

**MODEL PERHITUNGAN REFRAKSI DAN PENGARUHNYA
TERHADAP HASIL PERHITUNGAN KETINGGIAN HILAL**

SKRIPSI

Oleh :

Nida Nafizatuzzahro

C96219061



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

Fakultas Syariah Dan Hukum

Jurusan Hukum Perdata Islam

Program Studi Ilmu Falak

Surabaya

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nida NafizatuZZahro
NIM : C96219061
Fakultas/Prodi : Syariah dan Hukum/ Ilmu Falak
Judul : Model Perhitungan Refraksi dan Pengaruhnya Terhadap Hasil Perhitungan Ketinggian Awal Bulan

Menyatakan bahwa skripsi ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Surabaya, 29 Mei 2023
Saya yang menyatakan,

A 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SPRINTS BERKUALITAS', '10000', 'METERAI TEMPEL', and 'OFISI HAKI 492322/55'. The signature is in black ink and appears to be 'Nida NafizatuZZahro'.

Nida NafizatuZZahro
NIM. C96219061

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang ditulis oleh:

Nama : Nida Nafizatuzzahro
NIM. : C96219061
Judul : Model Perhitungan Refraksi dan Pengaruhnya Terhadap Hasil Perhitungan Ketinggian Hilal

telah diberikan bimbingan, arahan dan koreksi sehingga dinyatakan layak dan disetujui untuk diajukan kepada Fakultas guna diujikan pada sidang munaqasah.

Surabaya, 29 Mei 2023

Pembimbing,



Agus Solikin, M.S.I
NIP. 198608162015031003

PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh Nida Nafizatuzzahro NIM.C96219061 ini telah dipertahankan di depan sidang Munaqasah Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya pada hari Rabu, 14 Juni 2023 dapat diterima sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana Strata Satu dalam Ilmu Syariah.

Majelis Munaqasah Skripsi

Penguji I



Agus Solikin, M.S.I
NIP. 198608162015031003

Penguji II



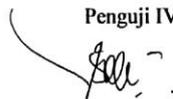
Dr. H. Abu Dzarrin Al-Hamidiy, M.Ag
NIP. 197306042000031005

Penguji III



H. Moh. Irfan, M.H.I
NIP. 196905312005011002

Penguji IV



Ibnu Madivanto, M.H
NIP. 198703152020121009

Surabaya, 14 Juni 2023

Menegaskan

Fakultas Syariah dan Hukum

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya



Dr. Hj. Sunivah Musala'ah, M.Ag
NIP. 196303271999032001



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300

E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : NIDA NAFIZATUZZAHRO
NIM : C96219061
Fakultas/Jurusan : SYARIAH DAN HUKUM / ILMU FALAK
E-mail address : c96219061@student.uinsby.ac.id

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain

yang berjudul :

MODEL PERHITUNGAN REFRAKSI DAN PENGARUHNYA TERHADAP

HASIL PERHITUNGAN KETINGGIAN HILAL

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 24 Septembe 2023

Penulis

(Nida NafizatuZZahro)

ABSTRAK

Skripsi dengan judul model perhitungan refraksi dan pengaruhnya terhadap hasil perhitungan ketinggian hilal menjawab dua rumusan masalah yaitu bagaimana model – model perhitungan refraksi yang digunakan untuk menghitung ketinggian hilal dan model mana yang ideal dan sesuai untuk menentukan perhitungan ketinggian hilal yang lebih tepatnya hilal lihat (*hilal mar'i*).

Metode yang digunakan untuk menjawab dari rumusan masalah menggunakan teknik penelitian *bibliography research* atau studi pustaka. Penelitian diambil dari buku literatur-literatur yg berkaitan serta bersangkutan dengan penelitian. Data yang digunakan ada dua yaitu primer dan sekunder. Teknik pengumpulan data yang penulis gunakan adalah telaah dokumen. Metode analisis data yang digunakan oleh penulis yaitu metode analisis komparatif deskriptif yang menjelaskan model rumus refraksi yang digunakan untuk menghitung ketinggian hilal.

Hasil dari penelitian menentukan : pertama, model – model perhitungan refraksi yang ada di dalam buku Jean Meeus ada dua rumus refraksi yang dapat digunakan untuk menghitung ketinggian hilal awal Bulan. Lalu menghitung awal Bulan dengan menggunakan sistem Ephemeris dan menggunakan kedua rumus refraksi tersebut. Kedua, model rumus refraksi yang ideal untuk perhitungan ketinggian hilal (*irtifa' hilal mar'i*) awal Bulan. Rumus refraksi yang ideal yaitu rumus pertama $R = \frac{1}{\tan(ho + \frac{7.31}{ho+4.4})}$, 1 atau 0.0167 : $\tan(Ho + 7.31 : (Ho + 4.4))$.

Berdasarkan penguraian diatas penulis memberi kesimpulan dan saran bahwa Refraksi adalah pembiasan/pembelokan cahaya Matahari yang menyebabkan perbedaan antara tinggi suatu benda langit yang senyatanya dengan tinggi benda langit yang dilihat. Terdapat dua model perhitungan refraksi pertama $R = \frac{1}{\tan(ho + \frac{7.31}{ho+4.4})}$ dan rumus kedua $R = \frac{1.02}{\tan(h + \frac{10.3}{h+5.11})}$. Model perhitungan refraksi yang ideal untuk perhitungan ketinggian hilal adalah model rumus pertama

$R = \frac{1}{\tan(ho + \frac{7.31}{ho+4.4})}$ karena dalam rumus pertama sudah dikoreksi oleh parallaks Bulan untuk mengetahui ketinggian hilal lihat (*irtifa' hilal mar'i*) hasil perhitungannya harus dikoreksi dulu oleh beberapa koreksi yaitu semi diameter Bulan, parallaks Bulan, refraksi, dan DIP dan rumus refraksi satu sudah dikoreksi oleh parallaks Bulan. Saran dari penulis berdasarkan perhitungan awal bulan dengan sistem Ephemeris yang penulis paparkan terkesan monoton dan hanya tulisan saja mungkin orang yang membaca akan sulit memahami dan membaca bahkan kurang menarik, maka bisa dimodifikasi lagi menggunakan tabel atau menggunakan cara lain yang menarik pembaca dan memberi tahu pembaca wawasan dan pengetahuan tentang kedua rumus refraksi tersebut.

DAFTAR ISI

COVER DALAM	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR TRANSLITERASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi dan Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6
F. Penelitian Terdahulu.....	7
G. Definisi Operasional.....	10
H. Metode Penelitian	11
I. Sistematika Pembahasan	15
BAB II AWAL BULAN KAMARIAH SECARA FIQH DAN METODE PERHITUNGAN EPHEMERIS	17
A. Fiqh Awal Bulan Kamariah.....	17
B. Hisab Awal Bulan dan Langkah-Langkah Perhitungannya Secara Ephemeris.....	22
BAB III REFRAKSI	34
A. Pengertian Refraksi.....	34
B. Model – Model Perhitungan Refraksi Yang Digunakan Untuk Menghitung Ketinggian Hilal.....	35
C. Contoh Implementasi Rumus Perhitungan Refraksi dalam Perhitungan Awal Bulan.....	36

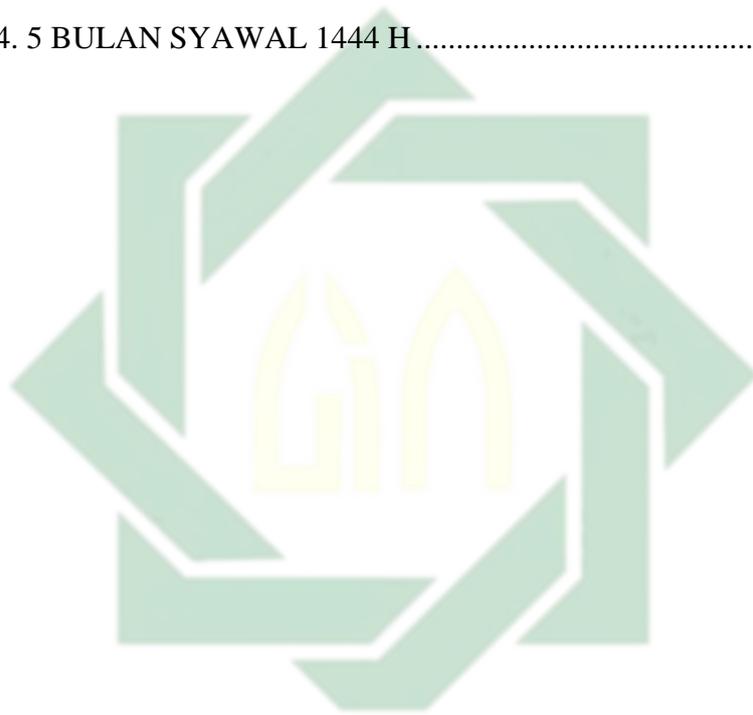
BAB IV ANALISIS PENGARUH REFRAKSI TERHADAP PERHITUNGAN KETINGGIAN HILAL	59
A. Analisis Model Perhitungan Refraksi (Asal Usul)	59
B. Model Rumus Refraksi yang Ideal Digunakan Untuk Menghitung Ketinggian Hilal Awal Bulan	63
BAB V PENUTUP	79
A. Kesimpulan	79
B. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

TABEL 4. 1 BULAN MUHARRAM 1444 H.....	76
TABEL 4. 2 BULAN RAJAB 1444 H.....	77
TABEL 4. 3 BULAN RABIUL AWAL 144 H.....	77
TABEL 4. 4 BULAN JUMADIL AWAL 1444 H.....	77
TABEL 4. 5 BULAN SYAWAL 1444 H.....	78



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bagi umat Islam dan sebagian waga negara Indonesia kegiatan menentukan awal bulan Hijriyah merupakan agenda yang krusial. Karena hal ini ada kaitannya dengan waktu melaksanakan ibadah bagi umat Islam, seperti ibadah puasa dan hari raya. Penentuan awal Bulan Kamariah yang digunakan pada saat ini terdapat dua metode yaitu metode hisab dan metode *rukyyatul hilal* (Bulan).¹

Perubahan zaman serta perkembangan keilmuan turut mempengaruhi sistem perhitungan yang dipakai untuk menghisab awal Bulan Hijriah baik di ilmu falak ataupun di bidang astronomi. Pesatnya perkembangan zaman sistem atau metode hisab mengalami beberapa pergantian. Pada zaman dahulu sering kita mengetahui adanya hisab *hakiki taqribi*, lalu berubah menjadi hisab *hakiki tahkiki* dan dengan pesatnya perubahan zaman masa kini berubah lagi menjadi hisab kontemporer. Hisab kontempore ini sudah menggenapkan geosentris dan toposentris dalam koreksinya.²

Hisab *hakiki tahqiqi* adalah sistem hisab yang perhitungannya dilakukan saat terjadinya *ijtima'* (konjungsi) dengan cara mencari rata-rata *ijtima'* dan menambahkan koreksi koreksi sederhana untuk menentukan ketinggian hilal.

¹ Rian Mahendra Taruna, Tio Azhar Prakoso, "Perkiraan Ketinggian Objek Alam Terhadap Horizon Untuk Evaluasi Lokasi Pengamatan Hilal Di Lombok", *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, vol. 7, no. 2, (Desember, 2017) 116

² Muhammad Syarif Hidayatullah, Desy Kristiane, "Fikih Falaki Prespektif teori Astronomi (Analisis Tinggi Hilal dari Segi Koreksi Semi Diameter Bulan)" *Elfalaky : Jurnal Ilmu Falak*, vol. 6 no. 2, (2022) 315

Sistem perhitungan ini menggunakan sumber dari data buku astronomi yang ditulis oleh Ulugh Beyk (wafat 854 M) dan spherical trigonometri sudah tidak digunakan untuk rumus-rumus ini serta tidak menggunakan memperhitungkan letak perkyat dan pada letak Bulan dan Matahari dengan mendetail. Data yang diperoleh pada metode ini adalah data kekal yang cukup hanya sekali diterbitkan. Contoh kitab – kitab yang menggunakan kitab sistem hisab *haqiqi taqribi* adalah *Sullam al – Nayyirain, Fath al – Ra’uf al – Mannan, Qawa’id al – Falakiyyah*.³

Hisab *hakiki tahkiki* proses perhitungannya lebih detail dan lebih teliti serta dinilai kurang akurat meskipun menggunakan koreksi-koreksi yang lumayan banyak⁴. Peran lintang tempat dan deklinasi untuk menentukan sistem hisab *hakiki tahkiki* yang sangat diperhatikan⁵. Kitab – kitab yang digunakan dalam sistem hisab *haqiqi tahkiki* diantaranya kitab *Khulasah al – Wafiyah, Hisab Hakiki, Al – Matla’ al – Sa’id, Hisab Awal Bulan*.⁶

Terakhir ada hisab kontemporer merupakan sistem hisab yang modern seperti rumus-rumus algoritma serta menggunakan alat canggih seperti komputer. Sistem hisab ini tingkat ketelitiannya sudah tinggi karena menggunakan dari program komputer yang sudah menjadi software. Sistem hisab yang termasuk hisab kontemporer atau modern yaitu diantaranya dari Jean Meeus, *Alamak Nautika, New Comb dan Ephemeris*.⁷ Lembaga – lembaga yang menggunakan sistem ini

³ Akh. Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar – Dasar Hisab Praktis)*, cet III, (Sidoarjo : Grafika Media, 2015) 130 – 131

⁴ Ibid., 131

⁵ Keki Febryanti, “Sistem Hisab Kontemporer dalam Menentukan Ketinggian Hilal (Perspektif Ephemeris dan Almanak Nautika)”, Skripsi – UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang (2011) 5

⁶ Akh. Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar – Dasar Hisab Praktis)*, cet III, (Sidoarjo : Grafika Media, 2015) 131

⁷ Keki Febryanti, “Sistem Hisab Kontemporer dalam Menentukan Ketinggian Hilal (Perspektif Ephemeris dan Almanak Nautika)”, Skripsi – UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang (2011) 6

diantaranya Planetarium, Badan Meteorologi dan Geofisika, Observatorin Bosscha (ITB) dan serbagainya.

Berbicara mengenai sistem perhitungan awal Bulan Kamariah menggunakan sistem perhitungan kontemporer salah satunya yaitu sistem perhitungan Ephemeris. Sistem Ephemeris juga menggunakan data data astronomi untuk mengetahui kondisi Bulan, baik saat *ijtima'* dengan Matahari, azimuth ketinggiannya ataupun pada hari ke 29 setipa bulannya saat Matahari terbenam.⁸ Sistem Ephemeris adalah sistem yang digunakan oleh umat Islam pada saat ini untuk menghitung perhitungan awal Bulan.

Hakikatnya yang menjadi perbedaan dari ketiga hisab di atas adalah pada perhitungan *irtifa' hilal* (ketinggian). Perbedaan dalam sistem hisab *hakiki taqribi*, data *irtifa' hilal* yang didapat dari perbedaan waktu *ijtima'* dan pada waktu Matahari terbenam lalu dibagi dua tanpa memperhatikan letak perukyat, *deklinasi* dan sudut waktu (*assesnsiorekta*). Sedangkan hisab *hakiki tahkiki* dan hisab kontemporer memperhatikan tiga unsur tersebut dan juga memperhatikan koreksi-koreksi dan pengaruh seperti semi diameter Bulan (jari-jari), refraksi (pembiasan), parallaks (beda lihat), dan DIP (kerendahan ufuk).⁹

Langkah – langkah untuk menghitung ketinggian hilal lihat (*irtifa' hilal mar'i*) yaitu dengan harga ketinggian hilal lihat harus dikoreksi diantaranya oleh semi diameter Bulan (jari-jari), refraksi (pembiasan), parallaks Bulan (beda lihat) dan juga DIP (kerendahan ufuk). Semi diameter adalah jarak titik pusat Bulan

⁸ Akh. Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar – Dasar Hisab Praktis)*, cet III, (Sidoarjo : Grafika Media, 2015) 147

⁹ Ibid., 131-132

sampai ke tepi piring Bulan, semi diameter biasanya juga disebut dengan jari-jari Bulan. Lalu ada refraksi, refraksi atau pembiasan adalah pembelokan cahaya pada saat melewati atmosfer Bumi. Kemudian parallaks Bulan, parallaks adalah beda arah pandang atau arah yang dilihat oleh pengamat dari permukaan Bumi. Terakhir ada DIP, DIP adalah jarak turun ufuk yang diamati pengamat akibat dari ketinggian posisi pengamat yang mempunyai jarak berbeda dan tertentu dari permukaan laut.¹⁰

Selaras dengan koreksi – koreksi di atas, penulis menemukan dua rumus refraksi yang digunakan untuk perhitungan awal Bulan Kamariah yang berbeda. Pertama rumus refraksi yang digunakan di buku karangan Jean Meus edisi kedua.¹¹ Kedua rumus refraksi yang digunakan oleh Kemenag 2022 dalam Data Ephemeris Kemenag 2022.¹²

Menurut penulis jika penggunaan rumus refraksi untuk menghitung ketinggian hilal menggunakan rumus yang berbeda maka akan berpengaruh terhadap tingkat presisi hilal waktu akan dilihat menggunakan alat seperti teropong, teleskop, theodolit dan alat yang lainnya. Berdasarkan penjelasan diatas penulis tertarik mengangkat judul “Model Perhitungan Refraksi dan Pengaruhnya terhadap Perhitungan Ketinggian Hilal“ dengan didorongnya rasa keingintahuan dan untuk menambah wawasan, dan sebagai bahan tugas akhir.

¹⁰ Abd Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis (Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah)*, (Surabaya : Imtiyaz, 2016) 172-175

¹¹ Jean Meus, *Algoritma dan Astronomi*, diterjemahkan oleh Dr. Ing Khafid, (edisi II, 1998)

¹² Data Ephemeris Kemenag 2022

B. Identifikasi dan Batasan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas yang telah penulis paparkan, identifikasi masalah yang digunakan oleh penulis adalah :

1. Perhitungan hisab awal bulan yang berkembang seiring berjalannya zaman.
2. Perhitungan hisab awal bulan dengan sistem kontemporer.
3. Perhitungan Ephemeris yang merupakan salah satu sistem kontemporer.
4. Koreksi – koreksi yang digunakan untuk menghitung ketinggian hilal.
5. Terdapat dua model perhitungan refraksi yang digunakan untuk menghitung ketinggian hilal.
6. Dari kedua model perhitungan refraksi yang diketahui model mana yang paling ideal untuk perhitungan ketinggian awal Bulan.
7. Pengaruh perhitungan refraksi terhadap hasil perhitungan ketinggian hilal.

Keterbatasan waktu dan ruang, penulis membatasi permasalahan yang akan diteliti agar bisa fokus dan sistematis serta yang penulis bahas agar pembahasan tidak melebar terlalu luas maka penulis menyusun batasan masalah. Adapun batasan masalah dalam penelitian yaitu:

1. Terdapat dua model perhitungan refraksi yang digunakan untuk menghitung ketinggian hilal.
2. Pengaruh perhitungan refraksi terhadap hasil perhitungan ketinggian hilal.

C. Rumusan Masalah

Berangkat dari latar belakang dan identifikasi masalah yang sudah dipaparkan penulis menuliskan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana model-model perhitungan refraksi yang digunakan untuk menghitung ketinggian hilal ?
2. Dari kedua model perhitungan refraksi yang sudah diketahui, model mana yang paling ideal digunakan untuk koreksi perhitungan ketinggian hilal ?

D. Tujuan Penelitian

Selaras dengan rumusan masalah yang penulis paparkan, penulis menyimpulkan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mengetahui model-model perhitungan refraksi yang digunakan untuk menghitung ketinggian hilal.
2. Mengetahui model perhitungan refraksi yang ideal digunakan untuk perhitungan ketinggian hilal.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan penulis yaitu :

1. Secara Praktis, penulis berharap dapat menjawab dan menyelesaikan rumusan masalah di atas serta penelitian ini dapat menambah khazanah bagi peneliti yang lain, dapat menjadi sumber informasi dan wawasan bagi mahasiswa dan bagi dosen yang lain, serta semua orang yang ingin belajar dan mengkaji di waktu mendatang.

2. Secara Teoritis, penulis berharap pada penelitian ini dapat memberikan teori ilmu untuk mengembangkan ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang ilmu falak dalam mengkaji pengaruh dalam perhitungan ketinggian hilal, semoga dapat menjadi dasar ilmu pengetahuan yang dijadikan sumber kaji penelitian yang akan datang.

F. Penelitian Terdahulu

Kajian pustaka merupakan suatu kumpulan teori yang penulis pilih dalam penelitiannya untuk dijadikan bahan referensi, dasar atau literatur yang dipilih untuk penelitiannya. Kajian pustaka adalah bacaan dan sumber yang tertulis baik berupa buku, jurnal, artikel yang memuat topik yang akan diteliti. Kajian pustaka atau kajian teori hakikatnya dalam sub bab harus memuat hasil literatur kajian yaitu teori-teori atau definisi-definisi yang harus ada hubungannya dengan penelitian yang akan dilakukan penulis.¹³ Penelitian ini dalam penyusunannya, penulis menemukan beberapa literatur yang dijadikan sebagai acuan di antaranya :

1. Skripsi oleh Siti Sholikhah dengan tajuk “Fungsi dan Kedudukan Deklinasi Bulan dan Lintang Tempat dalam Menghitung Ketinggian Hilal (Menurut Kitab *Sullam An – Nayyirain* dan Almanak Nautika)” dari Institut Agama Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya pada tahun 2009.¹⁴ Menurut penulis ada banyak perdebatan yang mempertanyakan apakah masih layak perhitungan awal bulan

¹³ Sandu Siyoto dan Ali Sodik, *Dasar Metodologi Penelitian*, (Yogyakarta : Literasi Media Publishing, 2015) 45

¹⁴ Siti Sholikhah, “Fungsi dan Kedudukan Deklinasi Bulan dan Lintang Tempat dalam Menghitung Ketinggian Hilal (Menurut Kitab *Sullam An – Nayyirain* dan Almanak Nautika)”, Skripsi – UIN Sunan Ampel, Surabaya (2009)

menggunakan cara kitab *Sullam an – Nayyirain*? Sedangkan sekarang banyak software modern seperti Ephemeris dan Nautika yang beredar dan dijadikan rujukan. Penulis membahas permasalahan dalam hal tersebut sehingga skripsi ini yang merupakan penelitian untuk menjabarkan kegunaan atau kedudukan deklinasi Bulan menurut kitab *Sullam an – Nayyirain* dan Almanak Nautika untuk menghitung ketinggian hilal.

2. Skripsi yang ditulis oleh Keki Febryanti dengan judul “Sistem Hisab Kontemporer dalam Menentukan Ketinggian Hilal (Perspektif Ephemeris dan Almanak Nautika)” dari Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada tahun 2011.¹⁵ Menurut penulis di realita sekarang ini terdapat perbedaan perhitungan untuk menghitung awal Bulan Kamariyah ada rukyat dan hisab. Terkait dengan hisab ada sepuluh cara untuk menentukan awal bulan Kamariyah, namun dari sepuluh cara tersebut bisa terbagi menjadi tiga metode, ada hisab *hakiki taqribi*, hisab *hakiki tahkiki* dan hisab kontemporer. Adanya perbedaan-perbedaan tersebut peneliti terdorong untuk meneliti lebih lanjut untuk membahas ketinggian hilal dalam hisab kontemporer dengan sistem Ephemeris dan sistem Almanak Nautika.
3. Skripsi yang ditulis oleh Asrini dengan judul “Studi Komparatif Hisab Kontemporer Ephemeris dan Algoritma” dari Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar pada tahun 2020.¹⁶ Menurut penulis, penulis menemukan perbedaan

¹⁵ Keki Febryanti, “Sistem Hisab Kontemporer dalam Menentukan Ketinggian Hilal (Perspektif Ephemeris dan Almanak Nautika)”, Skripsi – UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang (2011)

¹⁶ Asrini, “Studi Komparatif Hisab Kontemporer Ephemeris dan Algoritma”, Skripsi – UIN Alauddin, Makassar (2020)

antara metode perhitungan manual dan metode perhitungan dengan aplikasi. Perbedaan dari kedua metode tersebut cukup signifikan namun sering diabaikan. Hal ini dapat dibuktikan bahwa kedua metode tersebut mempunyai kekuarangan dan kelebihan terbukti adanya beberapa data pada sistem Ephemeris yang dihasilkan namun tidak ada hasil apabila menggunakan sistem aplikasi berbasis algoritma. Hisab kontemporer pada masa kini yang berdasarkan Software dan Ephemeris berbasis Algoritma merupakan cara baru dan cara yang mudah dalam menentukan dan menghitung awal Bulan. Artinya cara yang terbaru dalam penentuan awal Bulan Kamariyah dengan pengaplikasian perangkat lunak yang tidak memerlukan langkah yang rumit dan terbilang langkah yang mudah.

4. Jurnal yang ditulis oleh Muhammad Syarif Hidayatullah dan Desy Kristiane yang berjudul “Fikih Falaki Prespektif teori Astronomi (Analisis Tinggi Hilal dari Segi Koreksi Semi Diameter Bulan)” terbit di *Elfalaky : Jurnal Ilmu Falak*, vol. 6 no. 2 pada tahun 2022.¹⁷ Penulis menemukan perbedaan penggunaan semi diameter, yaitu pada saat Matahari terbenam ketinggian (*altitude*) hilal di dalam koreksi semi diameter. Koreksi yang digunakan di Indonesia pada setiap lembaga seperti lembaga falak dan astronomi pun berbeda. Penggunaan semi diameter Bulan ada yang ditambahkan (+) karena titik utamanya pada piringan atas Bulan, ada pula yang penggunaan semi diameter Bulan dikurangkan (-) karena piringan bawah Bulan yang menjadi titik utama yaitu tinggi Bulan. Penggunaan koreksi semidiameter seperti ini dianggap keliru dalam teori

¹⁷ Muhammad Syarif Hidayatullah, Desy Kristiane, “Fikih Falaki Prespektif teori Astronomi (Analisis Tinggi Hilal dari Segi Koreksi Semi Diameter Bulan)” *Elfalaky : Jurnal Ilmu Falak*, vol. 6 no. 2, (2022)

astronomi, karena seluruh nilai benda langit (*altitude, azimuth, elongasi, paralaks, dll*) titik acuannya adalah titik tengah piringan Bulan. Hal inilah yang membuat penulis mengkaji lebih lanjut koreksi semidiameter tinggi hilal, dengan tujuan untuk menjelaskan secara logis koreksi titik acuan tinggi hilal.

Berdasarkan referensi – referensi yang ditemukan penulis di atas, belum ada judul yang membahas mengenai model rumus refraksi yang digunakan dalam buku Jean Meeus edisi kedua dan Data Epemeris Kemenag 2022.

G. Definisi Operasional

Definisi operasional bersifat operasional yang berisi tentang penjelasan, baik dari segi data penelitian dan segi konsep yang digunakan untuk mencari, menelusuri, menguji dan mengukur variabel yang dicantumkan oleh penulis bisa dijadikan acuan dalam penelitiannya.¹⁸ Oleh karena itu diperlukan penjelasan yang lebih dulu mengenai judul penelitian yang akan diteliti dan ditulis oleh penulis. Cara ini dilakukan agar kecil kemungkinan ada kekeliruan dalam memahami judul yang akan penulis angkat. Adapun judul yang diangkat penulis adalah “Model Perhitungan Refraksi dan Pengaruhnya Terhadap Perhitungan Ketinggian Hilal”. Selaras dengan judul diatas, penulis menjelaskan beberapa definisi dari judul tersebut sebagai berikut :

1. Refraksi : Refraksi adalah pembiasan/pembelokan cahaya Matahari yang menyebabkan perbedaan antara tinggi suatu benda langit yang sebenarnya dengan tinggi benda langit yang dilihat. Refraksi terjadi karena cahaya yang

¹⁸ Fakultas Syariah dan Hukum , *Petunjuk Penulisan Skripsi*, (Surabaya, 2017) 9

sampai di mata kita yang sudah melalui lapisan atmosfer-atmosfer, sehingga cahaya yang datang itu mengalami pembengkokkan padahal yang kita lihat merupakan arah lurus dari cahaya yang ditangkap oleh mata kita.¹⁹

2. Ketinggian Hilal : Tinggi hilal yang bisa kita lihat jauh di atas ufuk, sedangkan hilal tidak bisa kita lihat ketika ketinggiannya sedikit diatas ufuk atau bahkan di bawah ufuk.²⁰
3. Model Perhitungan Refraksi A dan B : Menurut kamus besar bahasa Indonesia Model adalah pola, bentuk, contoh, acuan, ragam dari suatu atau benda.²¹ Ada dua rumus dari buku Jean Meus yaitu $R = \frac{1}{\tan(h_0 + \frac{7.31}{h_0 + 4.4})}$ dan $R = \frac{1.02}{\tan(h + \frac{10.3}{h + 5.11})}$ ²²
4. Model yang Ideal : Hasil perhitungan ketinggian hilal dengan menghitung koreksi refraksi yang paling efisien untuk menghitung perhitungan ketinggian hilal.

H. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dipakai penulis ialah *bibliography research* atau studi pustaka yang bersifat kualitatif. Data yang diambil dalam penelitian ini

¹⁹ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta : Buana Pustaka Cet. I, 2004) 138

²⁰ Jean Meus, *Algoritma dan Astronomi*, diterjemahkan oleh Dr. Ing Khafid, (edisi II, 1998) 83

²¹ KBBBI

²² Jean Meus, *Algoritma dan Astronomi*, diterjemahkan oleh Dr. Ing Khafid, (edisi II, 1998) 83 - 84

berasal dari sumber-sumber yang berkaitan serta bersangkutan dengan sumber dari buku, jurnal, makalah, artikel ataupun literatur yang diangkat peneliti.²³

2. Data yang dikumpulkan

Adapun data yang dikumpulkan terkait dengan penelitian yang membahas tentang Model Perhitungan Refraksi dan Pengaruhnya terhadap perhitungan ketinggian hilal.

a. Data Primer

Data primer yaitu data utama yang digunakan penulis dalam penyusunan penelitian. Data primer yang digunakan adalah model rumus refraksi yang digunakan untuk menghitung ketinggian hilal. Berdasarkan uraian diatas data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber primer.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang digunakan penulis untuk mendukung sebuah penelitian seperti teori – teori, Buku – buku Falak, Jurnal dan bacaan yang lainnya atau sebagai pelengkap data sekunder.

3. Sumber data

Sumber data yang dipakai oleh penulis ada dua jenis untuk penelitian ini, yaitu :

a. Sumber data primer

²³ Irfan Tamwifi, *Metode Penelitian*, (Sidoarjo : CV. Intan XII, 2014) 180

Sumber data primer yaitu referensi utama untuk memperoleh informasi penting terkait penelitian yang akan digunakan penulis, sumber primer dari penulis berupa :

- 1) Rumus Refraksi Atmosfir dalam Buku Algoritma Astronomi edisi kedua karya Jean Meeus
- 2) Data Ephemeris Kemenag 2022
- 3) Data Perhitungan Awal Bulan

b. Sumber data sekunder

Sumber data sekunder adalah data atau sumber yang penulis gunakan untuk melengkapi dan membantu sumber data primer. Tentang sumber data sekunder yang dipakai oleh penulis, yaitu buku atau skripsi-skripsi yang berkaitan dengan penelitian astronomi, penafsiran astronomi, kajian falak, terjemahan, karya ilmiah, laporan penelitian dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan pembahasan penelitian penulis. Serta kamus besar bahasa Indonesia dll.

4. Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan yang digunakan penulis adalah telaah dokumen. Teknik pengumpulan data adalah metode pengumpulan data yang dilakukan penulis berkaitan dengan data yang diangkat penulis. Penulis menganalisis data-data yang berkaitan dengan mengumpulkan dan menganalisis dari bermacam literatur yang berhubungan dengan penelitian yang diangkat serta seperti: buku-buku karya ilmiah, buku-buku terjemahan, jurnal-jurnal dan karya tulis yang berkaitan dengan penelitian, laporan-laporan hasil penelitian sebelumnya, yang

terutama berhubungan dengan kajian astronomi dan falak. Semua itu dilaksanakan untuk mendapatkan data yang asli dan konsisten.²⁴

5. Metode analisis data

Metode analisis data yang digunakan oleh penulis yaitu metode analisis komparatif deskriptif yang menjelaskan model-model rumus refraksi yang digunakan untuk menghitung ketinggian hilal. Kemudian menyebutkan pengaruhnya terhadap perhitungan ketinggian hilal. Metode analisis data yang penulis lakukan adalah mempelajari data yang terkumpul kemudian dapat menemukan kesimpulan yang menjadi jawaban dari permasalahan dalam pertanyaan penelitian.²⁵ Ada dua metode analisis data yang dilakukan oleh penulis :

a. Tahap pengumpulan data

Tahap pengumpulan data yaitu tahap awal yang dilakukan penulis untuk memperoleh dan mengumpulkan data yang diperlukan dari berbagai literatur dan sumber data yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada step ini, penulis menyelesaikan kegiatan mengumpulkan data dari beberapa buku dan data terkait dengan model perhitungan refraksi dari Buku Jean Meeus yang digunakan untuk perhitungan di dalam Data Ephemeris Kemenag Data Awal Bulan Kamariah kemudian akan dijelaskan pengaruh perhitungan ketinggian hilal lihat (*irtifa' hilal mar'i*).

²⁴ Irfan Tamwif, *Metode Penelitian*, (Sidoarjo : CV. Intan XII, 2014) 187

²⁵ *Ibid.*, 240

b. Tahap analisis data

Tahap analisis data, pada tahap ini penulis akan menambahkan beberapa argumentasi penulis untuk menganalisis data yang terkumpul yang ada kaitannya dengan penelitian. Pada tahap perbandingan juga ditambahkan dengan data-data yang sudah dikupulan dari proses penumpulan data sebelumnya dan tentunya sesuai dengan kajian yang dilakukan. Setelah tahapan ini selesai, penulis akan mendapat hasil dan kesimpulan dari beberapa tahapan yang sudah dilakukan dalam penelitian

Penulis dalam penelitian ini menggunakan metode analisis komparatif deskriptif, yaitu menguraikan hasil perbedaan Rumus Refraksi dari Buku Jean Meeus yang digunakan dalam Data Ephemeris Kemenag 2022 dan dari Data Awal bulan Kamariah. Hasil dari perhitungan tersebut nantinya akan dijelaskan rumus mana yang ideal dan efisien untuk perhitungan awal Bulan serta pengaruh perhitungannya terhadap ketinggian hilal lihat (irtifa' hilal mar'i).

I. Sistematika Pembahasan

Agar kepenulisan dalam skripsi ini tersusun dengan rapi serta tersusun dengan yang dikehendaki penulis, maka penulisan penelitian ini akan dibagi menjadi lima bab pembahasan yang terdiri dari beberapa subbab dan antara subbab saling berkaitan dengan menggunakan sistematika sebagai berikut:

Bab Pertama adalah pendahuluan, pendahuluan yakni pengantar dalam penelitian yang tersusun atas latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah

batasan masalah, tujuan penelitian, kegunaan penelitian, kajian pustaka, definisi operasional, metode penelitian dan sistematika pembahasan.

Bab Kedua berisi tentang metode perhitungan dan hisab awal Bulan Hijriah yang akan memuat definisi awal bulan secara fiqih dan tata cara perhitungan hisab awal Bulan Kamariah. Pada bab ini akan dipaparkan perhitungan awal bulan, tinjauan umum perhitungan hisab dalam ilmu falak, pengertian kedudukan dan dasar hukum hisab serta langkah – langkah perhitungan awal Bulan Kamariah secara hisab dengan menggunakan sistem Ephemeris.

Bab Ketiga menjelaskan tentang Model Rumus Perhitungan Refraksi yang digunakan untuk menghitung ketinggian hilal dalam Buku Jean Meeus dan dalam Data Ephemeris Kemenag 2022. Kemudian akan dicantumkan contoh dan penyajian perhitungan Refraksi dari Rumus dari Buku Jean Meeus dan dari Rumus Data Ephemeris Kemenag 2022.

Bab Keempat menjelaskan tentang Analisis Pengaruh Model Perhitungan Refraksi Terhadap Penentuan Ketinggian Hilal. Pada bab ini akan menguraikan tentang rumus refraksi yang efisien digunakan untuk menghitung ketinggian hilal menggunakan Rumus Refraksi dari Buku Jean Meeus.

Bab Kelima Penutup merupakan pada bab terakhir ini berisi tentang kesimpulan yang menguraikan dan menjawab dari keseluruhan permasalahan dari rumusan masalah, kemudian saran – saran berisi kelebihan dan kekurangan dari penelitian ini dan permintaan maaf dari penulis.

BAB II
AWAL BULAN KAMARIAH SECARA FIQH DAN METODE
PERHITUNGAN EPHEMERIS

A. Fiqh Awal Bulan Kamariah

Sistem penanggalan merupakan ukuran satuan waktu yang dipakai untuk mencatat dan mengingat kejadian-kejadian penting, baik yang terjadi di lingkungan sekitar, kejadian alam, maupun di dalam kehidupan manusia. Satu-satuan waktu tersebut terdiri dari hari, tanggal, bulan dan tahun.¹ Kalender atau penanggalan untuk menentukan awal Bulan Kamariah dalam Islam merupakan sistem yang digunakan untuk penyusunan satuan waktu dengan tujuan proses dan perhitungan waktu dalam jangka yang panjang. Kalender sangat erat kaitannya dengan kehidupan manusia karena memegang peranan penting untuk menentukan waktu. Suatu kegiatan yang sering kita rencanakan dan catat serta momen yang kita abadikan menggunakan hari, tanggal, bulan, dan tahun tertentu. Namun sebagian besar yang kita gunakan dan kita ingat adalah kalender Masehi atau Gregorian dan bukan kalender Hijriah yang kita ingat. Padahal kalau diingat lagi kita sebagai umat Islam sendiri yaitu kalender Hijriyah.²

Bulan Kamariah atau Hijriyah yaitu sistem penanggalannya berdasarkan sistem edar Bulan mengelilingi Bumi atau yang disebut dengan metode *qamariyah* atau *lunar system*. Masyarakat Arab pada zaman dahulu menggunakan sistem

¹ Ahmad Muhammad Syakir, *Menentukan Hari Raya dan Awal Puasa*, (Surabaya : Pustaka Progresif, 1993) 55

² Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, Cet. II, (Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2008) 115

peredaran Bulan untuk menentukan sistem penanggalan. Tetapi mereka belum mempunyai acuan atau perhitungan yang tepat dan tetap untuk menentukan penanggalan tiap tahunnya. Jadi untuk menentukan dan mengingat suatu kejadian mereka menggunakan suatu kejadian yang besar dan bersejarah sebagai acuan atau pangkal perhitungan tahun seperti contoh tahun Gajah dimana terjadi peristiwa penyerangan raja Abrahah ke Mekkah dengan mengendarai gajah.³

Pada sistem penanggalan terdiri dari dua garis besar sistem yaitu sistem pada peredaran Bumi mengelilingi Matahari yang disebut dengan sistem *syamsiyah*, *solar system* atau tahun surya. Lalu ada sistem penanggalan yang peredarannya berdasarkan Bulan mengelilingi Bumi yang disebut dengan sistem *qamariyah*, *lunar system* atau tahun candra.⁴ Sistem penanggalan *qamariyah* atau *lunar system* atau yang disebut dengan kalender Hijriah atau Kamariah ini sebelumnya sudah dipakai oleh masyarakat Arab pada zaman pra Islam dan juga dari sejumlah kelompok- kelompok tertentu seperti Yahudi, India, Cina akan tetapi dalam bentuk lain.⁵

Lama satu tahun dalam penanggalan *syamsiah* berdasarkan pada sistem kalender Julian yaitu 366 hari untuk tahun kabisat dan 365 hari untuk tahun basithah. Sementara itu untuk penanggalan *qamariyah* lama dalam satu tahun yaitu 355 hari. Dapat disimpulkan penanggalan *syamsiah* lebih lama daripada penanggalan *qamariyah* dengan selisih 10 atau 11 hari setiap tahunnya.

³ Mery Fitriyani, "Pendapat Empat Mazhab tentang Mathla' dalam Penentuan Awal Bulan Hijriah (Perspektif Astronomi)" (Skripsi - IAIN Raden Intan, Lampung, 2017) 30

⁴ Ahmad Thaha, *Astronomi dalam Islam*, (Surabaya : PT. Bina Ilmu, 1983) 82

⁵ Muhammad Jamaluddin el – Fandy, *On Cosmic Verses In The Al – Quran*, diterjemahkan oleh Abdul Bar Salim, *Al- Quran Tentang Alam Semesta*, Cet. IV, (Jakarta : Amzah, 2013) 106

Penanggalan *syamsiah* dan *qamariah* juga mencakup dari 12 bulan. Bulan-bulan dalam penanggalan *syamsyah* terdiri 30 dan 31 hari kecuali untuk bulan Februari yaitu 28 hari untuk tahun bashitah dan 29 hari untuk tahun kabisat.⁶ Hal ini tercantum pada surat at – Taubah ayat 36 – 37 :

إِنَّ عِدَّةَ الشُّهُورِ عِنْدَ اللَّهِ اثْنَا عَشَرَ شَهْرًا فِي كِتَابِ اللَّهِ يَوْمَ خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ مِنْهَا أَرْبَعَةٌ حُرْمٌ ذَلِكَ الدِّينُ الْقَيِّمُ فَلَا تَظْلِمُوا فِيهِنَّ أَنْفُسَكُمْ ...

“Sesungguhnya bilangan bulan pada sisi Allah adalah dua belas bulan, dalam ketetapan Allah di waktu Dia menciptakan langit dan bumi, di antaranya empat bulan haram. Itulah (ketetapan) agama yang lurus, maka janganlah kamu menganiaya diri kamu dalam Bulan yang empat itu... (QS. At – Taubah [9] : 36-37)⁷

Pada Q.S At-Taubah [9] ayat 37-37 dijelaskan bahwa sebenarnya bilangan Bulan adalah 12 bulan atas perintah Allah, yang terjadi akibat perputaran Bulan dan penentuan perputarannya. Karena Allah menciptakan langit dan bumi dan seisinya sesuai urutan yang diketahui, sama halnya ada siang dan malam sampai saat ini dan memaparkan Bulan-Bulan Haram (Muharram, Zulkaidah, Zulhijah dan Rajab). Bulan Haram adalah bulan-bulan yang tidak diperbolehkan berperang.⁸

Lama satu Bulan Kamariah yang mengacu pada siklus sinodik Bulan yaitu 29 hari 12 jam 44 menit 3 detik.⁹ Satu periode Bulan sinodis bukanlah waktu yang dibutuhkan Bulan untuk mengitari Bumi dalam satu kali putaran penuh, tetapi waktu yang berbeda antara dua posisi sama yang dibuat oleh Matahari, Bulan dan

⁶ Keki Febryanti, “Sistem Hisab Kontemporer dalam Menentukan Ketinggian Hilal (Perspektif Ephemeris dan Almanak Nautika)”, Skripsi – UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang (2011) 19

⁷ Q.S At – Taubah [9] : 36-37

⁸ Mustafa Al – Maraghiy, Tafsir Al – Maraghiy, diterjemahkan oleh Hery Noer Ali dkk, *Terjemah Tafsir Al – Maraghiy*, Cet. I, (Semarang : Toha Putra, 1987) 193

⁹ Abd Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis (Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah)*, (Surabaya : Imtiyaz, 2016) 143

Bumi. Waktu tersebut lebih panjang daripada yang digunakan Bulan untuk mengitari Bumi satu kali putaran penuh. Sedangkan waktu yang digunakan Bulan untuk mengelilingi Bumi dalam satu kali putaran penuh disebut dengan siklus siderik Bulan. Lama siklus siderik Bulan yaitu 27 hari 7 jam 43 menit 11.5 detik.¹⁰

Ketentuan Bulan Kamariah pada al – Qur’an surat al – Baqarah[2] ayat 189:

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْأَهْلِ قُلْ هِيَ مَوَاقِيْتُ لِلنَّاسِ وَالْحَجِّ ...

“Mereka bertanya kepadamu tentang bulan sabit. Katakanlah: "Bulan sabit itu adalah tanda-tanda waktu bagi manusia dan (bagi ibadat) haji... (QS. Al – Baqarah [2] : 189) ¹¹

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah dengan hati-hati menciptakan siang dan malam dan silih bergantinya dengan kekuasaan-Nya. Serta perubahan ini juga berguna bagi seluruh umat manusia dalam kehidupan sehari-hari. Pergantian siang dan malam juga dapat digunakan untuk mengetahui dan menghitung jumlah hari, bulan dan tahun, selain itu juga dapat digunakan untuk menentukan waktu muamalah dan waktu untuk ibadah. ¹²

Menentukan awal Bulan Kamariah amat krusial bagi seluruh umat Islam untuk melakukan kewajiban ibadah seperti salat, puasa haji dan hari-hari besar lainnya yang berkaitan dengan Bulan Kamariah. Benda-benda di langit alam semesta ini termasuk langit, Bumi dan seluruh isinya mempunyai tempat, orbit yang tetap dan kontan, pasti dan tidak berubah, sehingga akan menghasilkan data akurat dan konstan apabila diamati dan diobservasi dengan cermat dan teliti secara

¹⁰ Farid Ruskanda, *100 Masalah Hisab dan Rukyah*, (Jakarta : Gema Insan Pers, 1994) 35

¹¹ Q.S Al – Baqarah [2] : 189

¹² Ibnu katsir, *Mukhtasor Tafsir Ibnu Katsir*, diterjemahkan oleh Salim Bahreisy dan Said Bahreisy, jilid 5, (Surabaya : PT. Bina Ilmu) 16

berulang-ulang. Umat Islam seringkali mengalami perbedaan untuk menentukan awal Bulan Kamariah, peristiwa seperti ini akan menjadikan perbedaan dalam memulai ibadah puasa Ramadhan, hari raya idul fitri dan juga hari raya idul adha. Terjadinya perbedaan tersebut dalam spectrum lokal, nasional maupun internasional yang mempunyai selisih terkadang tidak hanya satu hari bahkan sampai dua hari atau lebih.¹³

Pada al – Qur’an surat Yunus[10] ayat 5 yang berbunyi :

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ (٥)

“Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui (5)”. (QS. Al – Yunus [10] : 5)¹⁴

Ayat al-Qur’an tersebut menjelaskan bahwasannya dapat dilakukannya perhitungan waktu, hari, tanggal, bulan dan tahun karena Matahari dan Bulan beredar pada orbitnya. Berawal dari perputaran matahari dan bulan memunculkan metode kalender yang dikenal, yaitu kalender yang penentuannya didasarkan pada sistem peredaran Matahari disebut *solar system*, kalender yang perhitungannya didasarkan pada peredaran disebut *lunar system*. Saat ini kalender yang digunakan oleh seluruh umat manusia dan digunakan secara internasional adalah kalender Gregorian atau kalender Masehi yang menerapkan sistem peredaran Matahari. Serta penanggalan Hijriah adalah penanggalan yang sistemnya menggunakan siklus

¹³ Nurul Badriyah dan Faisal, “Penetapan Awal Bulan Dengan Metode Ittihadul Mathla’ Di Indonesia”, *Al-Qadha*, vol. 5, no. 1, (Juli, 2018) 48

¹⁴ Q.S Al – Yunus [10] : 5

bulan. Rasulullah menyebutkan dalam sebuah hadits untuk menetapkan masuknya awal Bulan yaitu dengan melihat hilal (*rukyatul hilal*).¹⁵

Penetapan awal Bulan dalam Islam yaitu kebanyakan menentukan awal bulan Ramadhan, Syawal dan Zulhijah. Ada dua perbedaan di kalangan ahli dan dua metode yang sering mendominasi yaitu penentuan dengan metode rukyat dan perhitungan (*hisab*). Meskipun saat ini banyak ulama rukyat yang telah menerima cara perhitungan tersebut, namun perhitungan tersebut hanya digunakan sebagai alat bantu, bukan untuk menentukan awal bulan. Mengenai penerimaan pemahaman perhitungan rukyat, ditetapkan syarat-syaratnya, yaitu tinggi bulan baru 3° dan sudut elongasi 6.4 setelah terjadinya *ijtima'* sebelum terbenamnya Matahari pada akhir bulan berjalan. Di sisi lain, ada perbedaan metode, sistem, teknik atau metode perhitungan untuk memahami perhitungan, sehingga para ahli perhitungan pun memiliki perbedaan dalam menentukan awal Bulan.¹⁶

B. Hisab Awal Bulan dan Langkah-Langkah Perhitungannya Secara Ephemeris

Hisab dari segi bahasa dan isitilah, dari segi bahasa berasal dari bahasa Arab dalam bentuk kata kerja bahasa masdar yang mempunyai arti perhitungan. Sedangkan dari segi istilah adalah perhitungan yang ada kaitannya dengan benda langit seperti Matahari, Bulan dan lainnya dengan sistem yang khusus untuk menghitung awal waktu salat dan awal Bulan.¹⁷ Hisab merupakan perhitungan pada

¹⁵ Bustanul Iman RN, "Penetapan Awal Bulan Qamariyah Perspektif Fiqh", *Jurnal Hukum Diktum*, vol. 14, no.1, (Juni, 2016) 53

¹⁶ Bustanul Iman RN, "Penetapan Awal Bulan Qamariyah Perspektif Fiqh", *Jurnal Hukum Diktum*, vol. 14, no.1, (Juni, 2016) 54

¹⁷ H. Muhammad Hamidy, *Menuju Kesatuan Hari Raya*, (Surabaya : PT. Bina Ilmu, 1995) 4

awal bulan Kamariah berdasarkan peredaran Bulan mengelilingi Bumi. Pada metode ini dapat menentukan awal Bulan tanpa mengacu pada matahari terbenam sebelum datangnya bulan baru, dan juga dapat menentukan awal masuknya Bulan seperti ramadhan, syawal, zulhijah serta hari-hari besar Islam lainnya serta dapat juga waktu awal dan akhir waktu ibadah seperti salat dan puasa. Hisab pun juga bisa sebagai penyaji data untuk kepentingan masyarakat.

Sistem hisab adalah sistem yang memperkirakan kapan waktu terjadinya awal Bulan Kamariah dan kapan terjadinya *ijtima'* yang digunakan untuk mengetahui waktu beribadah. Beberapa ahli hisab juga mengatakan bahwa *ijtima'* yang terjadi sebelum matahari terbenam sudah menandakan datangnya hilal. Ada juga ahli hisab yang menghitung kenampakan atau ketinggian hilal saat Matahari terbenam dari ufuk. Meskipun penerapan sistem ini untuk menghitung dan menentukan awal Bulan diperdebatkan dan terkait dengan pelaksanaan ibadah, namun penggunaan metode perhitungan ini efektif digunakan untuk menghitung dan menentukan penyusunan kalender awal Bulan Kamariah.¹⁸

Terdapat sejumlah sistem untuk menentukan awal Bulan Kamariah, salah satunya yaitu menggunakan sistem hisab Ephemeris. Asal mula perhitungan Ephemeris yaitu diadopsi dari American Ephemeris, yang dikembangkan Departemen Astronomi Institut Teknologi Bandung (ITB) dan saat ini dijadikan patokan oleh Departemen Agama untuk menentukan awal Bulan Kamariah seperti

¹⁸ Keki Febryanti, "Sistem Hisab Kontemporer dalam Menentukan Ketinggian Hilal (Perspektif Ephemeris dan Almanak Nautika)", Skripsi – UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang (2011) 32

Bulan ramadhan, syawal dan zulhijah.¹⁹ Selain itu Ephemeris sama halnya juga di dapat dan diperoleh melalui software WinHisab atau aplikasi yang didalamnya juga berisi data-data astronomis.. Data yang yang juga dibutuhkan pada sistem perhitungan Ephemeris yaitu data-data Bulan dan Matahari, sebagai berikut²⁰ :

1. Data Matahari, mencakup:

- a. Bujur astronomis Matahari (*Ecliptic Longitude*), adalah titik Aries dari jarak Matahari yang diukur sepanjang lingkaran Ekliptika.
- b. Lintang astronomis Matahari (*Ecliptic Latitude*), adalah jarak titik pusat Matahari dari titik pusat lingkaran Ekliptika yang diukur sepanjang lingkaran Ekliptika.
- c. Panjang tegak (*Apparent Right Ascension*), adalah jarak Matahari dari titik Aries sepanjang lingkaran Ekuator.
- d. Deklinasi Matahari (*Apparent Declination*), adalah jarak antara Matahari dari ekuator diukur sepanjang lingkaran deklinasi atau dapat didefinisikan sebagai lingkaran besar yang mengelilingi bola langit dan melalui titik kutub (KU-KS). Jika nilai deklinasi positif maka Matahari berada di Utara garis ekuator dan jika Matahari nilai deklinasi negatif maka Matahari berada di Selatan garis ekuator.

¹⁹ Akh. Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar – Dasar Hisab Praktis)*, cet III, (Sidoarjo : Grafika Media, 2015) 141

²⁰ Shintya Khusnatul Fadhillah, “Studi Komparasi Perhitungan Awal Bulan Kamariah Antara Kitab Tashilul Al- Amsilah Dengan Ephemeris”, Skripsi – UIN Sunan Ampel, Surabaya (2021) 29

- e. Jarak Geosentris (*True Geocentric Distance*), adalah jarak antara Bumi dan Matahari. Nilai dari data tersebut adalah jarak rata-rata antara Bumi dan Matahari, yaitu sekitar 150 juta kilometer. Karena Bumi mengorbit Matahari dalam bentuk elips, jarak antara Bumi dan Matahari tidak selalu sama. Jarak terjauh disebut apogee sedangkan jarak terdekat disebut perigee.
- f. Kemiringan Ekliptika (*True Obliquity*), adalah kemiringan ekliptika dilihat dari ekuator.
- g. Perata Waktu (*Equation Of Time*), adalah selisih antara waktu kulminasi Matahari pertengahan (rata-rata) dengan waktu kulminasi Matahari hakiki.

2. Data Bulan, mencakup :

- a. Bujur Astronomis Bulan (*Apparent Longitude*), yaitu jarak dari titik Aries sampai titik perpotongan antara lingkaran kutub ekliptika yang melewati Bulan dengan lingkaran ekliptika yang diukur sepanjang lingkaran ekliptika.
- b. Lintang Astronomis Bulan (*Apparent Latitude*), yaitu jarak antara lingkaran kutub sepanjang lingkaran ekliptika yang diukur dengan Bulan.
- c. Bujur Vertikal (*Apparent Right Ascension*), yaitu jarak antara titik Aries dengan perpotongan lingkaran deklinasi melalui Bulan di ekuator, diukur sepanjang lingkaran ekuator.
- d. Deklinasi Bulan (*Apparent Declination*), yaitu jarak antara Bulan dari ekuator diukur sepanjang lingkaran Deklinasi, yaitu lingkaran besar yang mengelilingi bola Langit dan melalui titik kutub Langit. Nilai Deklinasi

positif artinya Bulan berada di Utara garis Ekuator, sedangkan nilai negatif artinya Bulan berada di Selatan garis Ekuator.

- e. Beda Lihat (*Horizontal Parallax*), yaitu sudut antara garis yang ditarik pusat Bulan saat berada di cakrawala menuju pusat Bumi, dan garis yang ditarik dari pusat Bulan saat menuju permukaan Bumi
- f. Jari-jari Piringan Bulan (*Semi Diameter*), yaitu jarak antara piringan luar Bulan dengan titik pusat Bulan.
- g. Sudut kemiringan Bulan (*Angle Bright Limb*), yaitu kemiringan piringan hilal, yang mengeluarkan cahaya dari Matahari ke arah posisi hilal. Sudut ini diukur searah jarum jam dari garis yang menghubungkan pusat bulan baru ke titik zenit hingga garis yang menghubungkan pusat bulan baru ke pusat Matahari.
- h. Fase Bulan (*Fraction Illumination*), yaitu area cakram Bulan yang menerima sinar Matahari yang mengarah ke Bumi. Harga iluminasi ketika bulan purnama adalah satu.

Langkah-langkah perhitungan awal Bulan Kamariah dengan menggunakan perhitungan Ephemeris adalah :

1. Menghisab waktu yang akan dihisab, yang terdiri dari bulan dan tahun, misalnya awal Ramadhan 1443H.
2. Menentukan tempat, lokasi atau markaz yang akan dihisab, lalu mencari titik koordinat tempat lokasi yang terdiri dari bujur tempat, lintang tempat, dan ketinggian tempat dari atas ketinggian laut (mdpl).

3. Mengkonversi tanggal dari kalender Kamariah atau Hijriah ke kalender Gregorian atau Masehi yang ada hubungannya dengan pengambilan data. Menggunakan perhitungan konversi tanggal 29 pada bulan sebelumnya. Contoh menghisab awal Ramadhan yang dikonversi yaitu tanggal 29 Sya'ban.
4. Menemukan *Fraction Illumination Bulan* (FIB) yang terkecik dalam data WinHisab atau data Ephemeris astronomis. Lalu melihat FIB pukul berapa yang terjadi.
5. Menghisab Sabaq Matahari (B_1), ialah tiap jamnya kecepatan Matahari, menggunakan cara menghisab selisih antara data pada *Ecliptic Longitude* Matahari (ELM) pada jam FIB terkecik dengan ELM pada satu jam selanjtnya. Apabila FIB terkecik terjadi di jam 24 maka satu jam selanjutnya adalah jam 1 pada tanggal dan hari selanjutnya.
6. Menghisab Sabaq Bulan (B_2), ialah tiap jamnya kecepatan Bulan, menggunakan cara menghisab selisih antara data pada *Apparent Longitude* Bulan (ALB) di jam FIB terkecik dengan ALB pada satu jam selanjutnya. Apabila FIB terkecik terjadi di jam 24, maka satu jam selanjutnya adalah jam 1 pada tanggal dan hari selanjutnya.
7. Menghisab jarak Matahari dan Bulan (MB) dengan cara :

$$MB = ELM - ALB$$

Catatan : Data yang diambil adalah data ELM dan ALB yang terkecil di FIB

8. Menghisab Sabaq Bulan Muaddal (SB), ialah kecepatan Bulan yang pasti terhadap Bumi. Menggunakan cara :

$$SB = B_1 - B_2$$

9. Menghisab titik *ijtima'* (TI), menggunakan cara :

$$TI = MB / SB$$

10. Menghitung *ijtima'* dengan cara :

$$Ijtima' = \text{Waktu FIB} + \text{ELM} - \text{ALB}.$$

Catatan: *Ijtima'* merupakan waktu di daerah Indonesia yang dapat disesuaikan dengan koreksi waktu daerah tertentu dan mengacu pada waktu UT.

11. Memperkirakan waktu Matahari terbenam (*ghurub*) sesuai dengan waktu *universal* (UT) pada tanggal terjadinya *ijtima'* tersebut tanpa *ikhtiyat*. Waktu Matahari terbenam dapat diketahui melalui perhitungan sebagaimana menghitung waktu Magrib atau dengan melihat almanak nautika.

12. Mempesiapkan data untuk menghitung Deklinasi Matahari (*Apparent Declination*), Semi Diameter Matahari, Perata Waktu (*Equation of Time*) yang terdapat pada tabel Ephemeris pada saat Matahari terbenam mengikuti waktu UT menggunakan sistem interpolasi :

- a. Deklinasi Matahari (δ_m) pada kolom *Apparent Declination* Matahari.
- b. Semi Diameter Matahari (SD_m) pada kolom Semi Diameter Matahari.
- c. Perata Waktu (e) pada kolom *Equation of Time*.

13. Menghisab Tinggi Matahari (h_i), dengan cara :

$$h_i = - (SD_m + 0^\circ 34,5' + Dip)$$

14. Menghisab Sudut Waktu Matahari (t_m), dengan cara :

$$\cos t_m = -\tan \varphi \times \tan \delta_m + 1 : \cos \varphi \times 1 : \cos \delta_m \times \sin h_i$$

15. Menghisab waktu Matahari terbenam (*ghurub*), dengan cara :

$$\text{Ghurub} = 12 - e + (t_m : 15) - (\lambda : 15)$$

Catatan: Ini adalah berdasarkan waktu UT, untuk waktu daerah Indonesia disesuaikan dengan konversi waktu.

16. Menghisab *Asensio Rekta* Matahari di tabel kolom *Apparent Ascension* Matahari (AR_m) pada waktu Matahari terbenam mengikuti jam *universal* (UT) menggunakan cara interpolasi.

17. Menghisab *Asensio Rekta* Bulan di tabel kolom *Apparent Ascension* Bulan (AR_b) pada waktu Matahari terbenam mengikuti jam *universal* (UT) menggunakan cara interpolasi.

18. Menghisab Deklinasi Bulan di tabel kolom *Apparent Declination* (δ) Bulan pada saat Matahari terbenam mengikuti jam *universal* (UT) menggunakan cara interpolasi.

19. Menghisab Semi Diameter Bulan (SD_b) di tabel kolom Semi Diameter Bulan saat Matahari terbenam mengikuti jam *universal* (UT) menggunakan cara interpolasi.

20. Menghisab *Horizontal Parallax* Bulan (HP_b) di kolom *Horizontal Parallax* waktu Matahari terbenam mengikuti jam *universal* (UT) menggunakan cara interpolasi.

21. Menghisab sudut waktu Bulan (t_b) dengan cara sebagai berikut:

$$t_b = AR_m - AR_b + t_m$$

22. Menghisab tinggi hilal hakiki (h) dengan rumus sebagai berikut:

$$h = \sin^{-1} (\sin \varphi \times \sin \delta_b + \cos \varphi \times \cos \delta_b \times \cos t_b)$$

23. Menghisab *Parallax* Bulan (P_b) dengan cara sebagai berikut:

$$P_b = \cos h \times HP_b$$

24. Menghisab tinggi hilal (h_o) dengan cara sebagai berikut:

$$h_o = h - P_b + SD_b$$

25. Menghisab Refraksi (Ref) dengan rumus sebagai berikut:

$$a. \text{ Refr} = 0.0167 : \tan (h_o + 7.31 : (h_o + 4.4))$$

$$b. \text{ Refr} = 0.1695 : \tan (h + 10.3 : (h + 5.1255))$$

Catatan: Jika h_o lebih kecil daripada $-00^\circ 34' 30''$ maka harga refraksi sebesar $00^\circ 34' 30''$.

26. Menghisab tinggi hilal *mar'i* (h') dengan rumus sebagai berikut:

$$h' \text{ atas} = h_o + \text{Ref} + \text{Dip.}$$

$$h' \text{ tengah} = h' \text{ atas} - \text{SDB}$$

$$h' \text{ bawah} = h' \text{ tengah} - SDb$$

Catatan: Jika hasilnya positif, maka hilal berada di atas Ufuk *mar'i*, namun jika hasil negatif maka hilal berada di bawah ufuk *mar'i*.

27. Menghisab *Nisful Fudhlah* Bulan (NF_b) menggunakan cara :

$$\sin NF_b = (\sin \varphi \times \sin \delta_b) : (\cos \varphi \times \cos \delta_b)$$

28. Menghisab *Parallax Nisful Fudhlah* (PNF) menggunakan cara :

$$PNF = \cos NF_b \times HP_b$$

29. Menghisab setengah busur siang Bulan hakiki (SBSH) dengan cara :

$$SBSH = 90 + NF_b$$

30. Menghisab setengah busur siang Bulan (SBS_b) menggunakan cara :

Jika $SBSH \geq 90$, maka:

$$SBS_b = 90 + NF_b - PNF + (SD_b + 0,575 - Dip)$$

Jika $SBSH < 90$, maka:

$$SBS_b = 90 + NF_b + PNF - (SD_b + 0,575 + Dip)$$

31. Menghisab lama hilal (Lm_b) menggunakan cara :

$$Lm_b = (SBS_b - t_b) : 15$$

32. Menghisab waktu terbenam hilal (Tb) menggunakan cara :

$$Tb = Ghurub + Lm_b$$

33. Menghisab arah Matahari (A_m) menggunakan cara :

$$A_m = \text{Tan}^{-1} (1 : (-\sin \varphi : \tan t_m + \cos \varphi \times \tan \delta_m : \sin t_m))$$

34. Menghisab arah hilal (A_b) menggunakan cara :

$$A_b = \text{Tan}^{-1} (1 : (-\sin \varphi : \tan t_b + \cos \varphi \tan \delta_b : \sin t_b))$$

Bila hasilnya positif, maka Matahari atau hilal berada di Utara titik Barat. Bila hasilnya negatif, maka Matahari atau hilal berada di Selatan titik Barat.

35. Menghisab posisi hilal (PH) menggunakan cara :

$$PH = A_b - A_m$$

Catatan: Bila harga azimuth keduanya berbeda misalnya azimuth Matahari positif dan azimuth Bulan negatif maka posisi Bulan dan Matahari dihitung dengan mengurangi positif dengan 90 dan menambah negatif dengan 90 lalu menambah hasil keduanya. Jika hasilnya positif, maka hilal berada di Utara Matahari dan jika hasilnya negatif maka, hilal berada di Selatan Matahari.

36. Menghisab arah terbenam hilal (AT_b) menggunakan cara :

$$\text{Tan } AT_b = -\sin \varphi : \tan SBS_b + \cos \varphi \tan \delta_b : \sin SBS_b$$

37. Menghisab luas cahaya hilal (FI_b) dengan data pada tabel kolom *Fraction Illumination* Bulan saat waktu Matahari terbenam di jam *universal* (UT) menggunakan cara interpolasi.

38. Menghisab Sudut Kemiringan Hilal (MRG) menggunakan cara :

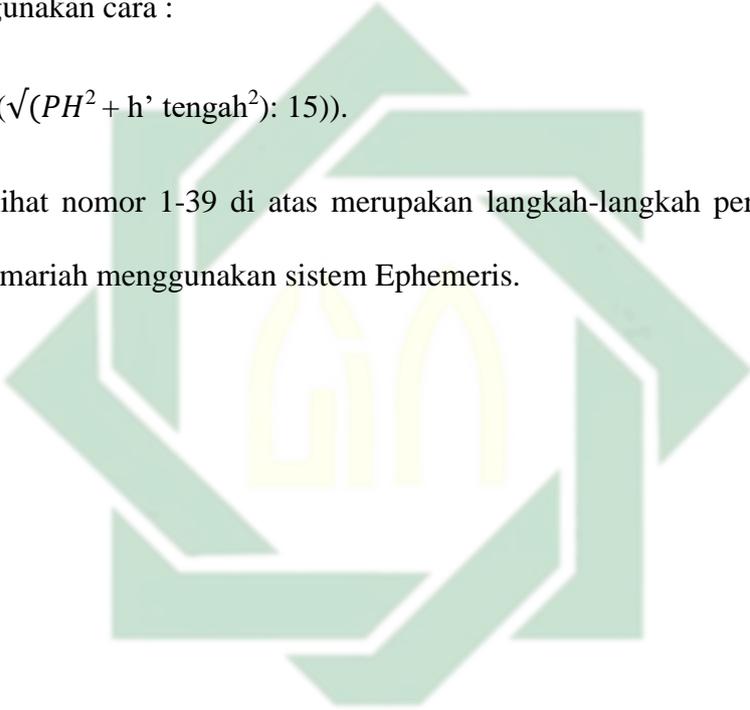
$$\text{Tan MRG} = \tan^{-1} (PH : h' \text{ tengah})$$

Jika $MRG \leq 15$ maka hilal terlentang Jika $MRG > 15$ dan PH positif maka hilal miring ke Utara Jika $MRG > 15$ dan PH negatif maka hilal miring ke Selatan.²¹

39. Menghisab Nurul Hilal (NH) menggunakan satuan hitung *ushbu'* dapat dihitung menggunakan cara :

$$NH = (\sqrt{(PH^2 + h' \text{ tengah}^2) : 15}).$$

Dapat dilihat nomor 1-39 di atas merupakan langkah-langkah perhitungan awal Bulan Kamariah menggunakan sistem Ephemeris.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

²¹ Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak*, (Jakarta:Pustaka Al-Kautsar, 2015) 215-222

BAB III

REFRAKSI

A. Pengertian Refraksi

Pengertian Refraksi dari buku (*Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*) karya Muhyidin Khazin, refraksi adalah selisih antara tinggi lengkungan tidak nyata pada garis pandang dan tinggi lengkung tidak nyata pada garis pandang yang sebenarnya. Fenomena ini mengakibatkan menghalangi adanya sinar atau cahaya Matahari. Refraksi yang ada karena sinar atau cahaya Matahari yang tiba di mata kita mengalami pembelokan atau pembengkokan yang ditangkap oleh mata kita, dan sebenarnya sinar yang datang adalah sinar dengan arah yang lurus.¹

Pengertian refraksi dari buku Ilmu Falak (*Dasar – Dasar Hisab Praktis*) karya Akh. Mukarram, refraksi ialah perbedaan menurut penglihatan antara tinggi benda langit yang kita lihat dengan tinggi benda langit yang senyatanya. Melalui koreksi ini yang dihisab adalah tinggi hilal lihat bukan tinggi hilal nyata. Keberadaan benda langit yang lebih kecil bilangannya menghasilkan refraksi yang lebih besar, sedangkan kedudukan benda langit yang lebih besar bilangannya menghasilkan refraksi yang lebih kecil. Untuk titik tertentu di zenit (tinggi = 90), refraksi memiliki nilai nol, sehingga sinar atau cahaya yang menabrak atmosfer dengan lurus tidak bergerak dan berubah arahnya. Sedangkan refraksi yang berlaku dengan harga kira-kira 35' yaitu benda langit yang sedang naik (terbit) dan turun

¹ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta : Buana Pustaka Cet. I, 2004) 138

(terbenam) dengan tinggi = 0° . Bisa diartikan saat Matahari terbenam, tepi piringannya yang sebelah atas bernilai $35'$ dibawah ufuk, atau titik pusatnya bernilai $35'$ lalu ditambahkan semidiameter matahari, bernilai $16'$) jadi $35' + 16' = 51'$ (dibawah ufuk). Serta dapat dikatakan tinggi Matahari terbenam = $-51'$.²

Pengertian refraksi menurut buku *Astronomi dan Algoritma* karya Jean Meeus, refraksi atau pembiasan atmosfer adalah pembelokan cahaya saat melewati atmosfer Bumi. Ketika cahaya menembus atmosfer Bumi akan melewati lapisan udara dengan densitas atau kerapatan yang meningkat, sehingga terjadi pembengkokan cahaya. Akibatnya, sebuah Bintang atau lapisan Matahari atau yang lainnya akan muncul lebih tinggi di langit daripada posisi yang sebenarnya. Refraksi atmosfer adalah nol di zenit dan semakin besar menuju ufuk. Pada ketinggian 45° , refraksi sekitar satu menit busur keberadaanya di ufuk bisa mencapai sekitar $35'$.³

B. Model – Model Perhitungan Refraksi Yang Digunakan Untuk Menghitung

Ketinggian Hilal

Refraksi yang penulis ketahui yaitu dari buku Jean Meeus. Ada dua rumus refraksi yang ada di buku tersebut dan salah satunya digunakan untuk menghitung

ketinggian hilal dengan sistem Ephemeris. Pertama $R = \frac{1}{\tan(h_0 + \frac{7.31}{h_0 + 4.4})}$, 1 atau

² Akh. Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar – Dasar Hisab Praktis)*, cet III, (Sidoarjo : Grafika Media, 2015)

³ Jean Meeus, *Algoritma dan Astronomi*, diterjemahkan oleh Dr. Ing Khafid, (edisi II, 1998) 83

$$0.0167 : \tan (H_o + 7.31 : (H_o + 4.4)) \text{ dan yang kedua } R = \frac{1.02}{\tan\left(h + \frac{10.3}{h+5.11}\right)}, 1.02$$

$$\text{atau } 0.01695 : \tan (h_b + 10.3 : (h_b + 5.1255)) .^4$$

C. Contoh Implementasi Rumus Perhitungan Refraksi dalam Perhitungan Awal

Bulan

Contoh perhitungan ketinggian awal Bulan *qamariah* menggunakan sistem

hisab Ephemeris dengan rumus refraksi petama $R = \frac{1}{\tan\left(h_o + \frac{7.31}{h_o + 4.4}\right)}$, 1 atau

$$0.0167 : \tan (H_o + 7.31 : (H_o + 4.4)).$$

1. Menentukan bulan dan tahun sebagai contoh, menghitung waktu *ijtima'* dan letak hilal menjelang bulan Rajab 1444 H.
2. Menentukan Tempat/ Markaz/ Lokasi

Perhitungan untuk lokasi Surabaya dengan posisi

$$\text{Lintang Tempat } (\varphi) = -07^\circ 15' 00''$$

$$\text{Bujur Tempat } (\lambda) = 112^\circ 45' 00''$$

Tinggi tempat = 10 meter di atas air laut

Zona Waktu = 7 GMT

3. Konversi Tanggal

⁴ Ibid., 84

29 Jumadil Akhir 1444 H atau tanggal 29 – 06 – 1444 H

Waktu yang telah dilalui sebanyak 1443 tahun, lebih 05 bulan, lebih 29 hari.

1443 tahun : 30 tahun = 48 daur lebih 3 tahun

48 daur = 48 x 10631 hari = 510288 hari

3 tahun = 3 x 354 = 1062 hari

05 bulan = (30 x 3) + (29 x 2) = 148 hari

29 hari = 29 hari +

Jumlah = 511527 hari

Selisih kalender Masehi – Hijriyah = 227016 hari

Anggaran baru Gregorius = 13 hari +

JUMLAH = 738556 hari

511527 : 7 = 73075.28571 lebih 2 = Sabtu

511527 : 5 = 102305.4 lebih 2 = Pahing

738556 : 1461 = 505.5140315 siklus lebih 751 hari

505 siklus = 505 x 4 = 2020 tahun

751 hari = 2 tahun lebih 21 hari

Waktu yang dilewati = 2022 + 0 bulan + 21 hari

Jadi 29 Rabiul Akhir 1444 H bertepatan 21 Januari 2023 (Sabtu Pahing).

Menyiapkan data astronomi pada tanggal 21 Januari 2023 M

4. FIB (*Fraction Illumination Bulan*) terkecil pada tanggal 21 Januari 2023 M yaitu

0.00188, pada jam 21 (GMT)

5. Menghisab Sabaq Matahri (B1)

ELM jam 21 = $301^{\circ} 32' 55.69''$

ELM jam 22 = $301^{\circ} 35' 28.39''$ –

Selisih (B1) = $0^{\circ} 2' 32.70''$

6. Menghisab Sabaq Bulan (B2)

ALB jam 21 = $301^{\circ} 36' 58.41''$

ALB jam 22 = $302^{\circ} 12' 25.75''$ –

Selisih (B2) = $0^{\circ} 38' 27.34''$

7. Menghisab Jarak Matahari dan Bulan (MB)

ELM jam 21 = $301^{\circ} 32' 55.69''$

ALB jam 21 = $301^{\circ} 36' 58.41''$ –

MB = $-0^{\circ} 4' 02.72''$

8. Menghisab Sabaq Bulan Muaddal

B2 = $0^{\circ} 38' 27.34''$

B1 = $0^{\circ} 2' 32.70''$ –

$$SB = 0^{\circ} 35' 54.64''$$

9. Menghisab Titik Ijtima' menggunakan cara :

$$TI = MB : SB$$

$$= -0^{\circ} 4' 02.72'' : 0^{\circ} 35' 54.64''$$

$$TI = -0^{\circ} 6' 45.54''$$

10. Menghisab Waktu *Ijtima'* menggunakan cara :

$$\text{Ijtima}' = \text{Waktu FIB terkecil} + TI + \text{Zona Waktu}$$

$$\text{FIB terkecil} = 21\text{j } 00\text{m } 00\text{d}$$

$$TI = \underline{-0^{\circ} 6' 45.54''} +$$

$$\text{Zona Waktu} = 07\text{j } 00\text{m } 00\text{d}$$

$$\text{Ijtima}' = 20\text{j } 53\text{m } 14.46\text{d}' = 3\text{j } 53\text{m } 14.46\text{d}$$

11. Menghisab Matahari terbenam (*Ghurub*) untuk Surabaya 21 Januari 2023 M

$$\varphi = -07^{\circ} 15' 00''$$

$$\lambda = 112^{\circ} 45' 00''$$

$$T_t = 10 \text{ m}$$

$$SD_m \text{ pk. 11} = 0^{\circ} 16' 15.12''$$

$$\delta_m \text{ pk. 11} = -19^{\circ} 54' 27.07''$$

$$e \text{ pk. 11} = -0\text{j } 11\text{m } 10.91\text{d}$$

$$\begin{aligned} \text{Dip} &= \sqrt{Tt \times 0.0293} \\ &= \sqrt{10 \times 0.0293} = 0^\circ 5' 33.94'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{hi} &= -(\text{SD} + 0^\circ 34' 30'' + \text{Dip}) \\ &= -(0^\circ 16' 15.12 + 0^\circ 34' 30'' + 0^\circ 5' 33.94'') \\ &= -0^\circ 56' 19.06'' \end{aligned}$$

Menghisab Sudut Waktu Matahari (t) dengan rumus

$$\begin{aligned} \cos t &= -\tan \varphi \times \tan \delta + 1 : \cos \varphi \times 1 : \cos \delta + \sin \text{hi} \\ &= -\tan -07^\circ 15' \times \tan -19^\circ 54' 27.07'' + 1 : \cos -07^\circ 15' \times 1 : \cos -19^\circ 54' \\ &\quad 27.07'' \times \sin -0^\circ 56' 19.06'' \end{aligned}$$

$$t = 93^\circ 38' 54.20''$$

$$t : 15 = 6^\circ 14' 35.61''$$

$$\text{Ghurub Matahari} = 12 - e + t : 15 + \text{KWD}$$

$$12 - e = 12^j 11^m 10.91^d$$

$$t : 15 = 6^j 14^m 35.61^d$$

$$\text{KWD} = -0^\circ 31' 00''$$

$$\text{Ghurub Matahari} = 17^j 54^m 46.52^d \text{ (LT)}$$

$$\text{Matahari terbenam} = 10^j 54^m 46.52^d \text{ (GMT)}$$

12. Menghisab Ijma' Qabla Ghurub tanggal 22 Januari 2022

$$\varphi = -07^{\circ} 15' 00''$$

$$\lambda = 112^{\circ} 45' 00''$$

$$T_t = 10 \text{ m}$$

$$SD_m \text{ pk. 11} = 0^{\circ} 16' 15.03''$$

$$\delta \text{ pk. 11} = -19^{\circ} 40' 54.60''$$

$$e \text{ pk. 11} = -0j 11m 27.54d$$

$$\begin{aligned} \text{Dip} &= \sqrt{T_t \times 0.0293} \\ &= \sqrt{10 \times 0.0293} = 0^{\circ} 5' 33.94'' \end{aligned}$$

Menghisab Tinggi Matahari menggunakan cara :

$$\begin{aligned} h_m &= -(SD + 00^{\circ} 34' 30'' + \text{Dip}) \\ &= -(0^{\circ} 16' 15.03'' + 0^{\circ} 34' 30'' + 0^{\circ} 5' 33.94'') \end{aligned}$$

$$h_m = -0^{\circ} 56' 18.97''$$

13. Menghisab Sudut Waktu Matahari menggunakan cara :

$$\begin{aligned} \cos t_m &= -\tan \varphi \times \tan \delta + 1 : \cos \varphi \times 1 : \cos \delta \times \sin h_m \\ &= -\tan -07^{\circ} 15' \times \tan -19^{\circ} 40' 54.60'' + 1 : \cos -07^{\circ} 15' \times 1 : \cos -19^{\circ} \\ &\quad 40' 54.60'' \times \sin -0^{\circ} 56' 18.97'' \end{aligned}$$

$$t_m = 93^{\circ} 36' 51.98''$$

$$t_m : 15 = 6^{\circ} 14' 27.47''$$

14. Menghisab Waktu Terbenam Matahari (*ghurub*) menggunakan cara :

$$\text{Ghurub} = 12 - e + (t_m : 15) + \text{KWD}$$

$$12 - e = 12\text{j } 11\text{m } 27.54\text{d}$$

$$t_m : 15 = 6\text{j } 14\text{m } 27.47\text{d}$$

$$\text{KWD} = 0\text{j } 31\text{m } 00\text{d}$$

$$\begin{aligned} \text{Ghurub} &= 12\text{ j } 11\text{m } 27.54\text{d} + 6\text{j } 14\text{m } 27.47\text{d} + -0\text{j } 31\text{m } 00\text{d} \\ &= 17\text{j } 54\text{m } 55.01\text{d} \end{aligned}$$

15. Data dari Ephemeris pada jam 10:54:55.01 (GMT)

a) Deklinasi matahari (δ_m)

$$\delta_m \text{ jam 10 (A)} = -19^\circ 40' 30''$$

$$\delta_m \text{ jam 11 (B)} = -19^\circ 40' 56''$$

$$\text{(C)} = 0^\circ 54' 5.01''$$

$$\frac{A - (A - B) \times C : I}{1} = \frac{1}{1}$$

$$A - (A - B) \times C : I = -19^\circ 40' 53.8''$$

$$\delta_m \text{ jam 10:54:55.01} = -19^\circ 40' 53.8''$$

b) Semi diameter matahari (SD_m)

$$\text{SD}_m \text{ jam 10 (A)} = 0^\circ 16' 15.04''$$

$$\text{SD}_m \text{ jam 11 (B)} = 0^\circ 16' 15.04''$$

$$(C) = 0^{\circ} 54' 55.01''$$

$$I = 1$$

$$A - (A - B) \times C : I = 0^{\circ} 16' 15.04''$$

$$SD_m \text{ jam } 10:54:501 = 0^{\circ} 16' 15.04''$$

c) Perata Waktu (*Equation of Time*) (e)

$$e \text{ jam } 10 \text{ (A)} = -0j \ 11m \ 29d$$

$$e \text{ jam } 11 \text{ (B)} = -0j \ 11m \ 30d$$

$$(C) = 0^{\circ} 54' 55.01''$$

$$I = 1$$

$$A - (A - B) \times C : 1 = -0^{\circ} 11' 29.92''$$

$$e \text{ jam } 10:54:55.01 = -0^{\circ} 11' 29.92''$$

16. Menghisab *Asensio Rekta* Matahari menggunakan sistem interpolasi

$$AR_m \text{ jam } 10 \text{ (A)} = 304^{\circ} 21' 36''$$

$$AR_m \text{ jam } 11 \text{ (B)} = 304^{\circ} 24' 14''$$

$$(C) = 0^{\circ} 54' 55.01''$$

$$I = 1$$

$$A - (A - B) \times C : 1 = 304^{\circ} 24' 0.61''$$

$$AR_m \text{ jam } 10:54:55.01 = 304^{\circ} 24' 0.61''$$

17. Menghisab *Asensio Rekta* Bulan menggunakan sistem interpolasi

$$AR_b \text{ jam 10 (A)} = 313^\circ 49' 13''$$

$$AR_b \text{ jam 11 (B)} = 314^\circ 28' 58''$$

$$(C) = 0^\circ 54' 55.01''$$

$$I = 1$$

$$A - (A - B) \times C : 1 = 314^\circ 25' 35.9''$$

$$AR_b \text{ jam 10:54:55.01} = 314^\circ 25' 35.9''$$

18. Menghitung Deklinasi Bulan dengan cara interpolasi

$$\delta_b \text{ jam 10 (A)} = -22^\circ 34' 25''$$

$$\delta_b \text{ jam 11 (B)} = -22^\circ 23' 44''$$

$$(C) = 0^\circ 54' 55.01''$$

$$I = 1$$

$$A - (A - B) \times C : 1 = -22^\circ 24' 38.31''$$

$$\delta_b \text{ jam 10:54:55.01} = -22^\circ 24' 38.31''$$

19. Menghisab Semi Diameter Bulan menggunakan sistem interpolasi :

$$SD_b \text{ jam 10 (A)} = 0^\circ 16' 44.63''$$

$$SD_b \text{ jam 11 (B)} = 0^\circ 16' 44.49''$$

$$(C) = 0^\circ 54' 55.01''$$

$$I = 1$$

$$A - (A - B) \times C : I = 0^\circ 16' 44.5''$$

$$SD_b \text{ jam } 10:54:55.01 = 0^\circ 16' 44.5''$$

20. Menghisab *Horizontal Parallaks* Bulan menggunakan sistem interpolasi

$$HP_b \text{ jam } 10 \text{ (A)} = 1^\circ 01' 27''$$

$$HP_b \text{ jam } 11 \text{ (B)} = 1^\circ 01' 26''$$

$$(C) = 0^\circ 54' 55.01''$$

$$I = 1$$

$$A - (A - B) \times C : I = 1^\circ 01' 26.08''$$

$$HP_b \text{ jam } 10:54:55.01 = 1^\circ 01' 26.08''$$

21. Menghisab Sudut Waktu Bulan menggunakan cara :

$$t_b = AR_m - AR_b + t_m$$

$$= 304^\circ 24' 0.6'' - 314^\circ 25' 35.9'' + 93^\circ 36' 51.98''$$

$$t_b = 83^\circ 35' 16.68''$$

22. Menghisab tinggi hilal hakiki menggunakan cara :

$$\sin h = \sin^{-1} (\sin \varphi \times \sin \delta_b + \cos \varphi \times \cos \delta_b \times \cos t_b)$$

$$= \sin^{-1} (\sin -07^\circ 15' \times \sin -22^\circ 24' 38.31'' + \cos -07^\circ 15' \times \cos -22^\circ$$

$$24' 38.31'' \times \cos 83^\circ 35' 16.68'')$$

$$= 8.657650122$$

$$h = 8^{\circ} 39' 27.54''$$

23. Menghisab *Parallaks* Bulan menggunakan cara :

$$P_b = \cos h \times HP_b$$

$$= \cos 8^{\circ} 39' 27.54'' \times 1^{\circ} 01' 26.08''$$

$$P_b = 1^{\circ} 0' 44.08''$$

24. Menghisab tinggi hilal menggunakan cara :

$$h_o = h - P_b + SD_b$$

$$h = 8^{\circ} 39' 27.54''$$

$$P_b = \underline{1^{\circ} 0' 44.08''} -$$

$$= 7^{\circ} 38' 43.46''$$

$$SD_b = \underline{0^{\circ} 16' 44.5''} +$$

$$h_o = 7^{\circ} 55' 27.96''$$

25. Menghisab Refraksi menggunakan cara :

$$\text{Refr} = 1 \text{ atau } 0.0167 : \tan (h_o + 7.31 : (h_o + 4.4))$$

$$\text{Refr} = 1 \text{ atau } 0.0167 : \tan (7^{\circ} 55' 27.96'' + 7.31 : (7^{\circ} 55' 27.96'' + 4.4))$$

$$= 0^{\circ} 6' 41.43''$$

26. Menghisab tinggi hilal mar'i

a) Tepi Atas (*Upper Limb*) menggunakan cara :

$$h' = h_o + \text{Refr} + \text{Dip}$$

$$h_o = 7^\circ 55' 27.96''$$

$$\text{Refr} = 0^\circ 6' 41.43''$$

$$\text{Dip} = \underline{0^\circ 5' 33.94''} +$$

$$h' \text{ atas} = 8^\circ 7' 43.33''$$

b) Pusat (*Center*) menggunakan cara :

$$h' \text{ tengah} = h' \text{ tepi atas} - \text{SD}_b$$

$$= 8^\circ 7' 43.33'' - 0^\circ 16' 44.5''$$

$$h' \text{ tengah} = 7^\circ 50' 58.83''$$

c) Tepi Bawah (*Lower Limb*) menggunakan cara :

$$h' \text{ bawah} = h' \text{ tengah} - \text{SD}_b$$

$$= 7^\circ 50' 58.83'' - 0^\circ 16' 44.5''$$

$$h' \text{ tepi bawah} = 7^\circ 34' 14.33''$$

27. Menghisab *Nishful Fudhlah* bulan menggunakan rumus :

$$\sin NF = (\sin \varphi \times \sin \delta_b) : (\cos \varphi \times \cos \delta_b)$$

$$= (\sin -07^\circ 15' \times \sin -22^\circ 24' 38.31'') : (\cos -07^\circ 15' \times \cos -22^\circ$$

$$24' 38.31'')$$

$$= 0.052462323 \text{ NF}$$

$$= 0^\circ 3' 8.86''$$

28. Menghisab Parallaks *Nishful Fudlah* menggunakan cara :

$$\text{PNF} = \cos \text{NF} \times \text{HP}_b$$

$$= \cos 0^\circ 3' 8.86'' \times 1^\circ 1' 26.08''$$

$$\text{PNF} = 1^\circ 1' 26.08''$$

29. Menghisab Setengah Busur Siang Bulan Hakiki menggunakan cara :

$$\text{SBSH} = 90^\circ + \text{NF}$$

$$= 90^\circ + 0^\circ 3' 8.86''$$

$$\text{SBSH} = 90^\circ 3' 8.86''$$

30. Menghisab Setengah Busur Siang Bulan (SBS_b) menggunakan cara :

Apabila $\text{SBSH} > 90$ maka menggunakan $90^\circ + \text{NF} + \text{PNF} + (\text{SD}_b + 0.575 + \text{Dip})$

Apabila $\text{SBSH} < 90$ maka menggunakan $90^\circ + \text{NF} + \text{PNF} - (\text{SD}_b + 0.575 + \text{Dip})$

Karena $\text{SBSH} > 90$ maka

$$\text{SBS}_b = 90^\circ + \text{NF} + \text{PNF} + (\text{SD}_b + 0.575 + \text{Dip})$$

$$= 90^\circ + 0^\circ 3' 8.86'' + 1^\circ 1' 26.08'' + (0^\circ 16' 44.5'' + 0.0575 +$$

$$0^\circ 5' 33.94'')$$

$$\text{SBS}_b = 91^\circ 30' 20.38''$$

31. Menghisab Lama Hilal diatas ufuk (L_m) menggunakan cara:

$$L_m = (SBS_b - t_b) : 15$$

$$= (91^\circ 30' 20.38'' - 83^\circ 35' 16.68'') : 15$$

$$L_m = 00j 31m 40.25d$$

32. Menghisab Waktu Terbenam Bulan menggunakan rumus :

$$\text{Terb} = \text{Ghurub} + L_m$$

$$= 17j 54m 55.01d + 00j 31m 15.11d$$

$$\text{Terb} = 18j 26m 35.26d$$

33. Menghisab Azimuth Matahari (A_m) menggunakan

$$A_m = \tan^{-1} \left(\frac{-\sin \varphi : \tan t_m + \cos \varphi \times \tan \delta_m : \sin t_m}{\sin 93^\circ 36' 51.98''} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{-\sin -07^\circ 15' : \tan 93^\circ 36' 51.98'' + \cos -07^\circ 15' \times \tan -19^\circ 40' 53.8''}{\sin 93^\circ 36' 51.98''} \right)$$

$$A_m = -70^\circ 1' 24.03 / -19^\circ 58' 35.97''$$

$$A_m = 250^\circ 1' 24.03''$$

34. Menghisab Azimut Bulan (A_b) menggunakan rumus :

$$A_b = \tan^{-1} \left(\frac{-\sin \varphi : \tan t_b + \cos \varphi \tan \delta_b : \sin t_b}{\sin 83^\circ 35' 16.68''} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{-\sin -07^\circ 15' : \tan 83^\circ 35' 16.68'' + \cos -07^\circ 15' \times \tan -22^\circ 24' 38.31''}{\sin 83^\circ 35' 16.68''} \right)$$

$$Ab = 66^{\circ} 56' 18.39'' / -21^{\circ} 40' 37.19''$$

$$Ab = 248^{\circ} 19' 22.8''$$

35. Menghisab Posisi Hilal menggunakan cara :

$$PH = Ab - Am$$

$$PH = (-21^{\circ} 40' 37.19'') - (-19^{\circ} 58' 35.97'')$$

$$PH = 1^{\circ} 42' 1.22''$$

36. Menghisab Azimuth Terbenam Bulan dengan cara :

$$\begin{aligned} \tan AT_b &= \frac{-\sin \varphi}{\tan SBS_b + \cos \varphi \times \tan \delta_b} : \sin SBS_b \\ &= \frac{-\sin -7^{\circ} 15'}{\tan 91^{\circ} 30' 20.38'' + \cos -7^{\circ} 15' \times \tan -22^{\circ} 24' 38.31''} \\ & : \sin 91^{\circ} 30' 20.38'' \\ &= 2^{\circ} 59' 15.09'' \end{aligned}$$

$$Az \text{ terbenam Bulan} = 270 + 2^{\circ} 59' 15.09''$$

$$= 270^{\circ} 59' 15''$$

37. Menghisab Fraksi Iluminasi Bulan menggunakan sistem interpolasi

$$FI \text{ jam } 10 \text{ (A)} = 0.00656$$

$$FI \text{ jam } 11 \text{ (B)} = 0.00730$$

$$(C) = 0^{\circ} 54' 55.01''$$

$$A - (A - B) \times C : 1 = 0.007237307611$$

$$\text{FI jam } 10:54:55.01 = 0.007237307611 \times 100\% = 0.73\%$$

38. Menghisab Nurul Hilal menggunakan cara :

$$\begin{aligned} \text{NH} &= (\sqrt{(\text{PH}^2 + \text{h}' \text{ tengah}^2)}) : 15 \\ &= (\sqrt{(1^\circ 42' 1.22''^2 + 7^\circ 50' 58.83''^2)}) : 15 \end{aligned}$$

$$\text{NH} = 0.535448098 \text{ Jari}$$

39. Menghisab Sudut Kemiringan Hilal menggunakan cara :

$$\begin{aligned} \tan \text{MRG} &= \tan^1 (\text{PH} : \text{h}' \text{ tengah}) \\ &= \tan^1 (1^\circ 42' 1.22'' : 7^\circ 50' 58.83'') \\ &= 12^\circ 13' 19.8'' \end{aligned}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu *ijtima'* mulainya bulan Rajab 1444 H jatuh pada hari Sabtu Pahing tanggal 21 Januari 2023 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

$$\text{Matahari Terbenam} = 17\text{j } 54\text{m } 46.52\text{d WIB}$$

$$\text{Azimuth Matahari} = 250^\circ 1' 24.03''$$

$$\text{Tinggi Hilal Atas} = 8^\circ 7' 43.33''$$

$$\text{Tinggi Hilal Tengah} = 7^\circ 50' 58.83''$$

$$\text{Tinggi Hilal Bawah} = 7^\circ 34' 14.33''$$

$$\text{Azimuth Bulan} = 248^\circ 19' 22.8''$$

$$\text{Posisi Hilal} = 1^\circ 42' 1.22''$$

$$\text{Lama Hilal} = 00j 31m 40.25d$$

$$\text{Hilal Terbenam} = 18j 26m 35.26d$$

$$\text{Azimuth Terb.Bulan} = 270^\circ 59' 15''$$

$$\text{Illuminasi Hilal} = 0.73\%$$

$$\text{Sudut Kemiringan Hilal} = 12^\circ 13' 19.8''$$

$$\text{Nurul Hilal} = 0.535448098 \text{ Jari}$$

Demi efisiensi perhitungan penulis, penjelasan perhitungan awal Bulan kamariah sistem Ephemeris untuk rumus refraksi kedua langkah perhitungannya menggunakan langkah no. 1 sampai dengan 24 seperti yang terdapat pada rumus refraksi pertama kemudian dilanjutkan pada langkah nomor 25 berdasarkan rumus

$$\text{refraksi kedua } R = \frac{1.02}{\tan\left(h + \frac{10.3}{h+5.11}\right)}, 1.02 \text{ atau } 0.01695 : \tan(h + 10.3 : (h + 5.1255)).$$

Contoh perhitungan awal Bulan dengan sistem Ephemeris menggunakan perhitungan refraksi rumus kedua :

$$25. \text{ Refr} = 1.02 \text{ atau } 0.01695 : \tan(h + 10.3 : (h + 5.1255))$$

$$= 1.02 \text{ atau } 0.01695 : \tan(8^\circ 39' 27.54'' + 10.3 : (8^\circ 39' 27.54'' +$$

$$5.1255))$$

$$= 0^\circ 6' 8.39''$$

26. Menghisab tinggi hilal mar'i

a) Tepi Atas (*Upper Limb*) menggunakan cara :

$$h' = H_o + \text{Refr} + \text{Dip}$$

$$h_o = 7^\circ 55' 27.96''$$

$$\text{Refr} = 0^\circ 6' 8.39''$$

$$\text{Dip} = \underline{0^\circ 5' 33.94''} +$$

$$h' \text{ atas} = 8^\circ 7' 10.29''$$

b) Pusat (*Center*) menggunakan cara :

$$h' \text{ tengah} = h' \text{ tepi atas} - SD_b$$

$$= 8^\circ 7' 10.29'' - 0^\circ 16' 44.5''$$

$$h' \text{ tengah} = 7^\circ 50' 25.79''$$

c) Tepi Bawah (*Lower Limb*) menggunakan cara :

$$h' \text{ bawah} = h' \text{ tengah} - SD_b$$

$$= 7^\circ 50' 25.79'' - 0^\circ 16' 44.5''$$

$$h' \text{ bawah} = 7^\circ 33' 41.29''$$

27. Menghisab *Nishful Fudhlah* Bulan menggunakan cara :

$$\sin NF = (\sin \varphi \times \sin \delta_b) : (\cos \varphi \times \cos \delta_b)$$

$$= (\sin -07^\circ 15' \times \sin -22^\circ 24' 38.31'') : (\cos -07^\circ 15' \times \cos -22^\circ$$

$$24' 38.31'')$$

$$= 0.052462323 \text{ NF}$$

$$= 0^\circ 3' 8.86''$$

28. Menghisab Parallaks *Nishful Fudlah* menggunakan rumus :

$$\text{PNF} = \cos \text{NF} \times \text{HP}_b$$

$$= \cos 0^\circ 3' 8.86'' \times 1^\circ 1' 26.08''$$

$$\text{PNF} = 1^\circ 1' 26.08''$$

29. Menghisab Setengah Busur Siang Bulan Hakiki menggunakan rumus :

$$\text{SBSH} = 90^\circ + \text{NF}$$

$$= 90^\circ + 0^\circ 3' 8.86''$$

$$\text{SBSH} = 90^\circ 3' 8.86''$$

30. Menghisab Setengah Busur Siang Bulan (SBS_b) dengan rumus

Apabila $\text{SBSH} > 90$ maka menggunakan $90^\circ + \text{NF} + \text{PNF} + (\text{SD}_b + 0.575 + \text{Dip})$

Apabila $\text{SBSH} < 90$ maka menggunakan $90^\circ + \text{NF} + \text{PNF} - (\text{SD}_b + 0.575 + \text{Dip})$

Karena $\text{SBSH} > 90$ maka

$$\text{SBS}_b = 90^\circ + \text{NF} + \text{PNF} + (\text{SD}_b + 0.575 + \text{Dip})$$

$$= 90^\circ + 0^\circ 3' 8.86'' + 1^\circ 1' 26.08'' + (0^\circ 16' 44.5'' + 0.0575 +$$

$$0^\circ 5' 33.94'')$$

$$\text{SBS}_b = 91^\circ 30' 20.38''$$

31. Menghisab Lama Hilal diatas ufuk (*Lag*) menggunakan rumus :

$$L_m = (SBS_b - t_b) : 15$$

$$= (91^\circ 30' 20.38'' - 83^\circ 35' 16.68'') : 15$$

$$L_m = 00j 31m 40.25d$$

32. Menghisab Waktu Terbenam Bulan menggunakan cara :

$$Terb = Ghurub + L_m$$

$$= 17j 54m 55.01d + 00j 31m 15.11d$$

$$Terb = 18j 26m 35.26d$$

33. Menghisab Azimuth Matahari (A_m) menggunakan cara :

$$A_m = \tan^{-1} (-\sin \varphi : \tan t_m + \cos \varphi \times \tan \delta_m : \sin t_m)$$

$$= \tan^{-1} (-\sin -07^\circ 15' : \tan 93^\circ 36' 51.98'' + \cos -07^\circ 15' \times \tan -19^\circ$$

$$40' 53.8'' : \sin 93^\circ 36' 51.98'')$$

$$A_m = -70^\circ 1' 24.03 / -19^\circ 58' 35.97''$$

$$A_m = 250^\circ 1' 24.03''$$

34. Menghisab Azimut Bulan (A_b) menggunakan cara :

$$A_b = \tan^{-1} (-\sin \varphi : \tan t_b + \cos \varphi \tan \delta_b : \sin t_b)$$

$$= \tan^{-1} (-\sin -07^\circ 15' : \tan 83^\circ 35' 16.68'' + \cos -07^\circ 15' \times \tan -22^\circ 24'$$

$$38.31'' : \sin 83^\circ 35' 16.68'')$$

$$Ab = 66^{\circ} 56' 18.39'' / -21^{\circ} 40' 37.19''$$

$$Ab = 248^{\circ} 19' 22.8''$$

35. Menghisab Posisi Hilal dengan menggunakan cara :

$$PH = Ab - Am$$

$$PH = (-21^{\circ} 40' 37.19'') - (-19^{\circ} 58' 35.97'')$$

$$PH = 1^{\circ} 42' 1.22''$$

36. Menghisab Azimuth Terbenam Bulan menggunakan cara :

$$\begin{aligned} \tan AT_b &= \frac{-\sin \varphi : \tan SBS_b + \cos \varphi \times \tan \delta_b}{\sin SBS_b} \\ &= \frac{-\sin -7^{\circ} 15' : \tan 91^{\circ} 30' 20.38'' + \cos -7^{\circ} 15' \times \tan -22^{\circ} 24' 38.31''}{\sin 91^{\circ} 30' 20.38''} \\ &= 2^{\circ} 59' 15.09'' \end{aligned}$$

$$Az \text{ terbenam Bulan} = 270 + 2^{\circ} 59' 15.09''$$

$$= 270^{\circ} 59' 15''$$

37. Menghisab Fraksi Iluminasi Bulan menggunakan sistem interpolasi

$$FI \text{ jam } 10 \text{ (A)} = 0.00656$$

$$FI \text{ jam } 11 \text{ (B)} = 0.00730$$

$$(C) = 0^{\circ} 54' 55.01''$$

$$A - (A - B) \times C : 1 = 0.007237307611$$

$$\text{FI jam } 10:54:55.01 = 0.007237307611 \times 100\% = 0.73\%$$

38. Menghisab Nurul Hilal menggunakan cara :

$$\begin{aligned} \text{NH} &= (\sqrt{(\text{PH}^2 + \text{h' tengah}^2)}) : 15 \\ &= (\sqrt{(1^\circ 42' 1.22''^2 + 7^\circ 50' 25.79''^2)}) : 15 \end{aligned}$$

$$\text{NH} = 0.53485013 \text{ Jari}$$

39. Menghisab Sudut Kemiringan Hilal menggunakan cara :

$$\begin{aligned} \tan \text{MRG} &= \tan^1 (\text{PH} : \text{h' tengah}) \\ &= \tan^1 (1^\circ 42' 1.22'' : 7^\circ 50' 25.79'') \\ &= 13^\circ 29' 6.67'' \end{aligned}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu *ijtima'* mulainya bulan Rajab 1444 H jatuh pada hari Sabtu Pahing tanggal 21 Januari 2023 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

$$\text{Matahari Terbenam} = 17\text{j } 54\text{m } 46.52\text{d WIB}$$

$$\text{Azimuth Matahari} = 250^\circ 1' 24.03''$$

$$\text{Tinggi Hilal Atas} = 8^\circ 7' 10.29''$$

$$\text{Tinggi Hilal Tengah} = 7^\circ 50' 25.79''$$

$$\text{Tinggi Hilal Bawah} = 7^\circ 33' 41.29''$$

$$\text{Azimuth Bulan} = 248^\circ 19' 22.8''$$

Posisi Hilal = $1^{\circ} 42' 1.22''$

Lama Hilal = 00j 31m 40.25d

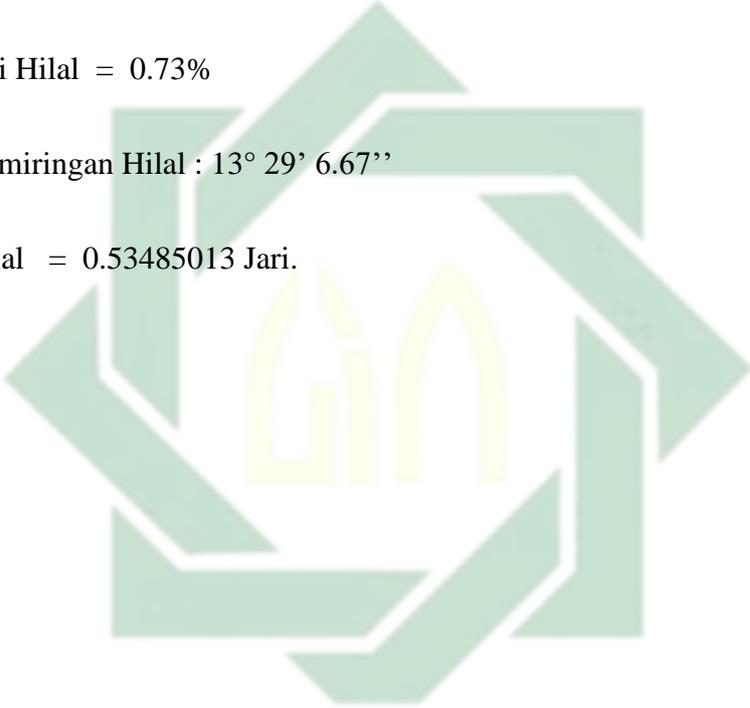
Hilal Terbenam = 18j 26m 35.26d

Azimuth Terb.Bulan = $270^{\circ} 59' 15''$

Illuminasi Hilal = 0.73%

Sudut Kemiringan Hilal : $13^{\circ} 29' 6.67''$

Nurul Hilal = 0.53485013 Jari.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV
ANALISIS PENGARUH REFRAKSI TERHADAP PERHITUNGAN
KETINGGIAN HILAL

A. Analisis Model Perhitungan Refraksi (Asal Usul)

Pengertian refraksi menurut buku *Astronomi dan Algoritma* karya Jean Meeus, refraksi atau pembiasan atmosfer adalah pembelokan cahaya saat melewati atmosfer Bumi. Ketika cahaya menembus atmosfer Bumi akan melewati lapisan udara dengan ketutupan atau kerapatan yang meningkat, sehingga terjadi pembengkokan cahaya. Akibatnya, sebuah pembelokan cahaya Bintang atau Matahari atau yang lainnya akan muncul lebih tinggi di langit daripada posisi yang sebenarnya. Refraksi atmosfer adalah nol di zenit dan semakin besar menuju ufuk. Pada ketinggian 45°, refraksi sekitar satu menit busur keberadaanya di ufuk bisa mencapai sekitar 35'.¹

Refraksi yang penulis ketahui yaitu dari buku Jean Meeus. Ada dua rumus refraksi yang ada di buku tersebut dan salah satunya digunakan untuk menghitung ketinggian hilal dengan sistem Ephemeris. Pertama $R = \frac{1}{\tan(h_o + \frac{7.31}{h_o + 4.4})}$, 1 atau 0.0167 : $\tan(h_o + 7.31 : (h_o + 4.4))$ dan yang kedua $R = \frac{1.02}{\tan(h + \frac{10.3}{h + 5.11})}$, 1.02 atau 0.01695 : $\tan(h + 10.3 : (h + 5.1255))$.

¹ Jean Meeus, *Algoritma dan Astronomi*, diterjemahkan oleh Dr. Ing Khafid, (edisi II, 1998) 83

Selaras dengan pengertian diatas Matahari dan Bulan sebenarnya di bawah ufuk ketika terbit atau terbenam. Selain itu, pembiasan berubah dengan cepat di ketinggian rendah menyebabkan terbit dan terbenamnya Matahari nampak oval. Pembuatan perbedaan dilakukan untuk refraksi atmosfer ketika menentukan posisi, dan harus membedakan dua hal :

1. Ketinggian benda langit tampak h_o diukur, dan harus dikoreksi refraksi R , dengan mengurangi dari h_o untuk mendapatkan ketinggian sejati h .
2. Ketinggian sejati pada ruang hampa h yang dihitung dari koordinat benda langit dan rumus trigonometri bola, dan kita menghitung refraksi R yang akan ditambahkan ke h dalam rangka untuk memprediksi ketinggian tampak h_o .²

Kebanyakan kasus yang kita temui di semua rumus refraksi hanya mengulik pada kasus yang pertama saja. Pada rumus yang sudah dirancang tersebut untuk menghitung ketinggian sejati dari penglihatan seorang pengamat. Namun yang akan penulis kaji adalah kasus dari keduanya. Tujuannya untuk berbagai macam yang sering disangka hanya melalui keadaan rata-rata meteorologi. Tetapi, peristiwa yang menyimpang refraksi berdekatan dengan horizon, contohnya distorsi dari cahaya Matahari, yang seharusnya memberi ingatan bahwa di ketinggian yang amat rendah tidak dapat dilihat dengan baik dan tepat. Pada ketinggian benda-benda langit yang lebih dari 15° , satu dari dua rumus berikut dapat digunakan, yaitu:

$$R = 58'' 294 \tan (90^\circ - h_o) - 0'' .0668 \tan^3 (90^\circ - h_o) \quad (1)$$

² Ibid.,

$$R = 58'' 276 \tan (90^\circ - h) - 0''.0824 \tan^3 (90^\circ - h) \quad (2)$$

Rumus yang pertama dari Smart (1) dan rumus yang kedua dari Jean Meeus yang diturunkan dari rumus pertama. Bahwa ketinggian yang berada di bawah 15° , maka rumus tersebut akan menghasilkan hasil yang tidak akurat, atau bisa dikatakan tidak akan tepat. Peristiwa yang terjadi di dataran tinggi refraksinya akan sama nilainya dengan tangen dari jarak zenit.³

Peristiwa terjadi bahwa di dataran tinggi, refraksinya akan sama nilainya dengan tangen dari jarak zenit. Sebuah rumus refraksi yang sederhana namun sempurna. Rumus yang akurat dan bisa untuk semua ketinggian dari 0° dan sampai 90° berasal dari G.G. Bennett dari University of New South Wales (2). Jika refraksi R dinyatakan dalam menit busur, rumus Bennett adalah Ini terjadi bahwa di dataran tinggi, refraksinya sebanding dengan tangen dari jarak zenit. Sebuah rumus refraksi yang sederhana Tetapi mengagumkan, dengan akurasi yang baik untuk semua ketinggian dari 90° sampai 0° , diberikan oleh G.G. Bennett dari University of New South Wales (2). Jika refraksi R dinyatakan dalam menit busur, rumus Bennett adalah⁴:

$$R = \frac{1}{\tan \left(h_0 + \frac{7.31}{h_0 + 4.4} \right)} \quad (3)$$

di mana h_0 adalah ketinggian tampak dalam derajat. Menurut Bennett, rumus ini akurat sampai 0.07 menit busur untuk semua nilai h_0 . Kesalahan terbesar, 0.07

³ Jean Meus, *Algoritma dan Astronomi*, diterjemahkan oleh Dr. Ing Khafid, (edisi II, 1998) 84

⁴ Ibid.,

menit busur, terjadi pada ketinggian $12''$. Perlu dicatat bahwa untuk zenith ($h_0 = 90^\circ$), rumus (3) menghasilkan $R = -0''.08$ yang seharusnya persis nol. Hal ini dapat diperbaiki dengan menambahkan $+0.0013515$ ke bagian kanan rumus. Bennett juga menunjukkan bagaimana menyempurnakan rumus tersebut. Hitung R dengan cara rumus (3), maka koreksi R , dinyatakan dalam menit busur, adalah $-0.06 \sin(14.7 R + 13)$ dimana rumus di antara tanda kurung dinyatakan dalam derajat. Dihitung dengan cara seperti ini, kesalahan maksimum menjadi hanya 0.015 menit busur, atau $0''.9$, untuk seluruh rentang ketinggian $90^\circ - 0^\circ$ (Pada zenith, orang menemukan $R = -0''.89$, sehingga rumus (3), tanpa koreksi lebih lanjut, dalam hal ini menjadi lebih baik). Untuk masalah sebaliknya, yang menghitung efek ketika h ketinggian sejati diketahui, Saemundsson, dari Universitas Islandia, mengusulkan rumus berikut (3)⁵:

$$R = \frac{1.02}{\tan\left(h + \frac{10.3}{h+5.11}\right)} \quad (4)$$

Rumus ini konsisten dengan yang dituliskan oleh Bennett (4) dengan perbedaan kurang dari $4''$. Sekali lagi, rumus itu tidak memberikan secara persis $R = 0$ untuk $h = 90^\circ$. Hal ini dapat kembali diperbaiki dengan menambahkan $+0.0019279$ ke bagian kedua dalam rumus tersebut. Rumus (1) sampai (4) mengasumsikan bahwa pengamatan dilakukan pada permukaan laut, bila tekanan udara adalah 1010 milibar, dan jika suhu 10° celcius. Efek bias meningkat saat tekanan bertambah atau saat suhu menurun. Jika tekanan di permukaan Bumi adalah P milibar, dan suhu

⁵ Jean Meus, *Algoritma dan Astronomi*, diterjemahkan oleh Dr. Ing Khafid, (edisi II, 1998) 85

udara T derajat celcius, maka nilai dari R diberikan oleh rumus (1) ke (4) harus dikalikan dengan

$$\frac{P}{1010} \times \frac{283}{273 + T}$$

Namun, ini hanya benar untuk pendekatan saja. Masalahnya lebih rumit, karena refraksi tergantung pada panjang gelombang dari cahayanya juga. Rumus yang diberikan dalam rumus ini adalah untuk cahaya kuning, di mana mata manusia memiliki sensitivitas maksimum.⁶

B. Model Rumus Refraksi yang Ideal Digunakan Untuk Menghitung Ketinggian Hilal Awal Bulan

Melihat kedua perhitungan diatas dengan menggunakan rumus refraksi yang berbeda untuk menghitung ketinggian *hilal mar'i* (ketinggian hilal lihat), maka harga yang harus dikoreksi yaitu *irtifa' hilal hakiki* diantaranya, semi diameter Bulan, refraksi, parallaks Bulan dan DIP. Parallaks adalah beda arah pandang atau arah yang dilihat oleh pengamat dari permukaan Bumi. Semi diameter adalah jarak titik pusat Bulan sampai ke tepi piring Bulan, semi diameter biasanya juga disebut dengan jari-jari Bulan. Kemudian ada refraksi, refraksi atau pembiasan atmosfer adalah pembelokan cahaya pada saat melewati atmosfer Bumi. Terakhir ada DIP, DIP adalah jarak turun ufuk yang diamati pengamat akibat dari ketinggian posisi pengamat yang mempunyai jarak berbeda dan tertentu dari permukaan laut.⁷ Selaras dengan koreksi – koreksi di atas, penulis menemukan dua perhitungan awal bulan

⁶ Jean Meus, *Algoritma dan Astronomi*, diterjemahkan oleh Dr. Ing Khafid, (edisi II, 1998) 86

⁷ Abd Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis (Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah)*, (Surabaya : Imtiyaz, 2016) 172-175

Kamariah yang menggunakan rumus refraksi yang berbeda, karena rumus pertama

yang sudah dengan koreksi $R = \frac{1}{\tan(h_o + \frac{7.31}{h_o + 4.4})}$, 1 atau 0.0167 : $\tan(h_o + 7.31$

: $(h_o + 4.4))$. Ho disini sudah menggunakan perhitungan koreksi dari parallaks

sedangkan rumus kedua $R = \frac{1.02}{\tan(h + \frac{10.3}{h + 5.11})}$, 1.02 atau 0.01695 : $\tan(h + 10.3$

$(h + 5.1255))$ yang mana h disini belum menggunakan koreksi perhitungan

parallaks. Jadi menurut penulis model rumus refraksi yang ideal digunakan untuk

menghitung ketinggian hilal yaitu rumus refraksi yang pertama $R =$

$\frac{1}{\tan(h_o + \frac{7.31}{h_o + 4.4})}$, 1 atau 0.0167 : $\tan(h_o + 7.31 : (h_o + 4.4))$.⁸

Berdasarkan perhitungan awal Bulan menggunakan sistem hisab Ephemeris pada awal Bulan, penulis mencoba menghitung beberapa contoh perhitungan refraksi awal Bulan Kamariah dengan kedua rumus refraksi yang berbeda. Akan tetapi demi efisiensi penulis hanya menuliskan hasil kesimpulannya saja di bawah karena contoh perhitungannya sama sama dengan perhitungan pada bab sebelumnya. Hasil dari perhitungan refraksi tersebut akan bisa disimpulkan perhitungan dengan rumus refraksi mana yang ideal digunakan untuk menghitung ketinggian awal Bulan Kamariah.

1. a. Hasil kesimpulan perhitungan refraksi dengan menggunakan rumus pertama

⁸ Jean Meeus, *Algoritma dan Astronomi*, diterjemahkan oleh Dr. Ing Khafid, (edisi II, 1998) 84

$$R = \frac{1}{\tan \left(h_o + \frac{7.31}{h_o + 4.4} \right)}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu ijtima' mulainya bulan Muharram 1444 H jatuh pada hari Jumat Kliwon pada tanggal 29 Juli 2022 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

Matahari Terbenam = 17j 30m 00d WIB

Azimuth Matahari = 288° 43' 5.98''

Tinggi Hilal Atas = 6° 30' 2.26''

Tinggi Hilal Tengah = 6° 15' 11.34''

Tinggi Hilal Bawah = 6° 00' 20.41''

Azimuth Bulan = 292° 45' 51.90''

Posisi Hilal = 4° 2' 45.92''

Lama Hilal = 00j 32m 50d

Hilal Terbenam = 18j 03m 00d

Illuminasi Hilal = 0.64%

Sudut Kemiringan Hilal = 32° 54' 17.32''

Nurul Hilal = 0.496533405 Jari

b. Hasil kesimpulan perhitungan refraksi dengan menggunakan rumus kedua :

$$R = \frac{1.02}{\tan\left(h + \frac{10.3}{h+5.11}\right)}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu *ijtima'* mulainya bulan Muharram 1444 H jatuh pada hari Jumat Kliwon tanggal 29 Juli 2023 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

Matahari Terbenam = 17j 30m 00d WIB

Azimuth Matahari = 288° 43' 05.98''

Tinggi Hilal Atas = 6° 36' 57.13''

Tinggi Hilal Tengah = 6° 22' 6.21''

Tinggi Hilal Bawah = 6° 7' 15.29''

Azimuth Bulan = 292° 45' 51.90''

Posisi Hilal = 4° 2' 45.92''

Lama Hilal = 00j 32m 50d

Hilal Terbenam = 18j 03m 00d

Illuminasi Hilal = 0.64%

Sudut Kemiringan Hilal = 32° 25' 45.82''

Nurul Hilal = 0.503000983 Jari

2. a. Hasil kesimpulan perhitungan refraksi dengan menggunakan rumus pertama

$$R = \frac{1}{\tan \left(h_o + \frac{7.31}{h_o + 4.4} \right)}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu *ijtima'* mulainya bulan Rajab 1444 H jatuh pada hari Sabtu Pahing tanggal 21 Januari 2023 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

Matahari Terbenam = 17j 54m 46.52d WIB

Azimuth Matahari = 250° 1' 24.03''

Tinggi Hilal Atas = 8° 7' 43.33''

Tinggi Hilal Tengah = 7° 50' 58.83''

Tinggi Hilal Bawah = 7° 34' 14.33''

Azimuth Bulan = 248° 19' 22.8''

Posisi Hilal = 1° 42' 1.22''

Lama Hilal = 00j 31m 40.25d

Hilal Terbenam = 18j 26m 35.26d

Azimuth Terb.Bulan = 270° 59' 15''

Illuminasi Hilal = 0.73%

Sudut Kemiringan Hilal = 12° 13' 19

Nurul Hilal = 0.535448098 Jari

b. Hasil kesimpulan perhitungan refraksi dengan menggunakan rumus kedua :

$$R = \frac{1.02}{\tan\left(h + \frac{10.3}{h+5.11}\right)}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu *ijtima'* mulainya bulan Rajab 1444 H jatuh pada hari Sabtu Pahing tanggal 21 Januari 2023 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

Matahari Terbenam = 17j 54m 46.52d WIB

Azimuth Matahari = 250° 1' 24.03''

Tinggi Hilal Atas = 8° 7' 10.29''

Tinggi Hilal Tengah = 7° 50' 25.79''

Tinggi Hilal Bawah = 7° 33' 41.29''

Azimuth Bulan = 248° 19' 22.8''

Posisi Hilal = 1° 42' 1.22''

Lama Hilal = 00j 31m 40.25d

Hilal Terbenam = 18j 26m 35.26d

Azimuth Terb.Bulan = 270° 59' 15''

Illuminasi Hilal = 0.73%

Sudut Kemiringan Hilal = 13° 29' 6.67''

Nurul Hilal = 0.53485013 Jari

3. a. Hasil kesimpulan perhitungan refraksi dengan menggunakan rumus pertama

$$R = \frac{1}{\tan \left(h_0 + \frac{7.31}{h_0 + 4.4} \right)}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu *ijtima'* mulainya bulan Rabiul Awal 1444 H jatuh pada hari Senin Kliwon tanggal 26 September 2022 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

Matahari Terbenam = 17j 25m 16d WIB

Azimuth Matahari = 268° 32' 8.52''

Tinggi Hilal Atas = 5° 8' 4.66''

Tinggi Hilal Tengah = 4° 52' 33.68''

Tinggi Hilal Bawah = 4° 37' 2.71''

Azimuth Bulan = 269° 35' 55.77''

Posisi Hilal = 1° 3' 47.25''

Lama Hilal = 00j 24m 47d

Hilal Terbenam = 17j 51m 00d

Illuminasi Hilal = 0.37%

Sudut Kemiringan Hilal = 12° 17' 59.92''

Nurul Hilal = 0.332704924 Jari

b. Hasil kesimpulan perhitungan refraksi dengan menggunakan rumus kedua:

$$R = \frac{1.02}{\tan\left(h + \frac{10.3}{h+5.11}\right)}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu *ijtima'* mulainya bulan Rabiul Awal 1444 H jatuh pada hari Senin Kliwon tanggal 26 September 2022 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

Matahari Terbenam = 17j 25m 16d WIB

Azimuth Matahari = 268° 32' 8.52''

Tinggi Hilal Atas = 5° 28' 14.42''

Tinggi Hilal Tengah = 5° 12' 43.45''

Tinggi Hilal Bawah = 4° 57' 12.48''

Azimuth Bulan = 269° 35' 55.77''

Posisi Hilal = 1° 3' 47.25''

Lama Hilal = 00j 24m 47d

Hilal Terbenam = 17j 51m 00d

Illuminasi Hilal = 0.37%

Sudut Kemiringan Hilal = 11° 31' 43.26''

Nurul Hilal = 0.354625954 Jari

4. a. Hasil kesimpulan perhitungan refraksi dengan menggunakan rumus pertama

$$R = \frac{1}{\tan \left(h_0 + \frac{7.31}{h_0 + 4.4} \right)}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu *ijtima'* mulainya bulan Jumadil Awal 1444 H jatuh pada hari Kamis Wage tanggal 24 November 2022 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

Matahari Terbenam = 17j 31m 15d WIB

Azimuth Matahari = 249° 05' 35.65''

Tinggi Hilal Atas = 4° 48' 22.49''

Tinggi Hilal Tengah = 4° 31' 58.42''

Tinggi Hilal Bawah = 4° 15' 34.35''

Azimuth Bulan = 246° 28' 11.94''

Posisi Hilal = - 2° 37' 23.62''

Lama Hilal = 00j 24m 57d

Hilal Terbenam = 17j 57m 00d

Illuminasi Hilal = 0.36%

Sudut Kemiringan Hilal = - 30° 3' 30.1''

Nurul Hilal = 0.246448625 Jari

b. Hasil kesimpulan perhitungan refraksi dengan menggunakan rumus kedua :

$$R = \frac{1.02}{\tan\left(h + \frac{10.3}{h+5.11}\right)}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu *ijtima'* mulainya bulan Jumadil Awal 1444 H jatuh pada hari Kamis Wage tanggal 24 November 2022 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

Matahari Terbenam = 17j 31m 15d WIB

Azimuth Matahari = 249° 05' 35.65''

Tinggi Hilal Atas = 4° 58' 21.21''

Tinggi Hilal Tengah = 4° 41' 57.14''

Tinggi Hilal Bawah = 4° 25' 33.07''

Azimuth Bulan = 246° 28' 11.94''

Posisi Hilal = - 2° 37' 23.62''

Lama Hilal = 00j 24m 57d

Hilal Terbenam = 17j 57m 00d

Illuminasi Hilal = 0.36%

Sudut Kemiringan Hilal = - 29° 10' 13.96''

Nurul Hilal = 0.2599224851

5. a. Hasil kesimpulan perhitungan refraksi dengan menggunakan rumus pertama

$$R = \frac{1}{\tan \left(h_0 + \frac{7.31}{h_0 + 4.4} \right)}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu *ijtima'* mulainya bulan Syawal 1444 H terjadi pada hari Selasa Legi tanggal 21 Maret 2023 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

Matahari Terbenam = 17j 40m 05d WIB

Azimuth Matahari = 270° 28' 44''

Tinggi Hilal Atas = 7° 47' 58.51''

Tinggi Hilal Tengah = 7° 31' 45.89''

Tinggi Hilal Bawah = 7° 15' 33.27''

Azimuth Bulan = 273° 40' 57''

Posisi Hilal = 3° 12' 13''

Lama Hilal = 00j 33m 47d

Hilal Terbenam = 18j 13m 53d

Illuminasi Hilal = 0.63%

Sudut Kemiringan Hilal = 23° 2' 55.53''

Nurul Hilal = 0.545507705 Jari

b. Hasil kesimpulan perhitungan refraksi dengan menggunakan rumus kedua :

$$R = \frac{1.02}{\tan\left(h + \frac{10.3}{h+5.11}\right)}$$

Mengenai kesimpulan perhitungan yang dijabarkan bahwa waktu *ijtima'* mulainya bulan Syawal 1444 H terjadi pada hari Selasa Legi tanggal 21 Maret 2023 M

Untuk lokasi Surabaya (Jawa Timur):

Matahari Terbenam = 17j 40m 05d WIB

Azimuth Matahari = 270° 28' 44''

Tinggi Hilal Atas = 7° 47' 22.69''

Tinggi Hilal Tengah = 7° 31' 10.07''

Tinggi Hilal Bawah = 7° 14' 57.45''

Azimuth Bulan = 273° 40' 57''

Posisi Hilal = 3° 12' 13''

Lama Hilal = 00j 33m 47d

Hilal Terbenam = 18j 13m 53d

Illuminasi Hilal = 0.63%

Sudut Kemiringan Hilal = 23° 4' 33.83''

Nurul Hilal = 0.544897386 Jari

Berangkat dari perhitungan-perhitungan tersebut untuk mengetahui perhitungan refraksi mana yang ideal digunakan untuk melihat hilal terlihat ada sedikit perbedaan dari kesimpulan kedua perhitungan menggunakan dua refraksi tersebut. Untuk melihat hilal ketinggian hilal lihat (*irtifa' hilal mar'i*) harga yang harus dikoreksi yaitu *irtifa' hilal hakiki* diantaranya parallaks Bulan, semi diameter Bulan, refraksi, dan DIP. Parallaks adalah beda arah pandang atau arah yang dilihat oleh pengamat dari permukaan Bumi. Semi diameter adalah jarak titik pusat Bulan sampai ke tepi piring Bulan, semi diameter biasanya juga disebut dengan jari-jari Bulan. Kemudian ada refraksi, refraksi atau pembiasan atmosfer adalah pembelokan cahaya pada saat melewati atmosfer Bumi. Terakhir ada DIP, DIP adalah jarak turun ufuk yang diamati pengamat akibat dari ketinggian posisi pengamat yang mempunyai jarak berbeda dan tertentu dari permukaan laut.⁹

Penulis ketahu bahwa refraksi pada rumus pertama $R = \frac{1}{\tan(ho + \frac{7.31}{ho+4.4})}$, 1 atau $0.0167 : \tan(ho + 7.31 : (ho + 4.4))$. Rumus pertama

ini menggunakan ho , ho adalah ketinggian hilal. Untuk mencari ketinggian hilal

ini menggunakan rumus $h - Pb + SDb$

$Hb = \text{Hilal hakiki}$

⁹ Abd Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis (Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah)*, (Surabaya : Imtiyaz, 2016) 172

Pb = Parallaks Bulan

SDB = Semi diameter Bulan

Seperti penjelasan diatas bahwasannya untuk melihat ketinggian hilal lihat (*irtifa' hilal mar'i*) diperlukan koreksi paralla Bulan dan rumus refraksi pertama ini menggunakan hasil perhitungan hilal yang dikoreksi oleh parallaks Bulan.

$$\text{Untuk rumus kedua } R = \frac{1.02}{\tan\left(h + \frac{10.3}{h+5.11}\right)}, 1.02 \text{ atau } 0.01695 : \tan(h +$$

10.3 : (h + 5.1255)). Untuk perhitungan kedua ketinggian hilalnya menggunakan h atau hilal hakiki. Mencari hasil tinggi *hilal hakiki* (h) dengan rumus $\sin h = \sin \varphi \times \sin \delta b + \cos \varphi \times \cos \delta b \times \cos tb$. Rumus tersebut tidak ada koreski parallaks Bulan sedangkan untuk menghitung ketinggian hilal lihat atau (*irtifa' hilal mar'i*) seharusnya menggunakan hasil perhitungan ketinggian *hilal* yang dikoreksi oleh parallaks Bulan.

Hasil kesimpulan dari perhitungan penulis diatas terdapat juga perbedaan dari hasil perhitungan tinggi hilal lihat atau (*hilal mar'i*) :

Tabel 4. 1 Bulan Muharram 1444 H

	Rumus Pertama	Rumus Kedua
Hilal Mar'i Atas	6° 30' 2.26''	6° 36' 57.13''
Hilal Mar'i Tengah	6° 15' 11.34''	6° 22' 6.21''
Hilal Mar'i Bawah	6° 00' 20.41''	6° 7' 15.29''

Tabel 4. 2 Bulan Rajab 1444

	Rumus Pertama	Rumus Kedua
Hilal Mar'i Atas	8° 7' 43.33''	8° 7' 10.29''
Hilal Mar'i Tengah	7° 50' 58.83''	7° 50' 25.79''
Hilal Mar'i Bawah	7° 34' 14.33''	7° 33' 41.29''

Tabel 4. 3 Bulan Rabiul Awal 144 H

	Rumus Pertama	Rumus Kedua
Hilal Mar'i Atas	5° 8' 4.66''	5° 28' 14.42''
Hilal Mar'i Tengah	4° 52' 33.68''	5° 12' 43.45''
Hilal Mar'i Bawah	4° 37' 2.71''	4° 57' 12.48''

Tabel 4. 4 Bulan Jumadil Awal 1444 H

	Rumus Pertama	Rumus Kedua
Hilal Mar'i Atas	4° 48' 22.49''	4° 58' 21.21''
Hilal Mar'i Tengah	4° 31' 58.42''	4° 41' 57.14''
Hilal Mar'i Bawah	4° 15' 34.35''	4° 25' 33.07''

Tabel 4. 5 Bulan Syawal 1444 H

	Rumus Pertama	Rumus Kedua
Hilal Mar'i Atas	7° 47' 58.51''	7° 47' 22.69''
Hilal Mar'i Tengah	7° 31' 45.89''	7° 31' 10.07''
Hilal Mar'i Bawah	7° 15' 33.27''	7° 14' 57.45''

Perhitungan awal Bulan Kamariah menggunakan sistem hisab Ephemeris ini menggunakan perhitungan dari Jean Meeus. Kedua rumus refraksi tersebut sebenarnya sama namun perbedaannya dari rumus pertama ini $R =$

$$\frac{1}{\tan\left(h_0 + \frac{7.31}{h_0 + 4.4}\right)}$$

sudah di koreksi dengan parallaks Bulan dan perhitungan kedua

$$R = \frac{1.02}{\tan\left(h + \frac{10.3}{h + 5.11}\right)}$$

belum dikoreksi dengan parallaks Bulan. Sedangkan untuk

ketinggian hilal lihat (*irtifa' hilal mar'i*) harus dikoreksi dahulu dengan beberapa koreksi, yaitu semi diameter Bulan, refraksi, parallaks Bulan serta DIP, dan rumus refraksi pertama sudah dikoreksi parallaks Bulan. Mengetahui hasil tinggi hilal lihat (*hilal mar'i*) tersebut hasilnya ada perbedaan yang jelas. Walaupun perbedaannya kecil hanya berada di menit, tentu akan mempengaruhi pada presisi hilal saat akan di lihat menggunakan teropong, teodolit ataupun alat lain yang bisa untuk melihat hilal. Namun karena yang penulis bahas adalah perhitungan mana yang ideal untuk perhitungan ketinggian hilal, maka hasil dari jawaban penulis adalah perhitungan

$$\text{dengan koreksi refraksi rumus pertama } R = \frac{1}{\tan\left(h_0 + \frac{7.31}{h_0 + 4.4}\right)}$$

karena rumus refraksi pertama tersebut sudah dikoreksi menggunakan parallaks Bulan.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Refraksi adalah pembiasan/pembelokan cahaya Matahari yang menyebabkan perbedaan antara tinggi suatu benda langit yang senyatanya dengan tinggi benda langit yang dilihat. Refraksi terjadi karena cahaya yang sampai di mata kita yang sudah menembus lapisan-lapisan atmosfer, setelah itu cahaya yang datang itu mengalami pembengkokkan padahal yang kita lihat merupakan arah lurus dari cahaya yang ditangkap oleh mata. Rumus refraksi pertama dengan koreksi ini yang dihisab adalah tinggi melihat hilal, bukan tinggi nyata. Terdapat dua model

perhitungan refraksi pertama $R = \frac{1}{\tan \left(h_0 + \frac{7.31}{h_0 + 4.4} \right)}$ dan rumus kedua $R = \frac{1.02}{\tan \left(h + \frac{10.3}{h + 5.11} \right)}$

2. Model perhitungan refraksi yang ideal untuk perhitungan ketinggian hilal adalah model rumus pertama $R = \frac{1}{\tan \left(h_0 + \frac{7.31}{h_0 + 4.4} \right)}$ karena dalam rumus pertama sudah dikoreksi oleh parallaks Bulan sedangkan untuk mengetahui ketinggian hilal lihat (*irtifa' hilal mar'i*) hasil perhitungannya harus dikoreksi dulu oleh beberapa koreksi yaitu semi diameter Bulan, parallaks Bulan, refraksi, dan DIP dan rumus refraksi satu sudah dikoreksi oleh parallaks Bulan.

B. Saran

Selesainya penulis melakukan penelitian terkait Model Perhitungan Refraksi dan Pengaruhnya Terhadap Hasil Perhitungan Ketinggian Hilal, dilanjutkan penulis menemukan beberapa saran, dengan saran sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan awal bulan dengan sistem Ephemeris yang terkesan monoton dan hanya tulisan saja mungkin orang yang membaca akan sulit memahami dan membaca bahkan kurang menarik, maka bisa dimodifikasi lagi menggunakan tabel atau menggunakan cara lain yang menarik pembaca.
2. Berdasarkan dari kedua rumus refraksi tersebut terkadang untuk menghitung ketinggian hilal lihat (*hilal mar'i*) masih ada yang menggunakan rumus yang salah yang seharusnya menggunakan rumus pertama tetapi menggunakan rumus kedua. Ataupun untuk menghitung lainnya yang seharusnya menggunakan rumus pertama tetapi menggunakan rumus kedua atau kebalikannya. Maka untuk memberi tahu kebenaran dan untuk menambah wawasan penulis membahas kedua rumus refraksi ini.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Al – Maraghiy, Mustafa. *Tafsir Al – Maraghiy*, diterjemahkan oleh Hery Noer Ali dkk, *Terjemah Tafsir Al – Maraghiy*. Cet. I, Semarang : Toha Putra, 1987.
- Azhari, Susiknan. *Ensiklopedia Hisab Rukyat*. Cet. II, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2008.
- Fakultas Syariah dan Hukum. *Petunjuk Penulisan Skripsi*. Surabaya, 2017.
- Hamidy, Muhammad. *Menuju Kesatuan Hari Raya*. Surabaya : PT. Bina Ilmu, 1995.
- Izzuddin, Ahmad. *Fiqih Hisab Rukyah*. Penerbit : Erlangga, 2007.
- Jamaluddin el – Fandy, Muhammad. *On Cosmic Verses In The Al – Qur’an* diterjemahkan oleh Abdul Bar Salim. *Al – Qur’an Tentang Alam Semesta*. Cet. IV, Jakarta : Amazah, 2013.
- Katsir, Ibnu. *Mukhtasor Tafsir Ibnu Katsir*, diterjemahkan oleh Salim Bahreisy dan Said Bahreisy. jilid 5, Surabaya : PT. Bina Ilmu.
- Khazin, Muhyidin. *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*. Cet. I, Yogyakarta : Buana Pustaka, 2004.
- Meeus, Jean. *Algoritma dan Astronomi*. edisi kedua. diterjemahkan oleh Dr. Ing Khafid, 1998.
- Muhammad Syakir, Ahmad. *Menentukan Hari Raya dan Awal Puasa*. Surabaya : Pustaka Progresif, 1993.
- Mukarram, Akh. *Ilmu Falak (Dasar – Dasar Hisab Praktis)*. Cet III, Sidoarjo : Grafika Media, 2015.

- Nawawi, Abd Salam. *Ilmu Falah Praktis (Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah)*. Surabaya : Imtiyaz, 2016.
- Ruskanda, Farid. *100 Masalah Hisab dan Rukyah*. Jakarta : Gema Insan Pers, 1994.
- Siyoto, Sandu dan Ali Sodik. *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta : Literasi Media Publishing, 2015.
- Tamwif, Irfan. *Metode Penelitian*. Sidoarjo : CV. Intan XII, 2014.
- Thaha, Ahmad. *Astronomi dalam Islam*. Surabaya : PT. Bina Ilmu, 1983.
- Badriyah, Nurul., dan Faisal. Penetapan Awal Bulan Dengan Metode Ittihadul Mathla' di Indonesia. Vol. 5, No. 1, *Al-Qadha*, Juli, 2018.
- Hidayatullah, Muhammad Syarief. *Acuan Tinggi Hilal Perspektif Nahdlatul Ulama Dan Muhammadiyah*. Vol. 13 No. 2, *Bilancia: Jurnal Studi Ilmu Syariah dan Hukum*, 2019.
- Iman RN, Bustanul. *Penetapan Awal Bulan Qamariyah Perspektif Fiqh*. Vol. 14, No.1, *Jurnal Hukum Diktum*, Juni, 2016
- Mahendra Taruna, Rian., dan Tio Azhar Prakoso, *Perkiraan Ketinggian Objek Alam Terhadap Horizon Untuk Evaluasi Lokasi Pengamatan Hilal di Lombok*. Vol. 7, No. 2, *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, Desember, 2017.
- Febryanti, Keki. *Sistem Hisab Kontemporer Dalam Menentukan Ketinggian Hilal (Perspektif Ephemeris Dan Almanak Nautika)*. Skripsi – Uin Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2011.
- Fitriyani, Merry. *Pendapat Empat Mazhab tentang Mathla' dalam Penentuan Awal*

Bulan Hijriah (Perspektif Astronomi). (Skripsi - IAIN Raden Intan, Lampung, 2017).

Khusnatul Fadhillah, Shintya. *Studi Komparasi Perhitungan Awal Bulan Kamariah Antara Kitab Tashilul Al- Amsilah Dengan Ephemeris*. Skripsi – UIN Sunan Ampel, Surabaya, 2021.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A