian Agama (Kemenag) adalah kelompok paling besar yang sering melakukan rukyatul hilal. Nahdhatul Ulama sudah lama dikenal sebagai mazhab rukyat oleh masyarakat, karena metode yang dipakai, dan putusan akhir dimulai atau tidaknya awal bulan ditentukan oleh terlihat atau tidaknya hilal pada saat akhir bulan. Sementara Kemenag, meskipun ia menjadi penengah bagi dua kubu (hisab dan rukyat), tetapi Kemenag juga melakukan rukyatul hilal, Kemenag memerlukan data untuk membentuk dan memperbarui kriteria visibilitas hilal

agar sesuai dengan fakta yang ada, hal ini juga dilakukan semata-mata agar bisa mengakomodir mazhab hisab dan rukyat pada akhirnya.¹

Kriteria-kriteria visibilitas hilal sudah ada sejak lama, bahkan sejak zaman Babilonia, dalam bab sebelumnya juga telah disinggung mengenai hal tersebut. Disini ditemukan garis singgung antara pengamatan dan kriteria visibilitas hilal, di mana keduanya memiliki hubungan timbal balik. Kriteria dibentuk berdasarkan pengamatan, tetapi pengamatan pun akan diverifikasi oleh sebuah kriteria.

Judhistira Aria Utama menjelaskan bahwa kriteria dibentuk oleh kumpulan data pengamatan hilal, yakni pengamatan yang cermat dan sesuai dengan standar yang ditetapkan, sehingga pengamatan ini membuahkan hasil yang berkualitas. Hasil pengamatan tersebut dapat dimanfaatkan untuk membuat suatu model matematis atau kriteria terkait fenomena saat pengamatan. Kriteria/model matematis tersebut tidak bisa langsung diterapkan begitu saja untuk verifikasi sebuah pengamatan/rukayatul hilal, namun kriteria tersebut harus diuji di lapangan terlebih dahulu melalui beberapa pengamatan (rukayat) atau eksperimen, sehingga kriteria tersebut dapat memprediksi fenomena rukayatul hilal dengan hasil yang memuaskan, jika sudah seperti itu maka model matematis tersebut telah layak diterima sebagai kriteria untuk

¹ Thomas Djamaluddin, *Kriteria Visibilitas Hilal Diharapkan Bisa Menyatukan Metode Hisab dan Rukyat*, dalam <https://bimasislam.kemenag.go.id/post/berita/thomas-djamaluddin-kriteria-visibilitas-hilal-diharapkan-bisa-menyatukan-metode-hisab-dan-rukayat>, diakses pada 7 Juli 2018, pukul 13:38 WIB. Lihat pula <https://kemenag.go.id/berita/read/507706/ini-lokasi-rukayatul-hilal-awal-ramadhan-1439h-2018m>, diakses pada 7 Juli 2018, pukul 14:38 WIB.

verifikasi (menentukan sah/tidaknya) sebuah laporan rukyatul hilal, terutama untuk kasus-kasus yang kontroversial.²

Pengamatan hilal yang sesuai dengan prediksi kriteria atau model matematis yang telah disusun sebelumnya, sepatutnya kita terima, namun untuk kasus-kasus yang dianggap tidak sah atau gagal verifikasi oleh sebuah kriteria tidak boleh dibuang atau tidak dianggap begitu saja, kasus-kasus tersebut tetap menjadi data berharga untuk menyempurnakan model matematis kriteria visibilitas hilal yang tidak 100 % sempurna.³

Disini penulis menemukan dua macam pengamatan, yakni pengamatan yang menjadi subjek dalam pembentukan kriteria, dan pengamatan yang menjadi objek dalam penerapan kriteria visibilitas hilal.

Pengamatan hilal di Indonesia merupakan subjek sekaligus objek dari kriteria visibilitas hilal, meskipun peran pengamatan hilal di Indonesia sendiri jarang dipakai dalam pembentukan kriteria oleh kalangan umum, tetapi ada beberapa peneliti yang menjadikan pengamatan di Indonesia sebagai subjek yang membangun sebuah kriteria⁴. Disamping itu pengamatan di Indonesia sendiri sering menjadi kontroversi, sehingga dalam taraf yang lebih tinggi (Nasional/International), beberapa kasus sering kali tidak dianggap sebagai pengamatan yang memenuhi standar, jika tidak, pengamatan tersebut tentunya

²Wawancara dengan Judhistira Aria Utama via Whatsapp pada 11 Mei 2018

³ Wawancara Judhistira Aria Utama via Whatsapp pada 11 Mei 2018

⁴ Lihat Judhistira Aria Utama dan Hilmansyah, *Penentuan Parameter Fisis Hilal Sebagai Usulan Kriteria Visibilitas di Wilayah Tropis*, Proseding Seminar Nasional Fisika 2013, Universitas Negeri Semarang, lihat pula Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Kriteria Visibiitas Hilal Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) (Konsep, Kriteria, dan Implementasi)*. Jurnal LP2IH-RHI.

akan menjadi rekor dunia terbaru dalam pengamatan hilal dengan parameter-parameter terendah.

Sebagai objek, pengamatan hilal di Indonesia mutlak adanya. Praktek pengamatan hilal di Indonesia sangat kental dengan adanya produk fikih tentang awal dan akhir bulan puasa Ramadan, tentang waktu zakat fitrah, kapan hari raya, kapan dimulainya ibadah haji, puasa Arafah, dan kapan ibadah wukuf dimulai, sehingga penetapan awal bulan yang berdasar pada rukyatul hilal harus diverifikasi oleh sebuah kriteria (untuk kepastian waktu), atau secara tidak langsung kriteria itu sendiri yang menentukan kapan ibadah-ibadah tersebut dapat dimulai.

Dalam prakteknya, rukyatul hilal atau kriteria visibilitas hilal di Indonesia atau lebih luas lagi di kawasan Asia sering menuai kontroversi, hal ini dikarenakan Kriteria MABIMS yang dipakai sebagai acuan sering dianggap terlalu rendah secara ilmiah dan tidak sesuai dengan model matematis kriteria yang lain, selain itu hasil rukyatul hilal yang berhasil dilakukan sering pula dikatakan di luar batas wajar kemampuan mata manusia.

Indonesia sendiri beberapa kali mengalami kasus seperti itu, dimana hilal berhasil dilihat, tapi banyak menuai kontroversi atas kesaksian terlihatnya hilal tersebut, dan pada akhirnya kesaksian tersebut ditolak. Beberapa penolakan tersebut bisa dilihat dari tabel di bawah ini :

Tabel 13. Penolakan Rukyatul Hilal⁵

No.	Bulan	Ijtimak Masehi	Lokasi	Tinggi Hilal ⁶
1	Syawal 1412	3 April 1992	Jawa Timur dan Cakung	-0° 50' 41,69"
2	Syawal 1413	23 Maret 1993	Jawa Timur dan Cakung	-1° 42' 20,17"
3	Syawal 1414	12 Maret 1994	Jawa Timur dan Cakung	-1° 27' 25,46"
4	Syawal 1418 H.	28 Januari 1998	Cakung dan Bawean	0° 29' 39,98"
5	Syawal 1427	22 Oktober 2006	Jawa Timur Cakung	0° 35' 06,19"
6	Syawal 1428	11 Oktober 2007	Cakung	0° 26' 28,77"
7	Syawal 1432 H.	29 Agustus 2011	Cakung dan Jepara	1° 46' 17,90"
8	Ramadan 1433 H.	19 Juli 2012	Cakung	1° 34' 43,34"
9	Ramadan 1434 H.	8 Juli 2013	Cakung	0° 29' 44,97"

⁵ Slamet Hambali, *Fatwa, Sidang Isbat dan Penyatuan Kalender Hijriyah*, diakses dari http://jayusmanfalak.blogspot.co.id/2013/07/fatwa-sidang-isbat-dan-penyatuan_7002.html, pada 13 Mei 2018. pukul 14:25.

⁶ Nomor 1-9 diambil dari Slamet Hambali, *Fatwa*. Nomor 10 diambil dari LF PBNU, *Surat Penjelasan*.

10	Muharam 1439 H. ⁷	20 September 2017	Pasuruan	1° 55'
----	---------------------------------	----------------------	----------	--------

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa keberhasilan rukyatul hilal di Indonesia cukup besar, meskipun belum terbukti apakah rukyatul hilal tersebut benar-benar valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, ataukah tidak. Maka dari itu perlu dirumuskan kriteria yang memenuhi segala aspek baik itu aspek fisiologi, konfigurasi benda langit, lokasi pengamat, meteorologi, dan faktor psikofisiologi pengamat, sehingga verifikasi yang dilakukan terhadap kasus-kasus di atas benar-benar sesuai dengan fakta ilmiah yang ada.

B. Kriteria Visibilitas Hilal dengan Koreksi Akuitas Mata Pengamat

Kriteria visibilitas hilal yang ada selama ini diturunkan berdasarkan pengamatan-pengamatan yang bersifat global dan dibentuk dengan kriteria yang global pula. Kriteria yang seperti ini lebih mudah untuk diterapkan terutama untuk tujuan terciptanya kalender global tunggal, namun harus mengabaikan faktor-faktor ilmiah, karena secara ilmiah memang tidak ada kriteria yang dapat berlaku secara global. Faktor-faktor seperti letak geografis, penggunaan alat optik sangat berpengaruh terhadap nilai visibilitas hilal tersebut. terutama faktor akuitas (ketajaman) mata pengamat.

⁷ Penolakan oleh ormas Nahdhatul Ulama

Pada pembahasan kali ini telah dibentuk sebuah model matematis kriteria visibilitas untuk mata manusia dengan kemampuan normal ($F_s=1$). Data pengamatan yang dijadikan sebagai subjek dalam pembentukan model, diambil dari data yang telah dikompilasi oleh Odeh (2006)⁸ yang telah dikhususkan untuk wilayah tropis ($<23,5^\circ$), yakni sebanyak 56 data. Perumusan ini menggunakan visibilitas hilal Kastner dengan beberapa koreksi seperti, geografi, meteorologi, optika dan akuitas mata pengamat seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Perumusan ini juga menggunakan bantuan aplikasi *MoonCalc* dari Monzur Ahmed untuk mengetahui parameter fisis (tinggi hilal, sudut depresi Matahari, azimuth Bulan dan Matahari, elongasi, magnitude, dan semi diameter bulan) yang diperlukan dalam perhitungan.

Setelah dilakukan pencarian kasus-kasus yang bersesuaian dengan model Kastner termodifikasi, kemudian langkah selanjutnya adalah mencari nilai parameter fisis Bulan saat Matahari terbenam (tinggi hilal, beda tinggi, elongasi, beda azimuth, umur, *lag time*, dan lebar hilal), untuk penentuan besaran nilai kriteria visibilitas hilal.

1. Kasus-kasus yang Bersesuaian dengan Model Kastner Termodifikasi

Dari 56 data pengamatan Odeh (2006) untuk wilayah tropis, penulis menemukan 25 data yang bersesuaian dengan model Kastner, dengan rincian 16 data pengamatan mata telanjang, 6 data pengamatan dengan

⁸ Mohammad SH. Odeh, *New Criterion for Lunar Crescent Visibility*, Experimental Astronomy, 2004. hlm.44-60.

binokular, dan 3 pengamatan dengan teleskop. Data-data tersebut mempunyai visibilitas dengan nilai yang cukup tinggi. Lihat tabel 14, 15 dan 16 di bawah ini.

Tabel 14. Pengamatan Hilal dengan Mata Telanjang Kompilasi Odeh yang bersesuaian dengan model Kastner

Tanggal	Pengamat	hc	ho	ARCL	MVis	r	Δm
21/01/1985	O'Meara	3,415	-8,421	13,041	-5,37	0,25	4,709
01/01/1995	O'Meara	2,666	-7,424	10,102	-5,08	0,27	3,245
14/06/1999	Isiaq	5,986	-6,386	13,124	-5,39	0,27	3,644
10/10/1999	Zainal	5,347	-6,233	11,458	-5,22	0,25	3,283
07/01/2000	Haque	5,688	-6,377	11,924	-5,26	0,24	3,487
06/02/2000	Essa	5,922	-6,01	12,158	-5,29	0,25	3,237
31/07/2000	Isiaq	3,778	-4,773	8,577	-4,93	0,27	1,390
24/02/2001	Zainal	5,849	-6,767	12,496	-5,32	0,24	3,929
21/07/2001	Salih	4,7	-5,354	9,904	-5,07	0,27	2,25
17/10/2001	Mwinyifaki	5,359	-5,891	11,123	-5,19	0,27	2,954
17/10/2001	Dukku	4,862	-7,09	12,147	-5,29	0,27	4,018
09/08/2002	Dukku	5,334	-7,556	12,964	-5,37	0,27	4,619
07/09/2002	Johnson	5,515	-5,818	11,431	-5,22	0,27	2,948
03/01/2003	Ali	5,73	-6,967	13,361	-5,41	0,26	4,161
13/11/2004	Garba	4,286	-7,102	14,77	-5,53	0,27	3,786
13/11/2004	Dukku	4,752	-7,28	14,814	-5,54	0,27	4,167

Tabel 15. Pengamatan Hilal dengan Binokular Kompilasi Odeh yang
bersesuaian dengan model Kastner

Tanggal	Pengamat	hc	Ho	ARCL	MVis	R	Δm
05/04/2000	Zainal	4,456	-5,132	9,653	-5,03	0,26	3,418
28/08/2003	Zainal	4,503	-5,574	9,915	-5,06	0,26	3,833
02/07/2000	Bahali	3,734	-4,92	8,687	-4,94	0,27	2,860
17/10/2001	Bahali	3,898	-5,216	8,932	-4,96	0,27	3,237
13/05/2002	Tahir	5,011	-5,814	10,672	-5,14	0,25	4,335
13/11/2004	Haji Ali	3,853	-5,198	10,782	-5,14	0,27	3,116

Tabel 16. Pengamatan Hilal dengan Teleskop Kompilasi Odeh yang
bersesuaian dengan model Kastner

Tanggal	Pengamat	hc	ho	ARCL	Mvis	r	Δm
09/08/2002	Bahali	4,154	-5,02	9,502	-5,02	0,27	5,081
02/05/2003	Tahir	4,043	- 5,332	9,281	-4,99	0,24	5,628
02/05/2003	Ibrahim	4,103	- 5,596	9,672	-5,03	0,24	5,895

Data-data pada tabel 14 difilter dengan asumsi langit cerah dan dengan kualitas mata pengamat normal, sementara untuk data pada tabel 15 dan 16, karena tidak diketahui spesifikasi dari teleskop dan binokular yang digunakan maka penulis memakai asumsi spesifikasi rendah, binokular dengan pembesaran 2x dan lensa objektif 40mm serta teleskop *refractor*

dengan pembesaran 5x dan lensa objektif 90mm, keduanya dikoreksi dengan faktor transmisi sebesar 0,7 (lensa kotor).

2. Perumusan Kriteria Visibilitas Hilal saat Matahari Terbenam

Setelah data-data yang bersesuaian dengan model Kastner telah ditemukan, maka tahap selanjutnya yaitu mencari nilai parameter fisis saat Matahari terbenam dari masing-masing kasus. Kemudian dicari nilai rata-rata dari masing-masing parameter. Bisa dilihat dalam tabel 17.

Tabel 17. Parameter Fisis Pengamatan Mata Telanjang

Tanggal	Hc	ARCV	ARCL	DAz	umur	Lag	w
21/01/1985	8,464	10,751	12,879	6,381	25,79	53:34	0,38
01/01/1995	6,979	9,308	9,92	1,958	17,14	45:35	0,25
14/06/1999	11,329	11,663	12,903	4,253	22,98	54:21	0,42
10/10/1999	10,332	10,748	11,315	0,839	23,38	46:51	0,29
07/01/2000	10,706	11,203	11,761	0,323	27,78	52:54	0,31
06/02/2000	11,049	11,214	11,989	2,601	26,66	49:40	0,33
31/07/2000	7,36	7,775	8,423	1,55	15,68	36:17	0,18
24/02/2001	11,396	11,766	12,338	0,957	27,02	51:30	0,34
21/07/2001	8,899	9,22	9,728	0,189	17,65	43:22	0,24
17/10/2001 (1)	10,293	10,451	10,953	0,575	19,81	46:03	0,3
17/10/2001 (2)	10,16	10,975	11,962	3,037	21,7	49:31	0,35

09/08/2002	11,013	11,987	12,746	1,89	22,5	55:00	0,41
07/09/2002	10,205	10,537	11,26	2,146	19,03	46:38	0,32
03/01/2003	11,133	11,571	13,172	5,196	25,57	57:12	0,42
13/11/2004 (1)	8,986	10,06	14,59	9,984	26,4	50:57	0,53
13/11/2004 (2)	9,757	10,715	14,624	9,29	26,53	53:15	0,53

Tabel 18. Parameter Fisis Pengamatan Optik (Binokular dan Teleskop)

Tanggal	Hc	ARCV	ARCL	DAz	umur	lag	w
05/04/2000 ⁹	8,464	8,79	9,525	2,098	17,08	38:46	0,22
28/08/2003	8,947	9,263	9,77	0,16	17,86	41:07	0,23
02/07/2000	7,443	7,853	8,521	1,654	16,05	37:33	0,18
17/10/2001	7,875	8,281	8,798	0,313	15,59	36:51	0,19
13/05/2002	9,499	9,969	10,523	0,551	23,72	46:11	0,26
13/11/2004	7,495	8,024	10,645	6,354	19,61	39:00	0,28
09/08/2002 ¹⁰	8,218	8,73	9,358	1,321	16,14	40:17	0,22
02/05/2003	7,896	8,5	9,163	1,464	22,22	39:04	0,19
02/05/2003	8,19	8,803	9,549	1,92	23,07	40:21	0,2

⁹ Pengamatan Binokuler

¹⁰ Pengamatan Teleskop

Pada tabel 17 dan 18, Parameter tinggi hilal (Hc), beda tinggi (ARCV), elongasi (ARCL), beda azimuth(DAz), umur hilal, *lag*, dan lebar hilal (w) diturunkan dengan menggunakan software MoonCalc, yang selanjutnya akan dicari rata-rata untuk pembentukan sebuah kriteria visibilitas hilal. Lihat tabel 19.

Tabel 19. Parameter Fisis Hasil Kriteria Visibilitas Hilal untuk Mata Normal

Parameter Fisis	Mata Telanjang	Binokular/Teleskop
hc (derajat)	9,9 / 09° 52' 44''	8,2 / 08° 13' 31''
ARCV (derajat)	10,6 / 10° 37' 17''	8,7 / 08° 41' 25''
ARCL (derajat)	11,9 / 11° 54' 37''	9,5 / 09° 32' 21''
DAz (derajat)	3,1 / 03° 11' 53''	1,8 / 01° 45' 34''
Umur (jam)	22,9 / 22 : 51 : 04	19,03 / 19 : 02 : 16
Lag (menit)	49,5 / 49 : 33	39,9 / 39 : 54
W (menit)	0,35 / 0' 21''	0,2 / 0' 13''

Nilai dalam tabel 19 di atas merupakan nilai rata-rata parameter fisis saat Matahari tenggelam dari 25 pengamatan (Mata Telanjang, Binokular dan Teleskop) yang telah difilter sebelumnya dengan beberapa faktor.

Nilai rata-rata tinggi hilal ($hc=8,2^{\circ}-9,9^{\circ}$) dan beda tinggi ($ARCV > 8,7^{\circ}-10,6^{\circ}$) nampaknya membutuhkan nilai yang lebih tinggi dan jauh bedanya

bila dibandingkan dengan kriteria MABIMS lama ($hc > 2^\circ$)¹¹, ataupun kriteria MABIMS baru yang direduksi dari kriteria LAPAN ($hc > 3^\circ$ atau $ARCV > 4^\circ$)¹², namun apabila dibandingkan dengan penelitian Sopwan & Raharto¹³, melalui studi metoniknya, maka hasilnya cukup mendekati, ia memberi nilai untuk ARCV yang mudah diamati dengan mata telanjang sebesar 10° - 11° .

Untuk rata-rata parameter elongasi ($ARCL > 9,5^\circ$ - $11,9^\circ$), nilainya juga lebih besar jika dibandingkan dengan limit Danjon ($ARCL > 7^\circ$)¹⁴, atau kriteria MABIMS baru ($ARCL > 6,4^\circ$)¹⁵, tapi nilainya juga berdekatan dengan penelitian terdahulu, yaitu kriteria dari al-Khawarizmi ($ARCL > 9,5^\circ$)¹⁶ dan Fotheringham-Maunder ($ARCL > 11^\circ$)¹⁷.

Sementara untuk parameter beda azimut ($DAz > 1,8^\circ$ - $3,1^\circ$), nilai ini berdekatan dengan kriteria Fotheringham-Maunder¹⁸, dengan ARCV 11° - $10,5^\circ$ membutuhkan DAz sebesar 0° - 5° .

¹¹ Ahmad Izzuddin, *Kesepakatan untuk Kebersamaan*, makalah Lokakarya International dan Cal for Paper Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang, Hotel Silliwangi, 12-13 Desember 2012. hlm.10.

¹² Draf Keputusan Muzakarah Rukyah dan Takwim Islam Negara Anggota MABIMS ke-16, 2-4 Agustus 2016, Kompleks Baitul Hilal, Port Dickson, Negeri Sembilan.

¹³ N. Sopwan & Moedji Raharto, *Hilal Metonik : Usulan Kriteria Visibilitas Hilal*. Prosiding Seminar Nasional Fisika III, universitas Negeri Semarang, 2012, dalam Judhistira Aria Utama dan Hilmansyah, *Penentuan...*, hlm.4.

¹⁴ Lihat Louay J. Fatoohi, dll. *The Danjon Limit of First Visibility of The Lunar Crescent*, The Observatory, Volume 118, 1998. Hlm 67.

¹⁵ Draf Keputusan Muzakarah Rukyah dan Takwim Islam Negara Anggota MABIMS ke-16, 2-4 Agustus 2016, Kompleks Baitul Hilal, Port Dickson, Negeri Sembilan.

¹⁶ Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudiby, *Kriteria...* hlm 35.

¹⁷ $ARCL > 11^\circ$ dihitung dengan persamaan $\cos ARCL = \cos DAz \cos ARCV$, lihat Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudiby, *Kriteria...* hlm 36

¹⁸ BD Yallop, *A Method for Predicting the First Sighting of the New Crescent Moon*. NAO Technical Note No.69, 1997. hlm.2

Rata-rata umur Bulan pasca konjungsi memperoleh nilai sebesar 19,03 jam- 22,9 jam, kriteria ini sedikit di bawah kriteria Babilonia (umur>24 jam), namun sesuai dengan penelitian Ilyas¹⁹ untuk umur Bulan di wilayah Tropis berkisar antara 16 jam – 24 jam. Sementara rata-rata *Lag Time* ($lag > 39,9-49,5$) berdekatan dengan kriteria Babilonia ($lag > 48$ menit), juga sesuai dengan penelitian Ilyas²⁰ untuk *lag time* di wilayah tropis berkisar antara 30 – 50 menit.

Lebar hilal memperoleh nilai rata-rata sebesar $W > 0,2 - 0,35$. Nilai ini sesuai dengan kriteria Bruin, dengan $ARCV = 10^\circ$ membutuhkan nilai W sebesar 0,3 menit. Jika dibandingkan dengan kriteria Yallop dan Odeh, semuanya bersesuaian. Menggunakan kriteria Yallop²¹, nilai untuk mata telanjang, $q=0,0912$, dan nilai untuk teleskop, $q=-0,17968$), sementara jika menggunakan kriteria Odeh²², pengamatan dengan mata telanjang, $V=5,58402$ dan teleskop, $V=2,87518$.²³

Berdasarkan pemaparan di atas, telah dihasilkan kriteria yang berdasar pada pengamatan wilayah tropis dengan mata telanjang dan alat optik untuk kemampuan mata normal. Kriteria di atas telah bersesuaian dengan beberapa kriteria lain, meskipun ada beberapa pula yang tidak bersesuaian karena keragaman kriteria global yang digunakan oleh para peneliti dan

¹⁹ M. Ilyas, *Age as A Criterion of Moon's Earliest Visibility*, Notes from Observatories, Vol. 103, Februari 1983, hlm. 27.

²⁰ M. Ilyas, *Visibility of The Young Crescent Moon*. British Astronomical Association. 1985. hlm.183.

²¹ Diperoleh dengan persamaan $q = (ARCV - (11,8371 - 6,3226W + 0,7319 W^2 - 0,1018 W^3)) / 10$ lihat BD Yallop, *A Method...* hlm 11.

²² Diperoleh dengan persamaan $V = ARCV - (-0,1018W^3 + 0,7319 W^2 - 6,3226 W + 7,1651)$ lihat Mohammad SH. Odeh, *New Criterion...* hlm.61.

²³ Nilai q dan V dibaca dengantabel milik Odeh dan Yallop, lihat tabel 3 pada bab II.

bermacam-macam metode pengolahan data untuk memperoleh sebuah kriteria, dan juga mengingat keterbatasan data yang digunakan oleh penulis.

Dalam penjelasan lebih lanjut untuk kriteria di atas, ada satu hal yang harus digaris bawahi di mana hal tersebut tidak terdapat pada kriteria-kriteria yang lain, yakni jika sebuah kasus atau sebuah pengamatan memperoleh hasil di bawah kriteria, maka hasil tersebut tidak bisa ditolak begitu saja, bisa jadi pengamatan tersebut memiliki faktor akuitas mata yang lebih tinggi daripada mata normal. Hal ini berbeda dengan kriteria yang lain, yang pada dasarnya jika hasil pengamatan di bawah kriteria, maka dapat disimpulkan secara langsung bahwa pengamatan tersebut adalah tidak mungkin/ditolak.

Jika hal tersebut terjadi, maka dengan acuan model Kastner termodifikasi di atas, visibilitas untuk beberapa tingkat akuitas mata dapat diperhitungkan. Lihat gambar berikut :

Gambar 10. Visibilitas berdasarkan Akuitas Mata.

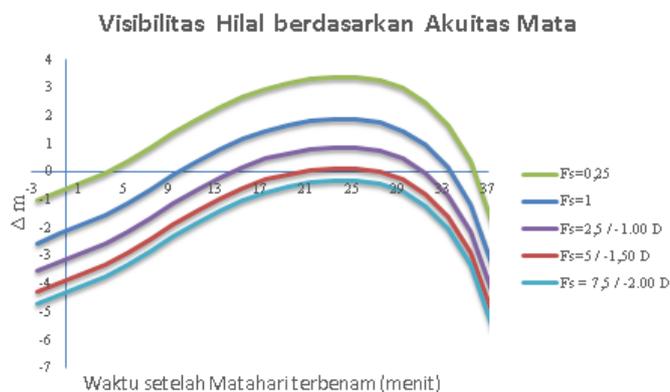


Diagram di atas penulis bentuk berdasarkan pengamatan Isiaq pada 31/7/2000, yang dengan asumsi mata normal ($F_s=1$) Isiaq berhasil memperoleh visibilitasnya pada menit ke-15 setelah *sunset* (lihat tabel 14), namun sebenarnya menurut model ini, visibilitas hilal pada tanggal tersebut terjadi pada menit ke-9 setelah *sunset* untuk mata normal (dengan asumsi kondisi langit yang cerah tanpa awan).

Bisa dilihat pula dari diagram di atas, bahwa sebenarnya ada kesamaan tipe dalam tingkatan yang berbeda-beda sesuai dengan nilai tingkat akuitas mata seorang pengamat. Seorang pengamat yang mempunyai akuitas mata yang baik ($F_s=0,25$) akan dapat mengesani hilal lebih cepat, pada kasus di atas berkisar pada menit ke-3 setelah *sunset*, sementara untuk pengamat yang buruk dengan akuitas mata 7,5 atau jika dikonversi ke dalam bentuk dioptri sebagai penderita miopi dengan nilai - 2.00 D, maka pengamat tersebut tidak akan dapat mengesani hilal satu detik pun pada kasus tersebut.

Jika dilihat dari pemaparan di atas, terlihat jelas bahwa penglihatan hilal di atas rata-rata mata normal itu dapat terjadi dan memiliki kemungkinan visibilitas hilal dengan rentang waktu yang cukup lama, dan hal ini juga dapat menjelaskan mengapa hilal hanya dapat diamati oleh orang-orang tertentu saja, dan tidak semua orang dapat mengesannya, karena dalam melihat hilal, seorang pengamat harus memiliki batas minimum akuitas mata yang diperlukan dalam suatu kasus pengamatan hilal, dan itu tidak dimiliki oleh semua orang.

C. Urgensi Penerapan Akuitas Mata dalam Kriteria Visibilitas Hilal

1. Verifikasi Rukyatul Hilal dengan Akuitas Mata

Pada pembahasan sebelumnya telah dihasilkan kriteria untuk mata pengamat dengan kualitas normal, kriteria tersebut dapat digunakan untuk memverifikasi sebuah pengamatan hilal, misalkan ada sebuah keberhasilan pengamatan, maka dengan kriteria di atas dapat diketahui apakah keberhasilan pengamatan tersebut benar-benar terjadi, apakah mungkin mata normal dapat mengesani hilal tersebut. Jika tidak mungkin maka tahap selanjutnya adalah mengecek dengan kemungkinan kemampuan mata di atas normal. Inilah yang akan penulis lakukan pada pembahasan kali ini, salah satu dari beberapa kasus pada tabel 13 akan penulis coba cari berapa batas minimum akuitas mata yang diperlukan pada kasus tersebut, dan apakah batas tersebut masih dalam taraf batas minimal untuk mata manusia ataukah tidak.

Kasus penolakan terbaru terjadi pada awal Muharam 1439 H. Pada saat itu hilal berhasil terlihat di Pasuruan²⁴, dengan dua saksi, yaitu Ust. Inwanudin (Mata Telanjang) dan Shofiyyul Muhibbin (Teleskop) pada pukul 17:26 WIB. Pemerintah Indonesia menerima kesaksian tersebut, namun salah satu ormas di Indonesia yaitu Nahdhatul Ulama menolaknya karena kondisi hilal yang belum memenuhi kriteria MABIMS di tempat tersebut, bisa dilihat dari tabel berikut :

²⁴ Lintang tempat 7° 39' LS, bujur tempat 112° 55' dan tinggi tempat 8 meter.

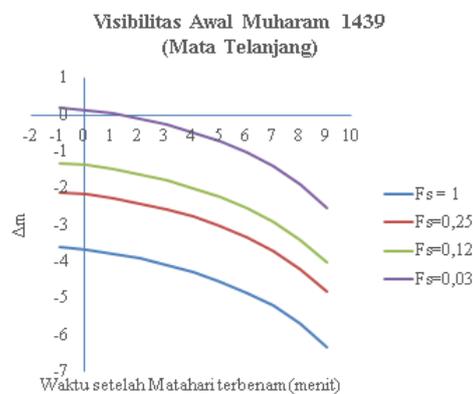
Tabel 20. Parameter Fisis Awal Muharam di Pasuruan saat Terbenam

Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
Tinggi Hilal	1° 41' 18''	Umur	04 : 55
ARCV	2° 0' 40''	Lag	00:09:35
ARCL	3° 14' 15''	W	0,02'
DAz	2° 16' 37''		

Jika kita melihat tabel di atas, maka berdasarkan kriteria yang telah disusun di pembahasan sebelumnya (Tabel 19), bisa disimpulkan bahwa manusia dengan kemampuan mata normal tidak mungkin dapat melihat hilal tersebut, dan perlu dilakukan pengecekan batas minimum akuitas mata yang diperlukan untuk kasus awal Muharam 1439 H.

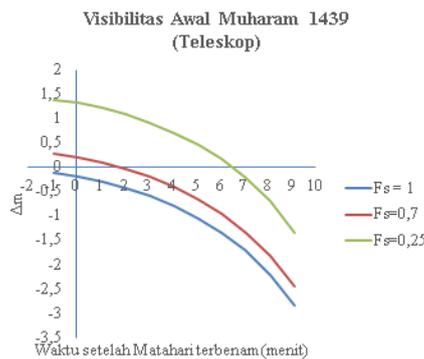
Ada dua model yang akan penulis coba terapkan, pertama pengamatan dengan mata telanjang, dan juga pengamatan dengan teleskop, dengan asumsi kondisi langit cerah ($k=0.2$), dan penggunaan teleskop *refractor* monokular dengan spesifikasi rendah ($t=0.7$, $D=90\text{mm}$, $M=5x$). Hasilnya sebagai berikut :

Gambar 11. Visibilitas Muharam 1439 H dengan Mata Telanjang



Pada diagram di atas, mata normal tidak mampu melihat hilal dengan mata telanjang, begitu pun dengan pengamat yang memiliki ketajaman mata yang super ($F_s=0,12$). Batas minimal akuitas mata yang diperlukan dengan mata telanjang berada pada angka 0,03, dalam Snellen Rasio didefinisikan dengan skala 20/0,6, dalam arti orang normal dapat melihat dengan jarak 0,6 kaki atau 18 cm, sementara orang tersebut dapat melihat dengan jarak 20 kaki atau 6 m, dan hal tersebut tidak mungkin terjadi baik menurut ilmu fisika optik/medis maupun ilmu astronomi.

Gambar 12. Visibilitas Muharam 1439 H dengan Teleskop



Sementara untuk pengamatan dengan teleskop, batas minimal untuk akuitas mata berada pada nilai 0,7, nilai ini masih dalam taraf kemampuan mata manusia, dalam Snellen rasio didefinisikan dengan skala 20/14. Namun jika akuitas mata pengamat tersebut hanya dalam taraf normal ($F_s=1$), tentunya tidak akan bisa berhasil mengesani adanya hilal pada kasus tersebut.

Kasus lain yang sempat ramai diperbincangkan oleh ahli falak adalah pada penentuan awal Ramadan 1438 H., meskipun tidak ada penolakan

oleh pemerintah maupun ormas-ormas lain terhadap hasil rukyat (karena telah memenuhi kriteria MABIMS), tetapi ada beberapa ahli falak yang mempertanyakan hasil dari pengamatan tersebut²⁵, karena dalam beberapa kriteria, visibilitas hilal pada kasus tersebut belum nampak, salah satunya yaitu kriteria dari RHI.

Parameter fisis saat Matahari terbenam pada awal Muharam 1438 H, di bukit Condrodipo bisa dilihat dari tabel berikut :

Tabel 21. Parameter Fisis Awal Ramadan di Condrodipo saat Matahari Terbenam

Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
Tinggi Hilal	7° 46' 34''	Umur	14 : 36
ARCV	8° 13' 08''	Lag	00:38:43
ARCL	8° 57' 40''	W	0,20'
Daz	2° 00' 14''		

Dalam kriteria RHI, parameter fisis di atas belum memenuhi persamaan $ARCV \geq 0,099DAz^2 - 1,490DAz + 10,382$ ²⁶ yang menjadi acuan visibilitas kriteria RHI.

Jika dibandingkan dengan kriteria yang penulis rumuskan sebelumnya, hasil tersebut juga belum bersesuaian dalam modus mata telanjang, namun

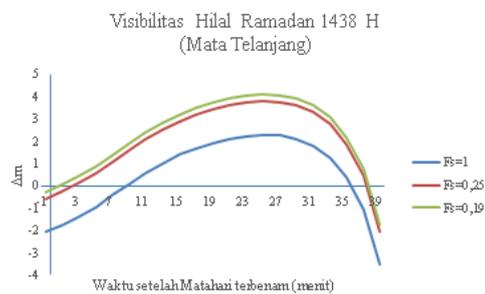
²⁵ Salah satu pengamatan yang berhasil adalah rukyatul hilal di bukit Condrodipo Gresik.

²⁶ Mutoha Arkanuddin dan Muh. Ma'rufin Sudiby, *Kriteria...* hlm 42

dalam modus teleskop ada dua parameter yang telah bersesuaian yakni beda azimut dan lebar hilal.

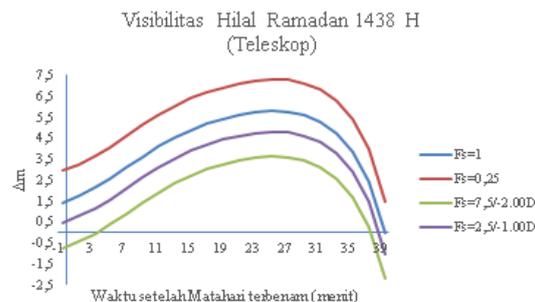
Kemudian penulis juga mengecek kasus tersebut dengan dua model, seperti kasus sebelumnya yakni dengan mata telanjang dan teleskop. Hasilnya dapat dilihat dari diagram berikut :

Gambar 13. Visibilitas Hilal Ramadan 1438 H. dengan Mata Telanjang



Visibilitas hilal pada diagram tersebut sesuai dengan perkiraan kriteria yang dirumuskan penulis. Kriteria yang dirumuskan menyatakan bahwa visibilitas hilal mempunyai nilai negatif ketika *sunset* , dan jika kita lihat dari diagram di atas, untuk mata normal, visibilitasnya mencapai nilai positif pada menit ke 9, dalam arti hilal tidak langsung dapat diamati setelah *sunset*, melainkan harus menunggu beberapa menit setelah terbenam Matahari.

Gambar 14. Visibilitas Hilal Ramadan 1438 H. dengan Teleskop



Sementara pada diagram di atas (Gambar 14), penggunaan teleskop nampaknya memiliki peran yang cukup signifikan untuk mengangkat kemampuan mata manusia dalam mengesani hilal, visibilitas hilal yang sebelumnya dengan mata telanjang tidak terjadi sepanjang waktu pengamatan, namun dengan teleskop, visibilitas hilal dapat terjadi sepanjang waktu pengamatan (dengan asumsi langit cerah tanpa awan).

2. Peran Akuitas Mata dalam Rukyatul Hilal

Dari beberapa penjelasan di atas dapat dipahami bahwa dalam rukyatul hilal, terutama dalam kasus-kasus tertentu, akuitas mata pengamat memiliki peran yang sangat signifikan dalam memperoleh visibilitas hilal, dan seharusnya jika kita ingin memperoleh penetapan awal bulan yang benar-benar ilmiah, maka hal tersebut seharusnya menjadi pertimbangan, baik dalam pembentukan kriteria visibilitas secara khusus, maupun dalam penetapan awal bulan secara umum.

Kemampuan mata setiap individu pengamat pasti berbeda-beda, ada yang memiliki kemampuan mata normal, ada yang memakai kacamata atau mengalami cacat mata (refraksi anomali ataupun patologi) yang secara otomatis kemampuan matanya di bawah manusia normal, dan ada pula yang memiliki kemampuan mata super/di atas normal, dan dalam kedokteran sendiri hal tersebut telah diakui (untuk Snellen Rasio $\geq 20/5$).

Beberapa kemampuan mata di atas memiliki rentang pandang mata yang berbeda-beda (titik dekat dan titik jauh) yang berpengaruh pada

kualitas hasil citra yang diterima oleh lensa mata, kemampuan tersebutlah yang paling mendasari penglihatan manusia terhadap objek yang jauh, begitu juga dengan objek benda langit yang membutuhkan fokus *infinity* (tak terhingga) dalam mengamatinya.

Dalam suatu kasus pengamatan hilal, misalkan pengamat dengan mata normal menghasilkan visibilitas hilal negatif, begitu juga dengan mata di bawah normal, maka sebenarnya masih ada kemungkinan bahwa orang yang memiliki akuitas mata di atas normal dapat melihat hilal tersebut.

Jika kemungkinan-kemungkinan tersebut diterapkan seluruhnya ke dalam nilai parameter fisis untuk masing-masing kemampuan mata, maka tiap individu pengamat pasti akan memiliki kriteria visibilitasnya sendiri-sendiri, orang normal akan mempunyai kriteria sendiri, orang dengan kemampuan mata di atas dan di bawah normal pun akan mempunyai kriteria sendiri yang bernilai lebih besar dan lebih kecil dari kriteria untuk mata normal. Secara khusus, hal ini merupakan sebuah hal yang menarik dan merupakan kajian baru yang sangat bagus untuk diteliti, namun secara umum jika kita berbicara mengenai penetapan awal bulan kamariah, maka hal ini akan semakin memperumit keadaan jika diterapkan dalam kriteria visibilitas hilal, belum lagi jika kita berbicara mengenai kriteria untuk mata telanjang, binokular dan teleskop, pastinya akan semakin banyak kriteria yang tercipta dan hal ini akan sangat rumit jika benar-benar diterapkan.

Ada satu opsi yang bisa dilakukan dalam penerapan akuitas mata ke dalam kriteria visibilitas hilal, yaitu dengan verifikasi hasil rukyatul hilal

dengan akuitas mata pengamat, seperti yang penulis lakukan pada pembahasan sebelumnya.

Verifikasi tersebut bisa diambil dengan dua jalan, yaitu : Pertama, dengan memeriksa kemampuan mata pengamat secara langsung setelah keberhasilan pengamatan, hal ini dilakukan agar verifikasi visibilitas hilal dapat dihasilkan secara akurat, cara ini juga bisa memberi peringatan kepada pengamat agar lebih berhati-hati dan lebih serius saat rukyatul hilal, namun jika dirasa cukup rumit, dapat memakai jalan kedua, yaitu memakai nilai akuitas mata paling baik sebagai nilai batas akuitas mata yang dibutuhkan dalam suatu kasus, jadi jika ada pengamatan yang tidak sesuai dengan kriteria yang ada (untuk mata normal), maka perlu diperhitungkan, apakah mata dengan akuitas mata paling baik pun tidak bisa mengamatinya. Cara ini bisa dibilang kurang akurat, namun cukup mudah untuk diterapkan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Teori akuitas mata dalam ilmu Astronomi dan ilmu Fisika Optik/Medis mempunyai definisi yang sama, namun sering kali dinyatakan dalam satuan yang berbeda, dalam Ilmu Fisika Optik akuitas mata dinyatakan dalam bentuk Snellen Rasio, sementara dalam Ilmu Astronomi (Schaefer 1990) dinyatakan dalam satuan MAR (*Minimum Angle of Resolution in Arc Min*) yang merupakan nilai *reciprocal* dari Snellen Rasio. Selain akuitas mata, ada pula faktor lain yang berpengaruh terhadap penglihatan mata manusia : 1) faktor astronomi yaitu posisi hilal, refraksi, massa udara, *extinction*, cahaya sumber, cahaya latar belakang, *glare*, *shadow*, alat optik, ambang batas kontras mata manusia, penglihatan warna, dan statistik cuaca. 2) faktor fisika optik yaitu akomodasi, adaptasi, sensitivitas kontras, pembedaan warna, tingkat pencahayaan, bentuk objek, kekontrasan benda, durasi melihat, ukuran dan jarak. Modifikasi yang dilakukan oleh Judhistira dan Binta dalam kriteria Kastner secara umum telah sesuai dengan ilmu Astronomi dan Fisika Optik, meskipun ada beberapa koreksi yang tidak diterapkan karena keterbatasan alat dan teknologi seperti *glare*, penglihatan warna, adaptasi gelap terang, bentuk dan durasi melihat.

2. Kriteria visibilitas hilal yang ada selama ini diturunkan berdasarkan pengamatan-pengamatan yang bersifat global dan dibentuk dengan kriteria yang global pula. Kriteria yang seperti ini lebih mudah untuk diterapkan terutama untuk tujuan terciptanya kalender global tunggal, namun sayangnya harus mengabaikan faktor-faktor ilmiah, karena secara ilmiah memang tidak ada kriteria yang dapat berlaku secara global. Faktor-faktor ilmiah seperti letak geografis dan penggunaan alat optik sangat berpengaruh terhadap nilai visibilitas hilal tersebut, terutama faktor akuitas (ketajaman) mata pengamat. Dalam penelitian ini, dengan menggunakan model Kastner termodifikasi, ditemukan bahwa nilai akuitas mata dapat memberikan kemungkinan terlihatnya hilal yang tidak mungkin dilihat oleh mata normal. Pada prakteknya, hal ini dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi untuk suatu kasus keberhasilan rukyatul hilal, dan dengan menggunakan model yang sama, penulis juga telah menurunkan kriteria visibilitas hilal untuk mata normal dalam bentuk parameter fisis (ARCV, ARCL, Umur, *Lag Time*, Lebar Hilal, dan DAz). Kriteria ini bersifat dinamis, masih dapat berubah sesuai dengan jumlah data pengamatan, dan secara keilmuan, kriteria ini seharusnya dapat diterima karena telah bersesuaian dengan beberapa kriteria yang ada.

B. Saran-saran

1. Teori penglihatan mata yang ada dalam penelitian ini harus dilengkapi lagi dengan faktor-faktor yang belum diterapkan seperti *glare*, penglihatan warna, adaptasi gelap terang, bentuk dan durasi melihat.
2. Faktor cuaca pun harus dibangun untuk melengkapi verifikasi dalam rukyatul hilal.
3. Data dalam penelitian ini, khususnya dalam pembentukan kriteria visibilitas untuk mata normal masih terbatas, sehingga akan lebih baik jika dikembangkan lebih lanjut terutama untuk kriteria mata di atas dan di bawah normal
4. Meskipun kriteria visibilitas untuk normal telah bersesuaian dengan kriteria-kriteria terdahulu, namun kriteria tersebut tetap membutuhkan eksperimen untuk memperkuat data dan kriteria.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Azhari, Susiknan. *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, cet-III, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2012.
- _____, *Ilmu Falak*. Cet-II, Yogyakarta : Suara Muhammadiyah, 2007.
- Baidhawi, Nasiruddin Abu Sa'id Abdillah Ibn Umar Ibn Muhammad al-Syairazi. *Anwar al-Tanzil wa Asrar al-Takwil al-Ma'ruf bi Tafsir al-Baidhawi*. Mauqi' al-Tafasir. tt.
- Bashori, Muhammad Hadi. *Penanggalan Islam*. Jakarta : Penerbit PT Elex Media Komputindo, 2013.
- Bukhori, Muhammad bin Ismail bin Ibrahim bin al-Mughiroh, *al-Jami' al-Shahih al-Musnad min Hadits Rasulillah SAW al-Syahir Shahih Bukhari*, tp. tt.
- Depag RI, *Al-Quran dan Terjemahnya*, Semarang : CV. Toha Putra, 1989.
- Djamaluddin, Thomas. *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Ummat*. Bandung : Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). 2011.
- Djamaluddin, Thomas. *Menggagas Fikih Astronomi: Telaah Hisab Rukyah dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, Bandung: Penerbit Kaki Langit, 2005.
- Gabriel, J.F. *Fisika Kedokteran*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1996.
- Islam, M.R. *The Greening of Pharmaceutical Engineering (Theories and Solutions*. Ed.2. USA : Scrivener Publishing. 2016.
- Izzuddin, Ahmad. *Fiqih Hisab Rukyah : Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri dan Idul Adha*, Jakarta : Penerbit Erlangga, 2007.
- Jazair, Abu Bakr, *Aisar al-Tafasir*, Mauqi' al-Tafasir tt. juz 1-4.
- Kadir, A. *Cara Mutakhir menentukan Awal Ramadhan, Syawal dan Zulhijah Perspektif Al-Qur'an, Sunnah, dan Sains*, Semarang : Fatwa Publishing, 2004.
- Kemenag RI, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, jil 1. Jakarta : PT.Sinergi Pustaka Indonesia. 2012.

- Kerrod, Robbin. *Bengkel Ilmu Astronomi*, Jakarta : Penerbit Erlangga, 2005.
- Khazin, Muhyiddin. *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta : Buana Pustaka, 2005. hlm. 34.
- Lesmana, Ronny. dkk. *Fisiologi Dasar (untuk Mahasiswa Farmasi, Keperawatan dan Kebidanan)*. Yogyakarta : Penerbit Deepublish 2017.
- Mawardi, Abu al-Hasan Ali Ibn Muhammad Ibn Muhammad Ibn Habib al-Bashri al-Baghdadi, *al-Nukat wa al-Uyun*, juz 5, Mauqi' al-Tafasir.
- Naisaburi, Muslim bin al-Hajjaj Abu al-Hasan al-Qusyairy, *al-Jami' al-Shahih al-Musamma Shahih Muslim*. tp. 1992.
- Nawawi, Abu Zakariya Muhyi al-Din Yahya Ibn Syarif. *Al-Majmu' Syarh al-Muhadzdzab*. Mauqi' Ya'sub, tt. juz 6.
- _____, *al-Minhaj fi Syarh Shahih Muslim Ibn al-Hajjaj*. Riyadh : Baitul Afkar al-Dauliyah. tt.
- Qalyubi, Syihabuddin. *Hasyiah al-Minhaj al-Thalibin*, Kairo : Mustafa al-Bab al-Halabi, 1956. Juz 3.
- Qardhawi, Yusuf. *Tafsir al-Fiqh fi Dhau' al-Qur'an wa al-Sunnah (Fiqh al-Shiyam)*. Beirut : Muassisah al-Risalah, 1993.
- Raco, J.R. *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta : Grasindo. 2010.
- Razi, Abu 'Abdillah Muhammad Ibn Umar Ibn al-Hasan Ibn al-Husain al-Taimy. *Tafsir al-Fakhru al-Razi*. juz. 5. tt.
- Schaefer, Bradley E. *To The Visual Limits, Astronomical Computing Sky & Telescope*, Mei 1998.
- Siyoto, Sandu dan Ali Sodik. *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta : Literasi Media Publishing. 2015.
- Suyuthy, Jalaluddin Muhammad Ibn Ahmad al-Mahally dan Jalaluddin Abdurrahman Ibn Abi Bakr. *Tafsir al-Jalalain*. Mauqi' al-Islam. tt.
- Syankithy, Muhammad al-Amin Ibn Muhammad al-Mukhtar Ibn Abd al-Qadir, *Adhwa' al-Bayan fi Idhah al-Quran bi al-Quran*. Juz 3, Dar al-Fikr, 1995.
- Syarwani, *Hasyiah Syarwani*. Kairo:Beirut, tt. juz 3.
- Syaukani, Muhammad Ibn 'Ali Ibn Muhammad, *Fathu al-Qadir al-Jami' baina Fanni al-Riwayat wa al-Dirayat min 'Ilm al-Tafsir*. Mauqi' al-Tafsir. tt.

Tarwaka, dkk. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*, Surakarta : UNIBA PRESS, 2004.

Ward, Brian R. *Mata dan Penglihatan*. Semarang : P.T. Mandira. 1986.

Jurnal dan Artikel Ilmiah

Amri, Rupi'i. *Pemikiran Mohammad Ilyas tentang Penyatuan Kalender Islam International*. Jurnal Studi Islam Profetika, Pascasarjana UMS. Vol.17, No.1, Juni 2016.

Arkanuddin, Mutoha. dan Muh. Ma'rufin Sudiby, *Kriteria Visibilitas Hilal Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) (Konsep, Kriteria, dan Implementasi)*. Jurnal LP2IH-RHI.

Aslaksen, Helmer. *The Mathematics of the Chinese Calendar*, Departmen of Mathematics National University of Singapore, 2010.

Balcer, Laura J. *Validity of Low-Contrast Letter Acuity as a Visual Performance Outcome Measure for Multiple Sclerosis*. Multiple Sclerosis Journal, 2017. Vol.23.

Bhujle, Sudha. dan M.N. Vahia, *Calculation of Thithis, An Extension of Surya Siddhanta Formulation*, Annalas of Bhandarkar Oriental Research Institute, 2006.

Caldwell, JAR and Laney, *First Visibility of the Lunar crescent*, MNASSA, Vol.58, Nos. 11&12, Tahun 2001.

Curry, David G. dkk. *Capability of the Human Visual System*, Proceedings of SPIE. Vol.5080, 2003.

Daphne, Chia. *Indian Calendars : Comparing The Surya Siddhanta and The Astronomical Ephemeris*. Departemen of Mathematics National University of Singapore. 2000.

Doggett, LeRoy E. dan Bradley E.Schaefer, *Lunar Crescent Visibility*, ICARUS, Vol 107. No.2. 1993.

Fatoohi, Louay J. dkk. *The Danjon Limit of First Visibility of The Lunar Crescent*, The Observatory, Volume 118, 1998.

_____, *The Babylonian First Visibility of The Lunar Crescent: Data and Criterion*, NASA Astrophysics Data System. 1999.

- Haeny, Noer. *Analisis Faktor Risiko Kelelahan Mata*. Penelitian FKM UI, 2009. hlm.16
- Hambali, Slamet. *Fatwa, Sidang Isbat dan Penyatuan kalender Hijriyah*, makalah disampaikan pada Lokakarya Internasional Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang, Hotel Siliwangi, 12-13 Desember 2012.
- Hoffman, Roy E. *Observing The New Moon*, Mon. Not. R. Astron Soc.340, 2003.
- Huumeman, Bianca. dan Nienke Boonstra, *Assessment of Near Visual Acuity in 0-13 Years Olds with Normal and Low Vision : a Systematic Review*. Research Article BMC Ophthalmology, 2016.
- Ilyas, M. *Limiting Altitude Separation in The New Moon's First Visibility Criterion*. Astron Astrophys, Vol.206. Tahun 1988.
- _____, *Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calendar*. NASA Astrophysics Data System, Vol.35. hlm.
- _____, *Sistem Kalendar Islam*, Selangor, Dewan Bahasa dan Pustaka, 1997.
- _____, *Visibility of The Young Crescent Moon*. British Astronomical Association. 1985.
- _____, *Age as A Criterion of Moon's Earliest Visibility*, Notes from Observatories, Vol. 103, Februari 1983.
- Izzuddin, Ahmad. *Dinamika Hisab Rukyat di Indonesia*. Jurnal Hukum Istinbath. Vol.12, No.2, November 2015.
- _____. *Kesepakatan untuk Kebersamaan*, makalah Lokakarya International dan Cal for Paper Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang, Hotel Siliwangi, 12-13 Desember 2012.
- K, Uthra. dkk. *Visual Acuity Test in General and Emergency Cases Using Mobile Services*. International Journal of Advanced Computational Engineering and Networking. Vol.2, Issue.3, Maret 2014.
- Kastner, Sidney O. *Calculation of The Twilight Visibility Function Of Near-Sun Object*, The Journal of The Royal Astronomical Society of Canada Vol.70 No.4. Tahun 1976.
- Messina, Elena. *Standards for Visual Acuity*, Intelligent Systems Division National Institute for Standards and Technology, Juni 2006.
- Morris, A. dan P.V.Hamilton, *Visual Acuity and Reaction Time in Navy Fighter Pilots*. Department of The Navy : Aerospace Med Research Laboratory. Desember 1966.

- Odeh, Mohamad SH. *New Criterion for Lunar Crescent Visibility*, *Experimental Astronomy* 18:39-64.
- Oduntan, OA. dkk. *A Comparison of Two Methods of logMAR Visual Acuity Data Scoring for Statistical Analysis*. *Journal The South Africa Optometrist*, September 2009.
- Schaefer, Bradley E. *Astronomy and The Limits of Vision*, *Vistas in Astronomy*, Vol.36. 1993.
- _____, *Telescopic Limiting Magnitudes*, Publications of The Astronomical Society of The Pacific, Februari 1990.
- Solinsky, Herb. *Historical Departure from the Biblical Calendar*. Document of The Biblical Calendar Resarcher. Agustus 2016.
- Stevenson, Scott *Visual Acuity*, OPTO 5320 Vision Science I, Fall, 2017.
- Sudibyoy, Muh.Ma'rufin. *Observasi Hilal di Indonesia dan Signifikansinya dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Hilal*. *Jurnal LP2IF-RHI*. Volume 24, Nomer 1, April 2014.
- Suhardiman, *Kriteria Visibilitas Hilal dalam Penetapan Awal Bulan Kamariah di Indonesia*. *Jurnal Khatulistiwa*. Vol. 3. No.1.
- Sultan, A. H. *Explaining and Calculating The Length Of The New Crescent Moon*. *The Observatory Journal* Vol.125. Tahun 2005.
- _____, *First Visibility of The Lunar Crescent : Beyond Danjon's Limit*. *The Observatory Journal* Vol.127. Tahun 2007.
- Sutrisna, EM. dkk. *Pelatihan Pemeriksaan Tajam Penglihatan Pada Siswa Kelas 5 SD Gedongan 1, Kolomadu, Karanganyar*, *Jurnal Warta* Vol. 10. No.1, Maret 2007.
- Tjokrovonco, Ludwig Melino. *Peranan Sensitivitas Kontras dalam Fungsi Penglihatan*, Departemen Ilmu Kesehatan Mata, Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran. 2017.
- Utama, Judhistira A. dkk. *Criteria Of Hilal Visibility in Indonesia by Using Kastner Model*, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* Vol.9 Tahun 2013.
- _____, *Analisis Visibilitas Hilal Penentu Awal Ramadhan dan Syawal 1433 H. dengan Model Fungsi Visibilitas Kastner*. Seminar Nasional Fisika 2012, Universitas Negeri Semarang.

_____, dan Hilmansyah, *Penentuan Parameter Fisis Hilal Sebagai Usulan Kriteria Visibilitas di Wilayah Tropis*, Prosiding Seminar Nasional Fisika 2013

_____, *Usulan Kriteria Visibilitas Hila di Indonesia dengan model Kastner*, Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, Vol. 9 Juli 2013.

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

Yunita, Binta dan Judhistira, *Model Visibilitas Kastner dalam Kasus Hilal Rekor Dunia dengan Menyertakan Faktor Akuitas Mata Pengamat*. Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa (SNSA), LAPAN. 2016.

_____, *Visibilitas Hilal dalam Modus Pengamatan Berbantuan Alat Optik dengan Model Kastner yang Dimodifikasi*. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya. Bale Sawala Universitas Padjajaran, Jatinangor.

Lampiran Informasi

BMKG Pusat, *Informasi Prakiraan Hilal Saat Matahari Terbenam tanggal 20 September 2017 M. (Penentu Awal Bulan Muharram 1439 H.)*.

Draf Keputusan Muzakarah Rukyah dan Takwim Islam Negara Anggota MABIMS ke-16, 2-4 Agustus 2016, Kompleks Baitul Hilal, Port Dickson, Negeri Sembilan.

LF PBNU, Surat Penjelasan LFPBNU tentang Penentuan Awal Bulan Muharram 1439 H. Nomor : 037/PBNU-LF/IX/2017 M.

MUI, *Keputusan Fatwa Majelis Ulama Indonesia (MUI) Nomor 02 Tahun 2004 tentang Penetapan Awal Bulan Ramadhan, Syawal dan Zulhijjah*.

Wawancara

Utama, Judhistira Aria. Wawancara via email pada 28 Oktober 2017 pukul 14:44 WIB

_____, Wawancara di Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) Bandung. Jumat, 27 April 2018.

_____, Wawancara via Whatsapp pada 11 Mei 2018 pukul 10:30 WIB.

Website

Clark, Roger N. Note on the Resolution and Other Details of the Human Eye, diakses dari <http://www.clarkvision.com/articles/eye-resolution.html>, 24 april 2018 pukul 06:01 WIB.

Djamaluddin, Thomas. *Naskah Akademik Usulan Kriteria Astronomis Penentuan Awal Bulan Hijriyah*, pada <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2016/04/19/naskah-akademik-usulan-kriteria-astronomis-penentuan-awal-bulan-hijriyah/> diakses tanggal 20 November 2017, pukul 11:56 WIB.

Gatinel, Dr. Damien. <https://www.gatinel.com/en/recherche-formation/acuite-visuelle-definition/mar-angle-minimum-de-resolution/> diakses pada 30 April 2018, pukul 09.34.

Hambali, Slamet. *Fatwa, Sidang Isbat dan Penyatuan Kalender Hijriyah*, diakses dari <http://jayusmanfalak.blogspot.co.id/2013/07/fatwa-sidang-isbat-dan-penyatuan-7002.html> pada 13 Mei 2018, pukul 14:25.

Ishihara Colour Plates, diakses dari <http://tesbutawarna.com/download-buku-tes-buta-warna-pdf/> pada 15 April 2018, pukul 09:50.

Kalloniatis, Michael. dan Charles Luu, <http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/visual-acuity/> diakses pada 24 April 2018 pukul 19:16 WIB.

OD, Gary Heiting. <http://www.allaboutvision.com/eye-exam/contrast-sensitivity.htm> pada tanggal 14 April 2018, pukul 10:46 WIB

Schaefer, Bradley E. *Astronomical Visual Limiting Magnitude Calculation*, dalam <http://www.bogan.ca/astro/optics/vislimit.html> diakses pada 24 April 2018 pukul 09.14 WIB.

Segre, Liz. <http://www.allaboutvision.com/eye-test/> pada tanggal 14 April 2018, pukul 08:18 WIB

Shekoski, Mimi. *20/20 Vision :How to Convert 20/20 based measure to Diopters*. dalam <https://www.happyeyesight.com/get-20-20-vision/> diakses pada 14 Mei 2018 pukul 23:16 WIB.

Speck, David. https://www.quora.com/How-common-is-20-10-vision?utm_medium=organic&utm_source=google_rich_qa&utm_campaign=google_rich_qa, diakses pada 24 april 2018, pukul 05:50 WIB.

Stevenson, Scott. *Online Course Materials*, <https://www.opt.uh.edu/onlinecoursematerials/stevenson-5320/> diakses pada 23 April 2018, pukul 09:56 WIB

<http://newworlds.colorado.edu/starshade/> pada 19 April 2018, pukul 06:31 WIB

<http://www.healthandcare.co.uk/logmar-eye-test-charts/logmar-4m-etdrs-2-original-chart.html> diakses pada 24 April 2018. Pukul 08:58 WIB.

<http://www.sinneb.net/?p=556> pada tanggal 14 April 2018, pukul 08:26 WIB

<https://islamsci.mcgill.ca>, diakses pada 6-7 Juli 2018

<https://www.britannica.com/place/Sun/Solar-activity#ref1027849>, diakses pada 6-7 Juli 2018

<https://www.envisioneyecarecorsicana.com/do-i-have-the-best-vision-possible/> diakses pada 24 April pukul 06:06 WIB

<https://www.jstor.org>, diakses pada 6-7 Juli 2018

Lampiran-lampiran

1. Surat Wawancara

SURAT BUKTI WAWANCARA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si.
Alamat : Departemen Pendidikan Fisika Gedung FPMIPA-A Lt.4
Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi 229
Bandung 40154

Dengan ini menerangkan bahwa :

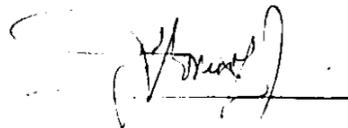
Nama : Muhammad Faishol Amin
NIM : 1600028008
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang
Jurusan/ Fakultas : S2 Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum
Judul Tesis : **Akuitas Mata dalam Kriteria Visibilitas Hilal**

Mahasiswa tersebut telah melakukan penelitian/wawancara pada 27 – 28 April 2018.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 28 April 2018

Mengetahui,



Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si.

2. Dokumentasi saat penelitian



Foto Bersama Judhistira AU.

3. Panduan Wawancara

a. Di Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) Bandung

Daftar Pertanyaan Wawancara

Narasumber : Judhistira Aria Utama

1. Siapasaja yang berperan dalam Modifikasi?

Judhistira (2013) murni kastner, modifikasi baru ada di Binta, mengambil dari algoritma Schaefer.

2. Apakah Refraksi diterapkan dalam perhitungan?

Refraksi atmosfer diterapkan dalam perhitungan

3. Kenapa memilih Kastner?

Alasan menggunakan kastner, karena bisa membuat plot visibilitas (rentang waktu hilal bisa tampak).

4. Dalam modifikasi pak judhistira (model kastner) ada beberapa faktor yang diterapkan.

- a. Yang dipakai waktu melihat/waktu terbenam matahari?

Yang dipakai acuan untuk cek visibilitas adalah waktu saat pengamatan, waktu tersebut ada dalam setiap laporan / kompilasi hasil observasi.

- b. Posisi Hilal dan Matahari serta refraksinya dari MoonCalc, salah satu data matahari adalah sudut depresi, apa itu sudut depresi (h)?

Sudut Depresi adalah nilai kedalaman, kebalikan dari ketinggian, jika benda langit di atas ufuk maka negative, dan jika di bawah ufuk maka

positif. Tapi nilai dalam perhitungan tersebut yang dimaksud adalah sudut depresi Matahari.

- c. Luminansi diluar (L_*) dan didalam (L_c) atmosfer, apa perbedaan magnitudo dan luminance?

Magnitudo itu kualitas terang yang kita kesani sebagai fungsi panjang gelombang. Illuminasi adalah kecerahan yang datang dari objek dan belum masuk ke dalam mata. Luminansi adalah kecerahan yang dipantulkan oleh objek dan diterima oleh mata.

- d. Kecerahan langit senja (L), dalam rumus L ada sudut transisi, apa itu Sudut transisi?

Sudut transisi adalah saat dimana ada perubahan gradient profil kecerahan langit senja. Sudut transisi digunakan untuk menilai keterpengaruhannya cahaya Matahari pada kecerahan langit senja atau besar medan yang terpengaruh oleh cahaya Matahari.

- e. Kalibrasi nilai L (L_s), kenapa perlu dikalibrasi?

Kalibrasi digunakan dalam kecerahan langit senja dikarenakan nilai kecerahan langit senja merupakan suatu hal yang belum pasti, jadi perlu sesuatu yang pasti (kecerahan zenith) sebagai kalibratornya.

- f. Kontribusi kecerahan langit malam (L_a). Kenapa ada senja dan malam? Bukankah dalam faktor senja sudah ada faktor malam?

Kontribusi langit malam bisa diabaikan, karena kontribusinya tidak signifikan. Lebih pas kalo digunakan dalam pengamatan objek yang bertahan sampai langit malam, seperti planet Venus.

- g. Fungsi visibilitas (Δm), jika positif maka mungkin jika negative maka tidak mungkin, nilai maksimal Δm dinyatakan sebagai best time.

Iya, betul. Ketika lag time tersingkat, maka bestime = sunset. Hal ini sesuai dengan kriteria yang dibentuk oleh KRH (konsorsium rukyatul hilal hakiki) yaitu 12 menit.

5. Dalam Binta, Judhistira (Akuitas Mata) ada beberapa faktor yang diterapkan dan ada perbedaan dengan yang diatas.

- a. Koreksi kecerahan senja kenapa berbeda rumus? dan koreksi kecerahan objek hanya ada pada penelitian Binta, apa alasannya?

Saya menggunakan formula dari Kastner yang asli, sementara Binta menggunakan koreksi yang diturunkan dari algoritma Schaefer

- b. Berbagai koreksi diterapkan oleh Binta (Schaefer 1990), tapi ada yang tidak dipakai, yaitu F_{sc} , F_c untuk senja, dan F_e , F_{sc} , F_c untuk koreksi benda langit, mengapa?

koreksi –koreksi tersebut tidak dipakai (warna dan lain-lain) karena tidak signifikan dalam pengamatan hilal.

- c. Untuk koreksi F_b , nilai 1,41 itu untuk monocular apa binocular?

Nilai 1,41 untuk teleskop monocular, untuk binocular gunakan 1.

- d. Ada koreksi yang membingungkan, antara F_t (hilangnya cahaya oleh teleskop) dan F_a (pengumpulan cahaya oleh teleskop)? Sebenarnya teleskop ini menghilangkan cahaya apa mengumpulkan cahaya?

Penggunaan alat bantu ikut meredupkan cahaya sekitar seperti fungsi seperti occulter, namun dapat memperjelas, memfokuskan dan mengumpulkan cahaya objek.

- e. Koreksi mana saja yang dihilangkan jika tidak memakai teleskop/mata telanjang?

Untuk koreksi akuitas mata tanpa teleskop, hasil dari kecerahan objek langsung dibagi dengan faktor koreksi akuitas mata.

- f. Apa nilai/besaran untuk faktor kebersihan lensa, D_s/D , Aperture, Magnification, radius penglihatan?

Nilai tanpa satuan.

- g. Apa saja variabel dari teleskop yang dijadikan sebagai koreksi?

Koreksi D_s/D_e hanya untuk Newtonian (reflector), dimana cahaya yang datang dihalangi oleh secondary mirror. Koreksi untuk refraktor ada di seberapa banyak lensa di okuler (plossel) yang akan menghilangkan aberasi kromatik.

- h. Dalam rumus kecerahan bulan diluar dan didalam atmosfer ada beda rumus antara penelitian Judhistira dan Binta, Judhistira, kenapa?

Saya menggunakan formula dari Kastner yang asli, sementara Binta menggunakan koreksi yang diturunkan dari algoritma Schaefer

- i. Apa itu *radius of the seeing disk* (θ) dalam koreksi F_r ?

Faktor radius of the seeing disk terkait dengan objeknya, apakah titik atau membentang. Dielongasi yang sangat kecil bulan muda, bisa jadi hilal akan nampak hanya sebagai sebuah titik saja.

- j. Schaefer dalam tulisannya yang lain menerapkan faktor glare, apakah perlu?

Pengaruh efek glare adalah terhadap penglihatan seseorang, tergantung pada kekuatan mata seseorang dalam menerima cahaya. Hilal sendiri tidak memiliki efek glare, pun dengan latar belakangnya, tidak seterang sinar Matahari langsung.

- k. Koreksi atmosfer bagaimana yang diterapkan?

Koreksi atmosfer hanya faktor ekstinsi dan massa udara. Untuk perhitungan ekstinsi seharusnya dilakukan dengan pengamatan (mengamati bintang yang sama di ketinggian yang berbeda-beda), tapi secara umum bisa direpresentasikan dengan nilai 0,2 untuk kondisi Langit yang bersih.

6. Apakah dalam kriteria mabims bisa diterapkan akuitas mata? Bagaimana caranya?

- *Memakai faktor koreksi bint*
- *Membagi kasus mata telanjang dan teleskop*
- *Menyusun dan mentabulasikan kriteria berdasarkan koreksi bint dengan penggunaan saat sunset.*

7. Teori visibilitas mana yang paling lengkap (memuat banyak faktor) dan yang paling bagus untuk digunakan?

Tidak ada kriteria yang lengkap. Tidak ada kriteria yang berlaku global dan tidak ada kriteria visibilitas hilal yang bagus. Kriteria visibilitas hilal tidak bisa dibentuk oleh pengamatan global, namun hanya bisa pengamatan tertentu di

lokasi yang berdekatan, misal tempat yang tropis dengan pengamatan wilayah tropis, begitu juga dengan sub tropis. Karena jalur perjalanan benda Langit (lintasan semu harian) pasti akan berbeda di wilayah tropis dan sub tropis. Proses senja pada wilayah sub tropis akan lebih lama dari pada wilayah tropis, sehingga proses untuk mengesani hilal di wilayah sub tropis akan lebih lama daripada wilayah tropis.

8. Modifikasi yang dilakukan oleh bapak dalam kriteria kastner adalah kecerahan langit senja, meteorologi dan akuitas mata, apa ada lagi?

Lihat beberapa paper Saya dan Binta.

9. Teori apa saja yang membahas akuitas mata yang sudah ada sejak dulu?

Teori Akuitas mata dalam astronomi, yang dipakai oleh Schaefer sudah diverifikasi dengan data Blackwell (penelitian mengenai ambang batas kontras paling awal yang dijadikan rujukan di berbagai macam ilmu pengetahuan, ilmu dirgantara, teknik sipil, termasuk ilmu fisika optik), dalam dunia astronomi tidak hanya Schaefer saja yang mengutip Blackwell, ada juga Clark.

10. Menurut bapak, apakah teori yang bapak terapkan sudah sesuai dengan teori akuitas mata dalam ilmu fisika optik/kedokteran? Mungkin ada beberapa hal yang saya tau yang ada pada teori bapak, yaitu koreksi dalam Schaefer (F_b , F_p , F_s).

Algoritma yang saya rujuk tentang akuitas mata yaitu algoritma dari Blackwell dan itu telah diakui dalam beberapa ilmu pengetahuan.

11. Dalam penentuan akuitas mata dengan Snellen ratio ada perbedaan antara teori Schaefer dan teori kedokteran. Dalam kedokteran jika nilai Snellen > 1 maka

mata memiliki kemampuan sangat baik, dan < 1 kemampuan mata buruk, tapi dalam Schaefer kebalikannya. Bagaimana menurut bapak?

Snellen dan akuitas itu berbeda, coba diverifikasi lagi.

12. Apakah bapak pernah menguji teori akuitas mata tersebut?.

Secara perhitungan sudah sering, dan itu sesuai dengan beberapa kriteria yang ada, namun secara lapangan belum.

13. Dalam kriteria Odeh, ada pembedaan kriteria untuk pengamatan hilal dengan mata telanjang dan alat optik, bagaimana pendapat bapak?

Baca paper dari Nurul Huda mengenai Odeh.

14. Bagaimana pendapat bapak mengenai kasus-kasus pengamatan hilal yang tak terbantahkan? Seperti kasus hilal rekor dunia dan kasus pengamatan hilal *super* di Indonesia (Ustdz. Inwanuddin, Condrodipo). Apakah faktor akuitas mata sangat berperan dalam kasus tersebut?

Kasus-kasus tersebut perlu penelitian lebih lanjut, bagaimana sebenarnya hal itu bisa terjadi

.

b. Wawancara dengan Judhistira via Whatsapp

F : [14:10, 5/10/2018] Faishol Amin Ihsan: Assalamualaikum wr. wb. mohon maaf mengganggu.. sya ingin brtnya ttg data2 pengmatan hilal. Saya blum ad gmbaran memakai data pengamatan siapa sebagai acuan penentuan kriteria visibilitas hilal,, mnurut bapak sebaiknya bgaimna?. mohon maaf dan terimakasih pak..

- J : [14:27, 5/10/2018] Pak Judistira: Alaikumussalam. Bisa gunakan data Odeh yg mengkompilasi data sejak tahun 1859. Tp bila ingin lintang spesifik, mmg hrs diseleksi dulu.
- F : [14:29, 5/10/2018] Faishol Amin Ihsan: dengan lintang tropis <23,5 begitu pak?
- J : [14:39, 5/10/2018] Pak Judistira: Ya, bila ingin fokus utk kawasan tropis saja.
- F : [14:44, 5/10/2018] Faishol Amin Ihsan: oke pak,, saya juga mau tnya pak,, terkait hubungan timbal balik antara kriteria dan pengamatan, apakah pengamatan yg seharusnya diverifikasi oleh kriteria, atau kriteria yg dibentuk berdasarakan pengamatan? bagaimna seharusnya kriteria terbentuk dan bagaimana seharusnya pengamatan terverifikasi?
- J : [15:09, 5/10/2018] Pak Judistira: Pengamatan yang cermat dan memenuhi standar yg ditetapkan, akan menghasilkan data yang berkualitas. Data ini pada gilirannya dapat dimanfaatkan dalam membangun model matematis terkait fenomena alam yg menghasilkan data tersebut. Nah, model matematis (hisab) yg baik, harus dapat diuji di lapangan melalui observasi (rukyat)/eksperimen. Bila model telah dapat memprediksi fenomena dgn memuaskan (cocok dgn hasil observasi), berarti model tersebut layak utk diterima sbg alat utk memverifikasi (menentukan sah/tidaknya) laporan yg kontroversial. Itulah yg sy lakukan dgn model Kastner.

- J : [15:15, 5/10/2018] Pak Judistira: Lazimnya, kriteria diturunkan dari hasil observasi jangka panjang, sehingga layak dipilih utk mewakili karakter fenomenanya.\
- F : [15:23, 5/10/2018] Faishol Amin Ihsan: lalu untuk pengamatan hilal oleh kemenag di berbagai titik, apakah itu termasuk pengamatan yg memenuhi standar pak? kenapa pengamatan kemenag selalu menjadi objek penerapan kriteria, bukan subjek yg bisa membangun kriteria?
- J : [15:46, 5/10/2018] Pak Judistira: Bgmn contoh pelanggaran prosedur dlm observasi di Condrodipo yg pernah Faishol ceritakan, sdh cukup menjawab pertanyaan di atas. Sebenarnya KEMENAG menerima laporan dr manapun selama ada pengadilan agama di lokasi utk mengambil sumpah.
- F : [15:54, 5/10/2018] Faishol Amin Ihsan: hehe iya pak.. terus kira2 bagaimna cara membuktikan kalo akuitas mata itu benar2 bisa dijadikan pijakan untuk verifikasi rukyatul hilal pak? penentuan muharam kemaren ada 2 saksi dr pasuruan yg dapat melihat hilal. satu memakai mata telanjang dan satu memakai teleskop,, setelah diuji dengan model bintu dan bapak dengan koreksi akuitas mata, pengamatan dengan mata telanjang tidak mungkin, dan pengamatan dengan teleskop mungkin,, apakah yg seperti itu cukup dijadikan sebagai bukti untuk bahan verifikasi akuitas mata terhadap pengamatan2 selanjutnya? atau bagaimna pak?
- J : [16:06, 5/10/2018] Pak Judistira: Bila model yg akurat (setelah menyertakan faktor akuitas) menunjukkan bahwa klaim pengamat adalah benar, sepatutnya

kita terima klaim tersebut. Tp bila model yg akurat tdk mendukung klaim tersebut, risikonya ya klaim itu tdk diterima berdasarkan model yg dijadikan acuan. Bila model2 hisab lainnya jg menolak klaim tsb, dpt dipastikan klaim tsb SALAH. Bgmpun jg klaim yg saat ini "salah" tetap menjadi data berharga utk menyempurnakan model yg pasti tidak 100% sempurna.

F : [16:08, 5/10/2018] Faishol Amin Ihsan: terimakasih pak, sudah dapat ditangkap,,

F : [10:31, 5/11/2018] Faishol Amin Ihsan: assalamualaikum pak, selamat pagi menjelang siang.. mau tanya lagi pak.. saaya sudah memilah data tropis odeh. jika ingin membentuk kriteria saat sunset, berrti kita harus mengabaikan waktu dan kondsi hilal dari data observasi tersebut, dan beralih ke waktu dan kondsi saat sunset? apakah begitu pak?

J : [10:47, 5/11/2018] Pak Judistira: Apa maksud "kriteria saat sunset"? Data Odeh yg sdh terseleksi utk khusus kawasan tropis juga msh harus diseleksi lagi hanya utk sabit muda (keterangan Odeh: evening) bukannya sabit tua (keterangan Odeh: morning).

F : [10:52, 5/11/2018] Faishol Amin Ihsan: iya pak, sabit muda sudah,, yg saya mksud saat sunset sperti yg bapak masuk saat bestime dalam penelitian bapak yg menghasilkan tabulasi kriteria?

J : [10:54, 5/11/2018] Pak Judistira: Gunakan saja nilai2 parameter fisis Matahari & Bulan saat ghurub utk menghasilkan kriteria tsb.

F : [11:02, 5/11/2018] Faishol Amin Ihsan: nggeh pak.. lalu untuk data invisible di odeh apakah tetap perlu kita pakai pak?

J : [11:06, 5/11/2018] Pak Judistira: Tidak perlu. Data invisible utk uji konsistensi model saja pada akhirnya.

c. Wawancara dengan Judhistira via e-mail

21/4/2018

Gmail - Mohon Bantuan.



Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com>

Mohon Bantuan.

12 messages

Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com> Sat, Oct 28, 2017 at 8:30 AM
To: j.aria.utama@upi.edu

Salam sejahtera untuk mas Utama,
perkenalkan saya Faishol Amin, mahasiswa Ilmu Fafak UIN Walisongo Semarang.
saya telah membaca jurnal mbak Binta tentang USULAN KRITERIA VISIBILITAS HILAL DI INDONESIA DENGAN
MODEL KASTNER.
saya ingin belajar sedikit tentang hal tersebut, saya harap mas Utama bersedia. Mohon dibalas.
Terimakasih.

Judhistira Aria Utama <j.aria.utama@upi.edu> Sat, Oct 28, 2017 at 10:34 AM
To: Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com>

Alaikumussalam ww.
Hal apa yg hendak dipahami dgn mendalam terkait isi paper tersebut? Paper dim prosiding SENFA UNPAD 2016 tsb
adalah bagian dari skripsi ybs di bawah bimbingan saya & Drs. Wasiluddin, MT.

[Quoted text hidden]

Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com> Sat, Oct 28, 2017 at 11:18 AM
To: Judhistira Aria Utama <j.aria.utama@upi.edu>

terimakasih atas tanggapannya pak..
saya ingin mendalami terkait visibilitas hilal kastner, sultan, dan odeh serta proses pembentukannya, juga faktor
geografi, meteorologi dan akuitas mata sebagai variabel pendukung terbentuknya kriteria visibilitas hilal..

saya bercana melakukan penelitian tesis terkait tema tersebut, namun belum menemukan sudut pandang yg
cocok..

[Quoted text hidden]

Judhistira Aria Utama <j.aria.utama@upi.edu> Sat, Oct 28, 2017 at 12:24 PM
To: Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com>

Coba dirumuskan (setelah melakukan studi literatur) apa yg mnjd masalah dim penelitian tesisnya. Selanjutnya,
berangkat dari masalah yg berhasil ditemukan tersebut utk menemukan solusinya.

[Quoted text hidden]

Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com> Sat, Oct 28, 2017 at 12:33 PM
To: Judhistira Aria Utama <j.aria.utama@upi.edu>

iya pak.. tapi karena saya sangat awam di bidang ilmu fisika, sehingga kesulitan untuk melakukan studi literatur,
maka saya ingin belajar terlebih dahulu ttg bbrapa hal, terutama ttg perumusan bberapa metode visibilitas hilal yg sudah
ada.. apakah sya boleh bertanya kepada bapak terkait hal itu? atukah ada org lain yg bisa sya hubungi untuk
belajar hal tersebut. terimakasih sebelumnya pak..

[Quoted text hidden]

Judhistira Aria Utama <j.aria.utama@upi.edu> Sat, Oct 28, 2017 at 12:44 PM
To: Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com>

https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=28338dfd34&jsver=OeNA-YUPo4g_en.&view=pt&search=inbox&th=15f6c6c827e24688&siml=15f609a37382af47&siml=15f696fd0

21/4/2018

Gmail - Mohon Bantuan.

Saya bisa bantu untuk model Kastner. Coba dapatkan akses ke skripsi mhs S2 UIN Syarif Hidayatullah (M. Nurul Huda) yg dulu jg di bawah bimbingan sy utk menyusun model visibilitas dgn prosedur a la Odeh. Utk model Sultan, ada yg lebih lama drpd sy yg tahu seluk beluknya; Pak Ma'rufin Sudibyo (RH).

[Quoted text hidden]

Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com>
To: Judhistira Aria Utama <j.aria.utama@upi.edu>

Sat, Oct 28, 2017 at 12:54 PM

iya pak.. terimakasih banyak.. nanti coba saya mengkaji literatur dulu..

mau tnya sdikit pak, ttg faktor2 sperti astronomi, geografi, meteorologi, dan akuitas mata dalam kriteria katsner, apakah semuanya sudah ada dalam kriteria katsner, ato hanya beberapa fktor saja? soalnya saya bingung dengan kriteria kastner pra dan pasca modifikasi..

[Quoted text hidden]

Judhistira Aria Utama <j.aria.utama@upi.edu>
To: Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com>

Sat, Oct 28, 2017 at 2:44 PM

Tentang Kaster:

Pra modifikasi --> kecerahan langit senja dihitung dgn persamaan aproksimasi yg hanya melibatkan konfigurasi objek langit

Pascamodifikasi--> kecerahan langit senja dihitung dgn algoritma Schaefer yg "rigor", melibatkan lokasi pengamat, parameter meteorologi, dan konfigurasi objek langit. Akuitas mata pengamat kami tambahkan utk mengakomodasi klaim yg tak terbantahkan. Demikian pula dgn faktor2 koreksi lain utk modus pengamatan berbantuan teleskop (baca paper sy di prosiding ICRiems UNY 2014).

[Quoted text hidden]

Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com>
To: Judhistira Aria Utama <j.aria.utama@upi.edu>

Sun, Oct 29, 2017 at 9:21 AM

nggeh pak,,
lalu dalam modifikasi itu, sbnarnya siapa yg melakukannya? apakah kastner sndri? atau ada pihak lain yg menambahkannya?

[Quoted text hidden]

Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com>
To: Judhistira Aria Utama <j.aria.utama@upi.edu>

Sun, Oct 29, 2017 at 9:21 AM

nggeh pak,,
lalu dalam modifikasi itu, sbnarnya siapa yg melakukannya? apakah kastner sndri? atau ada pihak lain yg menambahkannya?

[Quoted text hidden]

Judhistira Aria Utama <j.aria.utama@upi.edu>
To: Faishol Amin <faisholamin2301@gmail.com>

Mon, Oct 30, 2017 at 1:40 AM

Saya untuk pertama kali menggunakan model visibilitas Kastner untuk kasus hilal (publikasi tahun 2012). Selanjutnya, saya juga memodifikasinya memanfaatkan formulasi dari peneliti lain (publikasi tahun 2014, 2016).

Salam,

Judhistira Aria Utama, M.Si.
Lab. Bumi & Antariksa
Departemen Pendidikan Fisika
Fakultas Pendidikan Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung 40154

Mobile: 0811 222 4036

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=283338dfd34&jsver=OeNArYUPo4g.en.&view=pt&search=inbox&th=15f6c6c827e24688&siml=15f609a37382af47&siml=15f696fd0>

4. Data Pendukung Perhitungan

a. Kompilasi Pengamatan Odeh

TABLE VI
Lunar crescent observation records (Group D)

No. 1	R 2	E 3	Date 4	Observer 5	Long 6	Lat 7	Ele 8	N 9	B 10	T 11	JD 12	Age 13	Lag 14	ARCV 15	DAZ 16	ARCL 17	W 18	V 19
514	I	E	12-02-2002	Sehbajraktarevic	018.4	43.9	630				2452318.180	9.3	4	0.7	5.7	5.8	5	-5.96
565	I	E	04-12-2002	Odeh	035.8	30.9	3800	I	I		2452613.118	6.5	9	1.7	3.1	3.6	2	-5.25
730	I	E	10-01-2005	Sani	007.6	11.2	686	I			2453381.230	4.9	9	2.0	5.1	5.5	3	-4.63
481	I	E	17-09-2001	Fahmy	073.3	04.1	3	I			2452170.049	1.2	11	2.7	3.7	4.6	3	-4.12
345	I	E	16-02-1999	Katbeh	044.4	33.3	40	I			2451226.122	9.0	16	3.1	1.9	3.6	2	-3.87
189	A	E	03-01-1984	McPartian	035.6	15.6	335	I			2445703.145	12.0	15	3.3	3.5	4.9	3	-3.49
582	F	M	02-03-2003	Mehrani	051.7	32.6	1800	I			2452700.618	-22.7	8	1.6	12.2	12.3	21	-3.45
620	I	E	25-10-2003	Khan	-123.1	44.6	60	I			2452938.557	13.8	18	3.0	6.2	6.9	7	-3.44
498	I	E	15-11-2001	Chalemthai	054.3	24.3	13	I	I		2452229.073	8.4	17	3.6	0.4	3.7	2	-3.32
699	I	E	14-10-2004	Al-Muhammad	050.0	26.6	10	I	I	I	2453293.097	13.2	16	3.4	4.4	5.6	5	-3.26
499	I	E	15-11-2001	Salie	018.4	-33.9	200	I			2452229.235	12.2	19	3.5	4.5	5.7	5	-3.16
721	I	M	11-12-2004	Stamm	-110.7	32.4	2256	I			2453351.082	-12.8	18	3.2	6.3	7.1	8	-3.15
700	I	E	14-10-2004	Hadi	035.5	30.4	1735	I			2453293.140	14.1	16	3.5	5.1	6.2	6	-3.13
500	I	E	15-11-2001	JAS	035.8	31.9	939	I	I		2452229.119	9.8	20	3.9	1.4	4.2	3	-2.98
566	I	E	04-12-2002	Dukku	009.8	10.3	600	I			2452613.215	11.3	18	3.9	2.4	4.6	3	-2.93
247	A	E	26-06-1987	Schaefer	-071.0	-30.1	2774	I	I		2446973.424	16.8	18	3.3	8.0	8.7	10	-2.79
731	I	E	10-01-2005	Hafiz	-080.3	26.0	1	I			2453381.456	12.3	18	3.6	6.8	7.7	9	-2.64
255	A	E	23-09-1987	Stamm	-084.1	37.2	305	I			2447062.488	20.3	17	3.3	9.0	9.6	13	-2.53
567	I	E	04-12-2002	Lukuman	003.4	06.5	35	I			2452613.235	11.8	19	4.3	2.1	4.8	3	-2.47
626	I	E	24-11-2003	Pazhouhesh	059.2	32.9	1468	I	I		2452968.051	15.1	20	3.7	7.3	8.1	10	-2.46
659	I	E	19-05-2004	Khushaish	048.0	29.4	30	I	I		2453145.158	12.4	23	4.5	0.2	4.5	3	-2.41
246	A	M	25-06-1987	Schaefer	-071.0	-30.1	2774	I	I		2446971.974	-18.0	19	3.6	8.6	9.3	12	-2.39
482	I	E	17-09-2001	Al-Muhammad	050.0	26.6	10	I			2452170.119	3.9	20	4.5	1.2	4.6	3	-2.34
664	I	E	18-06-2004	Ebrahim	018.4	-33.9	200	I	I		2453175.164	18.8	21	3.6	8.7	9.4	12	-2.31
724	I	E	12-12-2004	Kacem	003.7	32.5	550	I	I		2453352.204	15.9	20	3.5	9.1	9.7	14	-2.23
627	I	E	24-11-2003	Janghorban	051.7	32.6	1500	I			2452968.073	15.5	21	3.9	7.5	8.4	11	-2.14
221	A	M	27-04-1987	Stamm	-084.1	37.2	305	I			2446912.940	-16.4	23	4.3	5.6	7.0	7	-2.13
106	A	E	27-04-1922	Mackenzie	018.5	-33.9	30	I			2423172.182	13.0	23	4.6	2.6	5.3	4	-2.13
041	A	E	18-06-1871	Schmidt	023.7	38.0	122	I			2404597.253	16.6	27	4.5	4.6	6.4	6	-2.09
687	I	E	14-09-2004	Stamm	-110.8	32.4	2750	I	I		2453263.575	13.2	22	4.7	3.1	5.6	5	-2.02
368	I	E	13-07-1999	Saab	046.5	24.6	620	I			2451373.166	15.1	21	4.4	5.7	7.2	8	-2.00
190	A	E	03-01-1984	Stamm	-084.1	37.2	305	I			2445703.448	17.4	25	4.3	7.1	8.3	9	-1.93
654	I	E	19-04-2004	Stamm	-111.0	32.4	842	I			2453115.592	13.9	24	4.9	1.9	5.2	4	-1.91
444	I	E	23-02-2001	Salie	018.4	-33.9	200	I			2451964.238	11.1	25	5.0	1.3	5.1	4	-1.84
518	I	E	14-03-2002	Al-Muhammad	050.0	26.6	10	I			2452348.124	14.0	21	4.7	5.3	7.0	7	-1.81
519	I	E	14-03-2002	Mayoof	050.5	26.2	4	I	I		2452348.122	14.0	21	4.7	5.2	7.0	7	-1.79
520	I	E	14-03-2002	Odeh	035.5	30.4	1735	I	I		2452348.168	14.8	23	4.8	5.0	7.4	7	-1.60
501	I	E	15-11-2001	Dukku	009.8	10.3	600	I			2452229.214	12.3	23	5.2	0.0	5.2	4	-1.59
383	I	E	08-12-1999	Caldwell	018.4	-33.9	350	I			2451521.252	19.4	26	4.7	7.6	8.9	11	-1.40

(Continued on next page)

TABLE VI

No. 1	R 2	E 3	Date 4	Observer 5	Long 6	Lat 7	Ele 8	N 9	B 10	T 11	JD 12	Age 13	Lag 14	ARCV 15	DAZ 16	ARCL 17	W 18	V 19
701	I	E	14-10-2004	Khan	-123.1	44.6	60	I	I		2453293.570	22.2	22	3.8	11.4	12.0	21	-1.27
678	I	E	16-08-2004	Ebrahim	018.4	-33.9	200	I	I		2453234.189	15.7	26	5.0	6.2	7.9	9	-1.27
515	I	E	12-02-2002	Ebrahim	018.4	-33.9	200	I			2452318.248	12.1	28	5.5	1.3	5.6	4	-1.24
003	A	E	23-01-1860	Schmidt	023.7	38.0	122	I			2400433.162	16.0	31	5.4	3.2	6.3	5	-1.16
268	A	E	03-06-1989	Krisciunas	-155.5	19.8	4255	I			2447681.723	10.8	27	5.4	3.0	6.2	6	-1.13
571	F	M	02-01-2003	Mehrani	051.9	32.8	1500	I			2452641.636	-17.2	27	4.9	7.4	8.9	12	-1.05
521	I	E	14-03-2002	Salih	073.3	04.1	1	I			2452348.062	13.2	23	5.6	3.0	6.4	5	-0.97

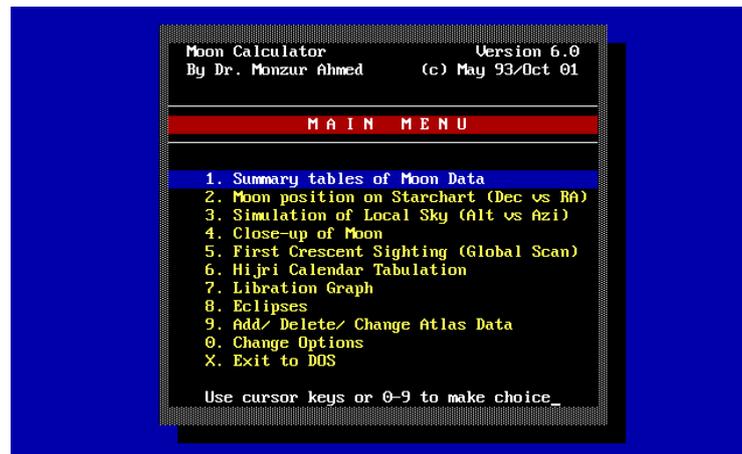
(Group C)

No. 1	R 2	E 3	Date 4	Observer 5	Long 6	Lat 7	Ele 8	N 9	B 10	T 11	JD 12	Age 13	Lag 14	ARCV 15	DAZ 16	ARCL 17	W 18	V 19
737	I	E	02-11-2006	Stamm	-111.1	32.2	963			V	2453677.533	22.3	21	4.1	11.3	12.0	21	-0.96
502	I	E	15-11-2001	Siddiqui	-074.0	41.1	60	I			2452229.412	15.9	32	5.4	5.6	7.7	9	-0.88
660	I	E	19-05-2004	Kacem	003.7	32.5	550	I	I		2453145.290	15.2	32	5.8	0.7	5.9	5	-0.83
053	A	E	20-12-1873	Schmidt	023.7	38.0	122	I			2405513.141	19.6	28	4.5	10.3	11.2	18	-0.82
522	I	E	14-03-2002	Kacem	003.7	32.5	550	I			2452348.256	16.4	27	5.5	6.0	8.2	9	-0.72
612	I	E	26-09-2003	Al-Muhammad	050.0	26.6	10	I			2452909.115	13.3	27	5.9	2.8	6.5	6	-0.65
510	F	E	15-12-2001	Mehrani	051.7	32.6	1500	I			2452259.076	17.1	31	5.7	5.4	7.8	9	-0.60
381	I	E	08-11-1999	Odeh	035.9	32.0	984	I	I		2451491.125	12.9	30	6.1	0.6	6.2	5	-0.50
382	C	E	08-11-1999	Odeh	034.7	31.8	60	I			2451491.126	12.9	31	6.1	0.7	6.2	5	-0.49
613	I	E	26-09-2003	Odeh	035.5	30.4	1646	I			2452909.159	14.2	28	6.0	3.8	7.1	8	-0.40
424	I	E	26-11-2000	Mehrani	051.7	32.6	1500	I			2451875.076	15.5	32	6.2	2.7	6.7	6	-0.36
258	A	M	15-05-1988	Stamm	-084.1	37.2	305	I	I		2447296.923	-13.7	35	6.1	2.9	6.8	7	-0.32
702	I	E	14-10-2004	Lukuman	003.4	06.5	35	I			2453293.239	15.9	26	6.2	3.6	7.2	8	-0.16
516	I	E	12-02-2002	Stamm	-111.0	32.4	843	I	I		2452318.560	17.6	30	6.0	6.3	8.7	10	-0.15
578	F	E	03-01-2003	Mehrani	051.9	32.9	1500	I			2452643.084	17.6	31	5.7	7.5	9.4	13	-0.13
335	C	E	28-01-1998	Dukku	018.4	-33.9	350	I			2470909.211	15.8	30	6.0	5.2	8.0	10	-0.13
614	I	E	26-09-2003	Ebrahim	018.4	-33.9	200	I			2452909.209	14.6	30	6.1	4.7	7.7	9	-0.12

(Continued on next page)

b. Software Moon Calc 6.0

Diakses dengan DOSBox 0.74 di Windows 10 64-bit



Tampilan Awal Moon Calc



Tampilan Input Kota

```

Current Minute = 19
Press ENTER to accept or type in new minute

ENTER THE YEAR IN FULL (500-2100): 2017
ENTER THE MONTH (1-12): 9
ENTER THE DATE (1-30): 20
ENTER THE HOUR (0-24): 17
ENTER THE MINUTE (0-59): 26_

```

Tampilan Input Tanggal dan Waktu

```

Pasuruan 7:39S 112:55E TZ:+7.0 Ht:8m JD:2458016.5 Topo Refrac ON
Mag Dec: model not valid Date: Wed 20 Sep 2017
Delta T (TD-UT): 0h 01m 15s guess? Time: 17h 26m 00s LT
Apparent Sunrise: 5h 18m 45s LT Apparent Sunset: 17h 24m 55s LT
-1 of 4
Moon Alt: 1.451 1d 27m 03s Moon Azi: 273.056 273d 03m 22s
Moon Dec: 2.879 2d 52m 46s Moon RA: 12.029 12h 01m 45s
Sun Alt: -0.550 -0d 33m 00s Sun Azi: 270.782 270d 46m 55s
Sun Dec: 0.934 0d 56m 02s Sun RA: 11.856 11h 51m 22s
Rel Alt: 2.001 2d 00m 03s Rel Azi: 2.274 2d 16m 27s
Elongation: 3.242 3d 14m 33s Moon Age: 4.92h 00 4H 55M
Phase:0.0012 Mag: -4.31 Width:0.002m Semi-Diam:0.260 Distance:383553.49km

Moon Rise: 5h 15m 00s LT Azimuth: 84d 58m 59s
Moon Set: 17h 34m 31s LT azimuth: 272d 45m 18s
Sunrise-Moonrise: -0h 03m 45s Sunset-Moonset: 0h 09m 35s

New Moon: 20 Sep 2017 JDE: 2458016.7299 5h 31m 04s TD
Full Moon: 5 Oct 2017 JDE: 2458032.2787 18h 41m 18s TD
Perigee: 13 Sep 2017 JDE: 2458010.1701 16h 04m 52s TD
Apogee: 27 Sep 2017 JDE: 2458023.7851 6h 50m 36s TD

ENTER:More (H)elp +/-:Month DEL/INS:Day END/HOME:Hour DN/UP:Min SPACE:Menu_

```

Tampilan Output

c. Aplikasi “Visual Limiting Magnitude” Schaefer

(<http://www.bogan.ca/astro/optics/vislimit.html>)

30/4/2018 Astronomical Visual Limits Calculation

Astronomical Visual Limiting Magnitude Calculation

Larry Bogan
Cambridge Station, N.S.

Note: This page is a Java Script version of a BASIC program written by
Bradley E. Schaefer
in
"To the Visual Limits"
page 57 of the May 1998 issue of
[Sky and Telescopes](#)

The magnitude of the dimmest star visible to the unaided eye is calculated from conditions specified in the form below. This number depends on the location and phase of the Moon, the location of Sun, the humidity, your location and height as well as the zenith angle of the star of interest. Try various input parameters to observe the effects of each variable. For more details see the reference cited above.

Intermediate results are presented in the tables at the bottom. Atmospheric extinction and brightness as well as air mass are given

== DATE ==
 Month Number: Year:
 == PHASE OF THE MOON ==
 New Crescent Quarter Gibbous Full

ANGULAR POSITIONS OF SUN AND MOON

Zenith Distance Elongation to Star

MOON	<input type="text" value="180"/>	<input type="text" value="180"/>	degrees
SUN	<input type="text" value="180"/>	<input type="text" value="180"/>	degrees

Relative Humidity: percent
 Air Temperature: Celcius
 Latitude: degrees
 Altitude: metres
 Snellen Ratio: 20/20=1; 20/10=2
 Star's Zenith Distance: degrees

RESULTS

Sky Brightness: nanolamberts
 Visual Magnitude: magnitudes

Supplemental Results

AIRMASS

<http://www.bogan.ca/astro/optics/vislimit.html> 1/2

30/4/2018 Astronomical Visual Limits Calculation

GAS	AEROSOL	OZONE
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Extinction and Sky Brightness

	U	B	V	R	I	
Extinction Coefficient	<input type="text"/>	magnitude/air mass				
Extinction	<input type="text"/>	magnitude				
Sky Brightness	<input type="text"/>	picowatts/cm ² /mikron ² /arc				

 FROM "ASTRONOMICAL COMPUTING"
 SKY & TELESCOPE, MAY 1998 page 52
 "To the Visual Limits"
 by Bradley E. Schaefer

 Corrected with the aide of
[Victor Rejz](#)
 and [David Fisher](#)

d. Source Code Algoritma Schaefer

Diambil dari Artikel "To Visual Limit"

```

10 REM VISLIMIT.BAS Visual Limits
20 REM by Bradley E. Schaefer
30 FOR I=1 TO 5 : READ WA(I) : NEXT I
40 DATA 0.365, 0.44, 0.55, 0.7, 0.9
50 FOR I=1 TO 5 : READ MO(I) : NEXT I
60 DATA -10.93, -10.45, -11.05, -11.90, -12.70
70 RD=3.14159/180.0
80 REM Input for Moon and Sun
90 AM=180.0 : REM Moon phase (deg.; 0=FM, 90=FQ/LQ,
180=NM)
100 ZM=180.0 : REM Zenith distance of Moon (deg.)
110 RM=180.0 : REM Angular distance to Moon (deg.)
120 ZS=180.0 : REM Zenith distance of Sun (deg.)
130 RS=180.0 : REM Angular distance to Sun (deg.)
140 REM Input for the Site, Date, Observer
150 RH=40.0 : REM relative humidity (%)
160 TE=15.0 : REM Air temperature (deg. C)
170 LA=30.0 : REM Latitude (deg.)
180 AL=1000.0 : REM Altitude above sea level (m)
190 M=2.0 : REM Month (1=Jan, 12=Dec)
200 Y=1998.0 : REM Year
210 SN=1.0 : REM Snellen Ratio (20/20=1.0, good 20/10=2.0)
220 INPUT "Zenith distance (deg.): ";Z
230 GOSUB 1000 : REM Extinction
240 GOSUB 2000 : REM Sky
250 REM Visual limiting magnitude
260 BL=B(3)/1.11E-15 : REM in nanolamberts
270 IF BL>1500.0 THEN GOTO 300
280 C1=10.0^-9.8 : C2=10.0^-1.9
290 GOTO 310

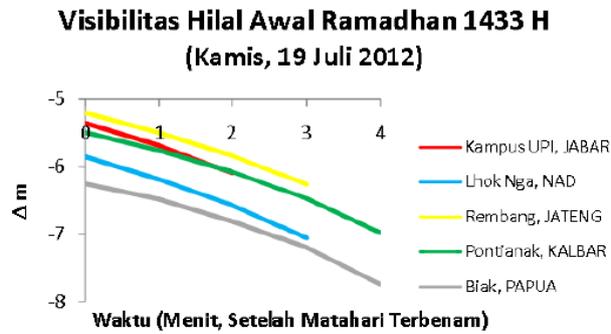
300 C1=10.0^-8.350001 : C2=10.0^-5.9
310 TH=C1*((1.0+SQR(C2*BL))^2.0) : REM in foot-candles
320 MN=-16.57-2.5*(LOG(TH)/LOG(10))-
DM(3)+5.0*(LOG(SN)/LOG(10))
330 PRINT : REM Write results and stop program
340 PRINT USING "Visual sky brightness (nL): #####": BL
350 PRINT USING "Visual limiting magnitude: ###.###": MN
360 END

1000 REM Extinction subroutine
1010 FOR I=1 TO 5: READ OZ(I): NEXT I
1020 DATA 0.000, 0.000, 0.031, 0.008, 0.000
1030 FOR I=1 TO 5: READ WT(I): NEXT I
1040 DATA 0.074, 0.045, 0.031, 0.020, 0.015
1050 LT=LA*RD
1060 RA=(M-3)*30.0*RD
1070 SL=LA/ABS(LA)
1080 REM Airmass for each component
1090 ZZ=Z*RD
1100 XG=1/(COS(ZZ)+.0286*EXP(-10.5*COS(ZZ)))
1110 XA=1/(COS(ZZ)+.0123*EXP(-24.5*COS(ZZ)))
1120 XO=1/SQR(1.0-(SIN(ZZ)/(1.0+(20.0/6378.0)))^2)
1130 REM UVRI extinction for each component
1140 FOR I=1 TO 5
1150 KR=.1066*EXP(-1*AL/8200)*((WA(I)/.55)^-4)
1160 KA=.1*((WA(I)/.55)^-1.3)*EXP(-1*AL/1500)
1170 KA=KA*((1-.32/LOG(RH/100.0))^1.33)*(1+SL*SIN(RA))
1180 KO=OZ(I)*(3.0+.4*(LT*COS(RA)-COS(3*LT)))/3.0
1190 KW=WT(I)*.94*(RH/100.0)*EXP(TE/15)*EXP(-1*AL/8200)
1200 K(I)=KR+KA+KO+KW
1210 DM(I)=KR*XG+KA*XA+KO*XO+KW*XG

1220 NEXT I
1230 REM Write results and return
1240 PRINT : PRINT "Airmass (gas, aerosol, ozone): ";
1250 PRINT USING "#####.## " : XG, XA, XO
1260 PRINT "Extinction coefficients (UVRI): ";
1270 PRINT USING "#####.## " : K(1), K(2), K(3), K(4), K(5)
1280 PRINT "Total extinction (UVRI): ";
1290 PRINT USING "#####.## " : DM(1), DM(2), DM(3),
DM(4), DM(5)
1300 RETURN
2000 REM Sky subroutine
2010 FOR I=1 TO 5: READ BO(I): NEXT I
2020 DATA 8.0E-14, 7.0E-14, 1.0E-13, 1.0E-13, 3.0E-13
2030 FOR I=1 TO 5: READ CM(I): NEXT I
2040 DATA 1.36, 0.91, 0.00, -0.76, -1.17
2050 FOR I=1 TO 5: READ MS(I): NEXT I
2060 DATA -25.96, -26.09, -26.74, -27.26, -27.55
2070 X=1/(COS(ZZ)+.025*EXP(-11*COS(ZZ))) : REM air mass
2080 XM=1/(COS(ZM*RD)+.025*EXP(-11*COS(ZM*RD))) : REM air
mass Moon
2090 IF ZM>90.0 THEN XM=40.0
2100 XS=1/(COS(ZS*RD)+.025*EXP(-11*COS(ZS*RD))) : REM air
mass Sun
2110 IF ZS>90.0 THEN XS=40.0
2120 FOR I=1 TO 5
2130 REM Dark night sky brightness
2140 BN=BO(I)*(1+.3*COS(6.283*(Y-1992)/11))
2150 BN=BN*(.4+.6/SQR(1.0-.96*(SIN(ZZ))^2))
2160 BN=BN*(10^(-.4*K(I)*X))
2170 REM Moonlight brightness
2180 MM=-12.73+.026*ABS(AM)+4E-09*(AM^4) : REM Moon
mag in V
2190 MN=MM+CM(I) : REM Moon mag
2200 C3=10.0^(-.4*K(I)*XM)
2210 FM=6.2E+07*(RM^2)+(10*(6.15-RM/40))
2220 FM=FM*(10^5.36)*(1.06+(COS(RM*RD))^2)
2230 BM=10^(-.4*(MM-MO(I)+43.27))
2240 BM=BM*(1-10^(-.4*K(I)*X))
2250 BM=BM*(FM^C3+440000.0*(1-C3))
2260 REM Twilight brightness
2270 HS=90.0-ZS : REM Height of Sun
2280 BT=10^(-.4*(MS(I)-MO(I)+32.5-HS-(Z/(360*K(I))))))
2290 BT=BT*(100/RS)*(1.0-10.0^(-.4*K(I)))
2300 REM Daylight brightness
2310 C4=10.0^(-.4*K(I)*XS)
2320 FS=6.2E+07*(RS^2)+(10*(6.15-RS/40))
2330 FS=FS*(10^5.36)*(1.06+(COS(RS*RD))^2)
2340 BD=10^(-.4*(MS(I)-MO(I)+43.27))
2350 BD=BD*(1-10^(-.4*K(I)*X))
2360 BD=BD*(FS^C4+440000.0*(1-C4))
2370 REM Total sky brightness
2380 IF BD>BT THEN GOTO 2410
2390 B(I)=BN+BD
2400 GOTO 2420
2410 B(I)=BN+BT
2420 IF ZM<90.0 THEN B(I)=B(I)+BM
2430 NEXT I
2440 PRINT "Sky brightness (UVRI):";
2450 PRINT USING " #####.### " : B(1), B(2), B(3), B(4), B(5)
2460 RETURN

```

e. **Grafik Analisis yang dilakukan Judhistira**

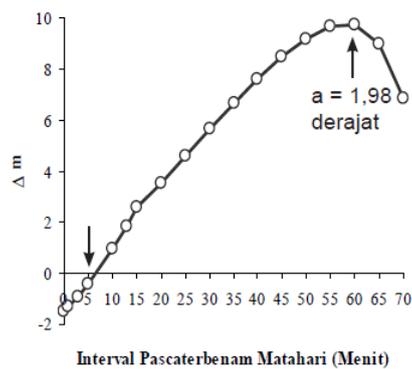


Plotting Visibilitas Kastner

TABEL 1. Rata-rata nilai parameter fisis hilal pada saat kontras mencapai nilai maksimumnya

Parameter Fisis	Mata Telanjang	Binokuler/Teleskop
Ketinggian (a, derajat)	1,92	2,29
Beda tinggi (ARCV, derajat)	11,45	9,99
Elongasi (ARCL, derajat)	12,57	10,20
Beda azimut (DAZ, derajat)	4,96	2,20
Umur pascakonjungsi (jam)	24,07	20,84
Lag (menit)	48	41
Tebal tengah-sabit (w, menit busur)	0,40	0,25

Kriteria yang dihasilkan Judhistira saat Best Time



Konsep Best Time Judhistira

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Muhammad Faishol Amin
2. Tempat, Tanggal Lahir : Gresik, 23 Januari 1994
3. Alamat Rumah : Komplek P.P Qomaruddin Sampurnan No. 11
RT.12 RW.04 Bungah Gresik
4. HP : 08563645564
5. E-mail : faisholamin2301@gmail.com
6. Website : www.islamicastro.net

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
 - a. MI Ma'arif NU Assa'adah – Gresik (2000-2006)
 - b. MTs Ma'arif NU Assa'adah 1 – Gresik (2006-2009)
 - c. MA Ma'arif NU Assa'adah – Gresik (2009-2012)
 - d. S1 Fakultas Syariah dan Hukum Universitas Islam Negeri Walisongo – Semarang (2012-2016)
2. Pendidikan Non-Formal
 - a. Madrasah Diniyah Pondok Pesantren Qomaruddin – Gresik (2009-2012)
 - b. Pondok Pesantren Darun Najah – Semarang (2012-2015)
 - c. Pondok Pesantren Al-Ma'rufiyah – Semarang (2017-2018)

- d. NANO English Course – Kediri (2013)
- e. TOEFL PPB UIN Walisongo bersertifikat ETS – Semarang (2016, 2018)
- f. TOAFL/IMKA PPB UIN Walisongo – Semarang (2016, 2017)

C. Karya Ilmiah

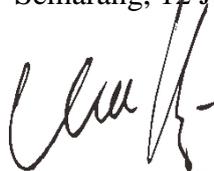
- a. Studi Analisis Pembaruan Perhitungan Awal Bulan Kamariah dalam Kitab Ittifaq Dzatil Bain Karya KH. Moh. Zubair Abdul Karim- Skripsi Starata 1
- b. Ketajaman Mata dalam Kriteria Visibilitas Hilal – Jurnal al-Marshad UMSU
- c. Metode Penentuan Awal Bulan Kamariah Perspektif Empat Mazhab – Jurnal Hayula UNJ

D. Riwayat Mengajar dan Organisasi

- a. Anggota Ikatan Pelajar Nahdhatul Ulama Ranting Bungah – Gresik (2006-2012)
- b. Badan Pengurus Harian CSSMoRA UIN Walisongo – Semarang (2013-2014)
- c. Ketua Departemen Kominfo CSSMoRA UIN Walisongo – Semarang (2014-2015)
- d. Pimpinan Redaksi Majalah Zenith – Semarang (2014-2015)
- e. Tim Hisab Rukyah CSSMoRA UIN Walisongo – Semarang (2015-2016)
- f. Anggota Farabi Institute – Semarang (2014-2016)

- g. Tim Hisab Rukyah Pascasarjana UIN Walisongo – Semarang (2015-sekarang)
- h. Pengurus Ikatan Keluarga Besar Alumni Qomaruddin (2017-sekarang)
- i. Anggota Lajnah Falakiyah Nahdhatul Ulama – Gresik (2016 – sekarang)
- j. Dosen di Institut Agama Islam Qomaruddin – Gresik (2016 – sekarang)

Semarang, 12 Juli 2018



Muhammad Faishol Amin