

**ANALISIS PENGGUNAAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*
DALAM PRAKTIK RUKYATUL HILAL PERSPEKTIF
HUKUM ISLAM**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi

Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Program Sastra 1 (S.1)



Disusun Oleh:

ZAINUL FITROH

2102046027

**PROGRAM STUDI ILMU FALAK
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2025**

PERSETUJUAN PEMBIMBING



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM
Jl. Prof. Dr. Hamka, km 2 (Kampus 3 UIN Walisongo) Ngaliyan, Semarang, 50185,
telp (024) 7601291)

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Hal : Naskah Skripsi
An. Sdr. Zainul Fitroh

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo
di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah melalui proses bimbingan dan perbaikan, bersama ini saya menyetujui naskah skripsi Saudari :

Nama : Zainul Fitroh
NIM : 2102046027
Prodi : Ilmu Falak

Judul : **"Analisis Penggunaan Artificial Intelligence dalam Praktik Rukyatul Hilal Perspektif Hukum Islam"**

Dengan ini saya mohon kiranya skripsi Saudari tersebut dapat segeradimunaqasyahkan.

Demikian, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 30 Mei 2025

Pembimbing I



Dr. Ahmad Svifaul Anam, S.H.I, M.H.
NIP. 198001202003121001

PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
Jl. Prof. Dr. Hamka No. 3, Ngaliyan, Semarang, 50185, Telp. (024) 7601291

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : "Analisis Penggunaan *Artificial Intelligence* dalam Praktik Rukyatul Hilal
Perspektif Hukum Islam"
Penulis : Zainul Fitroh
NIM : 2102046027
Jurusan : Ilmu Falak

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana.

Semarang, 7 Juli 2025

Dewan Penguji

Ketua Sidang

Dr. Ahmad Adin Kofuiddin, M.S.I.
NIP. 198911022018011001

Sekretaris Sidang

Ahmad Munif, M.S.I.
NIP. 198603062015031006

Penguji I

Drs. H. Maksud, M.Ag.
NIP. 196805151993031002



Penguji II

Karis Lusdianto, M.S.I.
NIP. 198910092019031005

Pembimbing

Dr. Ahmad Syifaul Anam, S.H.I., M.II.
NIP. 198001202003121001

PERSEMBAHAN

Dengan ucapan syukur kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini setelah bulan-bulan melawan kebodohan dan kelemahan diri. Shalawat serta salam selalu penulis haturkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang dinanti syafaatnya.

Dengan selesainya proses belajar di fase ini, penulis haturkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah menyongkong dan mendorong penulis dalam proses ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis persembahkan skripsi ini kepada:

1. Keempat orang tua penulis yang menjadi pelajaran dan sumber cinta kasih dalam diri penulis. Bapak Tukijan, atas pengajaran dan keluhuran yang diajarkan. Alm. Ibu Sri Palupi, sumber kasih tanpa pamrih, separuh jiwa penulis yang nyawa dan semangatnya terus hidup dalam setiap langkah penulis. Alm. Ibu Solikhah Nur Hidayat yang kehadirannya menempa hati dan jiwa penulis, yang memberikan pelajaran berharga dalam hidup penulis. Ibu Siti Asiyah, yang menghadirkan kasih sayang dan kehadiran seorang ibu.
2. Keempat kakak penulis, Rima Cahyaningtyasih, Ipuk Wahyu Utami, Darwin Dwi Putra Chaniago, dan Vambry Arukhiyat. Empat pilar pelindung yang tidak pernah menyerah dan terus memberi harapan pada penulis. Empat sosok yang mengisi bagian-bagian kosong dalam diri penulis. Terimakasih sudah menjadi tempat aman bagi penulis untuk terus hidup dan berkarya.
3. Fia Maulidia dan Salsabila Dhiya Alriye. Atas pelukan hangat, pemahaman tanpa penghakiman, ilmu serta perspektif yang dibagi dan ditumbuhkan, kelembutan, kebahagiaan dan rasa aman yang diberikan. Atas uluran tangannya di hari-hari tersulit penulis.

4. Zusnia Galuh Wati, Ahmad Tegar, Rizki Dunggio, Silva Azzahra, Anita Agustika, Tegar Ahmad, serta rekan-rekan wadyabala Justisia angkatan 2018, 2019, 2020, 2021 dan 2022. Terimakasih atas waktu, tawa, rasa sakit, kehangatan dan pembelajaran yang dibagikan sepanjang 4 tahun terakhir. Terimakasih telah menjadi tempat belajar dan bertumbuh sejak hari pertama. Bersama mereka, penulis menemukan nilai dalam hidup, semangat untuk membaca, menulis, cinta akan pengetahuan, menumbuhkan empati dan perspektif baru.
5. Bapak Ahmad Syifaul Anam, Bapak Ahmad Munif, Bapak Robiatul Muztaba, Bapak Ahmad Adib Rofiuddin, Fia Maulidia dan Salsabila Dhiya Alriye, guru-guru yang menuntun langkah penulis dalam proses penyusunan skripsi. Terimakasih atas kesabaran, pengetahuan, dan dukungan yang diberikan. Terimakasih atas pengajaran tanpa penghakiman, atas profesionalisme dan dedikasi tertinggi pada ilmu pengetahuan. Bersama mereka, penulis dapat belajar dengan rasa aman dan percaya diri.
6. Teman-teman KKN Desa Waluyorejo, atas kontribusinya membuka sudut pandang baru dalam melihat dunia. Dengan mereka, penulis berani membuka diri dan mulai mengambil langkah pertama setelah masa-masa sulit usai.
7. *Peer-counselor* Pilar PKBI dan dr. Tika Prasetiawati, Sp.KJ. atas bantuan dan profesionalitasnya sehingga penulis bisa kembali melangkah dan percaya pada hidup dan segala warnanya.
8. Musisi-musisi dan seniman yang memelihara jiwa dan semangat penulis, yang karya-karyanya senantiasa menyirami jiwa penulis untuk terus hidup, kembali menggambar dan bermusik: Vincent van Gogh, Claude Monet, Chopin, Tulus, Sal Priadi, Kunto Aji, Lee Jihoon, dan lain-lain.

MOTO

...يُرِيدُ اللَّهُ بِكُمُ الْيُسْرَ وَلَا يُرِيدُ بِكُمُ الْعُسْرَ وَلِتُكْمِلُوا الْعِدَّةَ وَلِتُكَبِّرُوا اللَّهَ
عَلَىٰ مَا هَدَيْكُم وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

Allah menghendaki kemudahan bagimu dan tidak menghendaki kesukaran. Hendaklah kamu mencukupkan bilangannya dan mengagungkan Allah atas petunjuk-Nya yang diberikan kepadamu agar kamu bersyukur.

Q.S. Al-Baqarah: 185

PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN

DEKLARASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Zainul Fitroh

NIM : 2102046027

Jurusan : Ilmu Falak

Fakultas : Fakultas Syariah dan Hukum

Dengan ini penulis menyatakan bahwa skripsi ini murni hasil karya penulis yang ditulis oleh penulis dengan penuh kejujuran dan penuh rasa tanggung jawab tanpa adanya plagiasi dari karya orang lain atau karya yang sudah diterbitkan sebelumnya, kecuali pada referensi yang digunakan penulis sebagai sumber bahan rujukan.

Semarang, 16 Juni 2025



Zainul Fitroh
NIM. 2102046027

PEDOMAN TRANSLITERASI

Transliterasi huruf Arab ke dalam huruf latin yang dipakai dalam penulisan skripsi ini berpedoman pada Buku Pedoman Tugas Akhir Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang.

I. Konsonan Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
ا	Alif	Tidak dilambangkan	Tidak dilambangkan
ب	Ba	B	Be
ت	Ta	T	Te
ث	Sa	ṣ	es (dengan titik diatas)
ج	Jim	J	Je
ح	Ha	ḥ	Ha
خ	Kha	Kh	ka dan ha
د	Dal	D	De
ذ	Dza	Ẓ	Zet
ر	Ra	R	Er
ز	Za	Z	Zet
س	Sin	S	Es
ش	Syin	Sy	es dan ye

ص	Sad	ş	Es
ض	Dad	d	de (dengan titik di bawah)
ط	Tha	t	te (dengan titik di bawah)
ظ	Zha	z	Zet
ع	‘ain	‘	koma terbalik di atas
غ	Gain	G	Ge
ف	Fa’	F	Ef
ق	Qa	Q	Qi
ك	Kaf	K	Ka
ل	Lam	L	‘el
م	Mim	M	‘em
ن	Nun	N	‘en
و	Wau	W	W
ه	Ha	H	Ha
ء	Hamzah	— ’	Apostrof
ي	Ya	Y	Ye

II. *Ta’marbutah* di Akhir Kata

a. Bila dimatikan ditulis h

- b. Bila diikuti dengan kata sandang ‘al’ serta bacaan kedua itu terpisah, maka ditulis h
- c. Bila ta’marbutah hidup atau dengan harakat fathah, kasrah, dan dammah ditulis t

III. Vokal Pendek

َ	Fathah	Ditulis	<i>a</i>
ِ	Kasrah	Ditulis	<i>i</i>
ُ	Dammah	Ditulis	<i>u</i>

IV. Vokal Pendek yang Berurutan dalam Satu Kata Dipisahkan Dengan Apostrof

انتم	Ditulis	<i>a’antum</i>
اعدت	Ditulis	<i>‘u’iddat</i>

V. Kata Sandang Alif+Lam

- a. Nila diikuti huruf *qomariyah* ditulis L (*el*)

القران	Ditulis	<i>al-Qur’an</i>
القياس	Ditulis	<i>al-Qiyas</i>

- b. Bila diikuti huruf *syamsiyah* ditulis dengan menggunakan huruf *syamsiyah* yang mengikutinya, serta menghilangkan huruf l (*el*)nya.

السماء	Ditulis	<i>as-Samaa'</i>
الشمس	Ditulis	<i>asy-Syams</i>

VI. Penulisan Kata-Kata dalam Rangkaian Kalimat

بداية لاجتهد	Ditulis	<i>bidayatul mujtahid</i>
سد الذريعة	Ditulis	<i>sadd adz dzariah</i>

VII. Pengecualian

Sistem transliterasi tidak berlaku pada:

- Kosa kata Arab yang lazim dalam Bahasa Indonesia dan terdapat dalam Kamus Umum Bahasa Indonesia, misalnya:
Al-Qur'an, hadis, mazhab, lafaz
- Judul buku yang menggunakan kata Arab, namun sudah dilatinkan oleh penerbit, seperti judul buku *Ushul al-Fiqh al-Islami, Fiqh Munakahat*.
- Nama penerbit di Indonesia yang menggunakan kata Arab, misalnya Toko Hidayah dan Mizan.

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi semakin pesatnya perkembangan *artificial intelligence* dalam berbagai aspek dan diskursus, salah satunya rukyatul hilal. Dalam rukyatul hilal, *artificial intelligence* mampu mengolah dan mendeteksi hilal secara otomatis. Meskipun demikian, belum ada hukum Islam yang mengakomodir penggunaan teknologi ini dalam rukyatul hilal, padahal teknologi ini sangat membantu meningkatkan kualitas pengamatan, terutama ketika kondisi langit berawan. Pembahasan dan diskusi mengenai hal ini juga belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini ditulis untuk mengakomodir hukum penggunaan *artificial intelligence* dalam rukyatul hilal. Penelitian merupakan penelitian kualitatif dengan metode *library research*. Data dari penelitian ini didapatkan melalui dokumen, publikasi resmi, dan literatur lain yang berkaitan dengan pembahasan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan pendekatan hukum Islam kontemporer.

Penulis menganalisis persoalan ini menggunakan perpaduan *intiqā'i* dan *insyā'i* dengan cara membandingkan kemudian memilih salah satu pendapat yang paling kuat dan relevan. Selanjutnya penulis menganalisa pendapat tersebut sesuai dengan konteks zaman dengan tetap mengutamakan kemaslahatan. Hasil pembahasan, *artificial intelligence* dapat digunakan sebagai alat bantu dalam rukyatul hilal dengan catatan model mumpuni untuk pengolahan data visual dan dilatih dengan pendekatan supervised learning. Model juga harus didukung alat optik yang mumpuni. Pengamatan juga harus didasarkan pada hasil hisab yang dapat dipertanggungjawabkan.

Berdasarkan pada penemuan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk dikaji lebih dalam. Praktik

penggunaan *artificial intelligence* dalam rukyatul hilal masih sedikit sehingga diperlukan kajian lebih mendalam pada kasus yang lebih bervariasi baik dalam aspek kriteria visibilitas, kajian pada model yang lebih bervariasi dan kajian hukumnya di berbagai konteks.

Kata Kunci: *Artificial Intelligence*, Rukyatul Hilal, Hukum Islam

ABSTRACT

This research is driven by the rapid development of artificial intelligence in various aspects and discourses, one of which is rukyatul hilal. Artificial intelligence is capable of processing and detecting the crescent moon automatically. However, there are no Islamic laws that accommodate the use of this technology in rukyatul hilal, despite the fact that this technology greatly helps improve the quality of observation, especially when the sky is cloudy. Discussions and debates on this issue have also rarely been conducted. Therefore, this undergraduate thesis was written to address the legal aspects of using artificial intelligence in rukyatul hilal. This research is a qualitative study using the library research method. Data for this study was obtained from documents, official publications, and other literature related to the discussion. In this study, the author uses a contemporary Islamic legal approach.

The author analyzes this issue using a combination of *intiqā'i* and *insya'i* methods by comparing and selecting the strongest and most relevant opinion. The author then analyzed the opinion in accordance with the context of the times while prioritizing the greater good. The results of the discussion indicate that artificial intelligence can be used as an auxiliary tool in rukyatul hilal, provided that the model is capable of processing visual data and is trained using a supervised learning approach. The model must also be supported by capable optical equipment. Observations must also be based on reliable calculations.

Based on the findings, there are several suggestions that can be considered for further study. The practice of using artificial intelligence in rukyatul hilal is still limited, so further research is needed on more varied cases, including aspects of visibility

criteria, studies on more varied models, and legal studies in various contexts.

Keywords: Artificial Intelligence, Rukyatul Hilal, Islamic Law

PRAKATA

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Puji dan Syukur penulis curahkan kehadirat Allah SWT. Atas berkat rahmat, taufik dan hidayahnya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul: **ANALISIS PENGGUNAAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* DALAM RUKYATUL HILAL PERSPEKTIF HUKUM ISLAM.** Meskipun jauh dari kata sempurna dan penuh perjuangan, penulis akhirnya mampu menyelesaikannya sebagai satu *milestone* dalam hidup.

Shalawat serta salam selalu penulis panjatkan kepada junjungan yang mulia, Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan umatnya, yang dinantikan syafaatnya di dunia dan di akhirat.

Skripsi ini diselesaikan dalam waktu yang cukup panjang sebab internal dalam diri penulis. Baik dalam persoalan pengetahuan maupun kondisi mental penulis. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada bapak Dr. Ahmad Syifaul Anam, S.H.I., M.H. yang telah sabar membimbing, mendengarkan dan berbagi pengetahuan dan sudut pandang dengan penulis. Penulis juga berterimakasih kepada bapak Ahmad Munif, M.S.I., atas segala kesabaran dan waktu yang diluangkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dan keraguan penulis. Semoga Allah SWT memberikan keberkahan dalam hidup untuknya dan keluarganya.

Skripsi ini tidak hanya ditulis untuk memenuhi persyaratan sarjana strata satu. Ini merupakan proses pencarian, pembacaan, olah pikir dan refleksi, sebuah perjalanan panjang mengejar rasa lapar dan haus akan pengetahuan, memenuhi rasa ingin tahu. Dari proses olah pikir ini, penulis berharap skripsi ini dapat memantik ide-ide untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang terkait.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 17 Juni 2025
Penulis,

Zainul Fitroh
NIM 2102046027

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
PENGESAHAN	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTO	v
PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN	vi
PEDOMAN TRANSLITERASI.....	vii
ABSTRAK.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xiii
PRAKATA	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
A. Rumusan Masalah.....	7
B. Tujuan Penelitian	7
C. Manfaat Penelitian	7
D. Telaah Pustaka	8
E. Metode Penelitian	13
F. Sistematika Penulisan	15
BAB II RUKYATUL HILAL, <i>ARTIFICIAL</i> <i>INTELLIGENCE</i> , DAN FIKIH KONTEMPORER.....	17
A. Rukyatul Hilal	17
B. <i>Artificial Intelligence</i>	33

C. Metode Ijtihad Kontemporer	45
BAB III IMPLEMENTASI TEKNOLOGI <i>ARTIFICIAL INTELLIGENCE</i> DALAM RUKYATUL HILAL	57
A. Sistem <i>Hardware</i>	57
B. Sistem <i>Software</i>	60
C. <i>Training</i> dan Pengujian	64
BAB IV TINJAUAN HUKUM ISLAM TERHADAP IMPLEMENTASI <i>ARTIFICIAL INTELLIGENCE</i> DALAM RUKYATUL HILAL	71
A. Pendapat Ulama dan Kelompok terhadap Penggunaan Alat Bantu dalam Rukyatul Hilal	71
B. Analisis Hukum Penggunaan AI dalam Rukyatul Hilal	82
C. Evaluasi Konteks dan Potensi	86
BAB IV PENUTUP	88
A. Kesimpulan	88
B. Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	102
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	107

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pengaturan hiperparameter training RFCD (Sumber: Muztaba, 2023).....	66
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Skema optik pada teleskop OZT-ALTS (Sumber: Muztaba, 2023).....	60
Gambar 3.2 Skema alur kerja jaringan konvolusi	61
Gambar 3.3 Deteksi hilal 1 Ramadhan 1444 H pukul 13.03 WIB	69
Gambar 3.4 Hasil pengujian RDFC pada hilal 1 Ramadhan 1444 H pukul 16.52 WIB	70

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Rukyatul hilal merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan masuknya bulan baru dalam kalender Hijriyah. Dalam praktiknya, rukyatul hilal sering kali dihadapkan dengan beberapa persoalan. Hilal atau bulan baru yang diamati di ufuk memiliki visibilitas yang kecil. Selain tipis, hilal juga cenderung kurang nampak sebab kecerahan latar belakang yang tinggi ditambah kondisi atmosfer yang menyebabkan gangguan optik. Tidak jarang, karena posisinya yang dekat dengan cakrawala, hilal sering kali tertutup awan atau kabut. Hal ini meningkatkan kesulitan dalam mengidentifikasi hilal. Hilal juga sulit terlihat apabila kontras dengan latar belakang kurang.

Untuk mengatasi persoalan hilal yang sulit dilihat, teleskop astronomis digunakan dalam rukyatul hilal. Dalam praktik rukyatul hilal modern, teknologi digital udah mulai digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. *Image processing* hadir untuk menjawab permasalahan ini. *Image processing* mengolah data yang diperoleh melalui pengambilan citra benda langit dengan menggunakan foto. Pengambilan citra dapat dilakukan dengan menggunakan kamera *Digital Single Lens Reflex* (DSLR) yang paling sederhana dipadukan dengan teropong digital berteknologi mutakhir.

Metode *image processing* bervariasi tergantung perangkat dan pengamat yang mengoperasikan. Perkembangan terkini, proses pengolahan citra ini dapat

dilakukan secara otomatis dengan bantuan kecerdasan buatan.

Kecerdasan buatan atau yang biasa dikenal sebagai AI (*Artificial Intelligence*) merupakan algoritma yang disusun menyerupai cara kerja neuron otak manusia. Ia mampu mengerjakan tugas yang kompleks dengan instruksi yang minimum. Ide awal AI berasal dari formula matematika yang merumuskan cara kerja neuron otak.¹ Formula ini merupakan hasil kajian terhadap neuron manusia yang kemudian menimbulkan pertanyaan mengenai kemungkinan mesin yang mampu berpikir layaknya otak manusia.² Dari gagasan ini kemudian inovasi AI modern berkembang pesat. AI kini mampu melakukan kerja-kerja yang membantu manusia, di antaranya *autonomous systems*, *machine learning*, *deep learning*, *pattern recognition*, dan masih banyak lagi.³

Sistem-sistem AI dipergunakan dalam berbagai bidang termasuk astronomi. Dalam astronomi, AI digunakan untuk melakukan *data analysis*. AI mampu mengolah berbagai jenis data berskala besar (*big data*) mulai dari gelombang radio hingga sinar X.⁴ Khusus dalam bidang *digital imaging*, AI telah dimanfaatkan untuk berbagai penelitian seperti menghitung jumlah kawah

¹ Kevin Warwick, *Artificial Intelligence: the basics*, 1 ed. (New York: Routledge, 2012), 3.

² Warwick, 2.

³ Melinda Malau dkk., “Perkembangan Artificial Intelligence dan Tantangan Generasi Muda di Era Super Digitalized,” *IKRA-ITH ABDIMAS* 8, no. 1 (2024): 225.

⁴ Bhagyashree Patil, “AI in Astronomy,” *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology* 3, no. 2 (24 Juli 2023): 2, <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-12167>.

bulan serta menghitung kedalaman kawah.⁵ Dalam penelitian yang lain, AI dapat dimanfaatkan untuk mengolah dan mendeteksi hilal.

AI dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi bulan baru (hilal). Dalam praktiknya, AI yang digunakan dalam rukyatul hilal memiliki fungsi-fungsi pengolahan citra seperti segmentasi dan deteksi objek. terdapat banyak model yang dapat digunakan, di antaranya Mask-RCNN, Faster R-CNN, YOLO, dan beberapa model *machine learning*. Terlepas dari banyaknya model yang dapat digunakan, terdapat satu kesamaan yang mendasari arsitektur variasi tersebut, yakni model *training*.

Kebanyakan model yang digunakan untuk mengolah citra hilal berbasis syaraf konvolusi yang dilatih dengan pendekatan *supervised learning*. Sebab banyaknya variasi AI, penelitian ini fokus mengkaji penerapan AI pada sistem *deep learning* RFCD yang dikembangkan Robiatul Muztaba. Penulis memilih teknologi ini sebab sifatnya yang inovatif, terdokumentasi dan telah dipraktekkan dalam rukyatul hilal Ramadhan 1444 H.

RFCD diperkenalkan oleh Robiatul Muztaba. Muztaba memperkenalkan sistem olah citra yang difasilitasi teleskop robotik. Sistem yang dinamai Realtime Fasting Crescent Detector (RFCD) ini tersusun atas teleskop, kamera digital, kamera inframerah dan program *deep learning* yang memungkinkan *image processing*

⁵ Mimansa Sinha dkk., “Automated Lunar Crater Identification with Chandrayaan-2 TMC-2 Images using Deep Convolutional Neural Networks,” *Scientific Reports* 2024 14:1 14, no. 1 (8 April 2024): 1–24, <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58438-4>.

dilakukan secara otomatis dan akurat.⁶ *Deep learning* merupakan cabang dari *mechine learning* yang masih termasuk dalam pembahasan AI, masih merupakan sistem dengan struktur algoritma yang menyerupai jaringan saraf.⁷ Dalam penelitian ini Muztaba memperkenalkan program yang telah dikembangkan untuk mengolah gambar hilal yang diambil dengan menggunakan ITERA Robotic Telescope.

Penelitian ini merupakan bagian dari disertasi Muztaba yang berjudul *Teknik Baru dalam Observasi Bulan Menggunakan Sistem Cerdas Buatan*. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil 5 citra hilal dengan keadaan yang berbeda, kemudian menetes 5 citra tersebut dengan dua metode ekualisasi histogram *Histogram Equalization* (HE) dan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE). Selanjutnya hasil pengolahan EQ dan CLAHE diolah menggunakan enam metode *thresholding* berbeda.

Penelitian ini kemudian dikembangkan dengan sistem yang berbeda. Pengembangan ini menggunakan teleskop OZT-ALTS dan *software* berbasis Mask R-CNN. *Software* ini berfungsi mengoperasikan teleskop sekaligus mengolah citra yang dihasilkan. Sistem ini melalui

⁶ R. Muztaba, H.L. Malasan, dan M. Djamal, "Deep learning for crescent detection and recognition: Implementation of Mask R-CNN to the observational Lunar dataset collected with the Robotic Lunar Telescope System," *Astronomy and Computing* 45 (Oktober 2023): 4, <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2023.100757>.

⁷ M. F. R. Akbari, B Rahayudi, dan L. Muflikhah, "Implementasi Deep Learning menggunakan Algoritma EfficientDet untuk Sistem Deteksi Kelayakan Penerima Bantuan Langsung Tunai berdasarkan Citra Rumah di Wilayah Kabupaten Kediri," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer* 7, no. 4 (10 Juli 2023): 1818.

training terhadap 3202 sampel yang terdiri atas 7 fase dengan jumlah data sabit awal berjumlah 2471. Penelitian ini menunjukkan penggunaan Mask R-CNN sangat sesuai untuk menganalisis citra hilal dengan kondisi langit yang kurang mendukung. Semua sampel citra hilal yang diuji berhasil dideteksi dan disegmentasi secara akurat. Teknologi ini berhasil teruji pada hilal 1 Ramadhan 1444 H.⁸ Meskipun akurat dan cepat, penggunaan *deep learning* sebagai bentuk dari AI dalam rukyatul hilal masih belum jelas status hukumnya.

Kebolehan penggunaan perangkat bantu baik manual maupun digital dalam rukyatul hilal masih diperdebatkan. Dalam konteks rukyat konvensional dengan alat optik, sebagian ulama memperbolehkan penggunaan alat optik seperti cermin atau *ballur*, Sebagian yang lain menolak praktik ini. Pendapat yang melarang menganggap hilal yang dilihat menggunakan alat bantu seperti cermin atau *ballur* bukan hilal yang sebenarnya melainkan hanya bayangannya saja. Adapun dalam konteks rukyat kontemporer, perdebatan bergeser pada kebolehan menggunakan teknologi digital. Teknologi yang sering menjadi perdebatan adalah *image processing*. Sebagian ulama memperbolehkan dengan syarat embrio hilal dapat terlihat, yang lain mensyaratkan metode ilmiah dan divalidasi dengan bukti pendukung lain.⁹

⁸ Muztaba, Malasan, dan Djamal, "Deep learning for crescent detection and recognition: Implementation of Mask R-CNN to the observational Lunar dataset collected with the Robotic Lunar Telescope System," 12.

⁹ Riza Afrian Mustaqim, "Pandangan Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi di BMKG Untuk Rukyatul Hilal," *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, no. 1 (2018): 99, <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/jam.v4i1.1937>.

Rukyatul hilal menggunakan sistem AI bekerja dengan cara yang berbeda dengan *image processing* manual. Mulai dari pengambilan gambar hingga olah citra dilakukan secara otomatis oleh sistem. Sejauh pencarian penulis, tinjauan hukum Islam terkait penggunaan AI sudah dilakukan, salah satunya dalam MUNAS NU tahun 2023 silam. Berdasarkan hasil MUNAS ini, penggunaan AI dalam praktik hukum Islam tidak diperbolehkan dengan beberapa pertimbangan, di antaranya kebenarannya yang belum terjamin, jawaban yang halusinatif, juga bias terhadap produsen yang merupakan orang-orang non-muslim.¹⁰

Meskipun demikian, AI yang dimaksud dalam hasil MUNAS dengan teknologi AI dalam RFCD tidak sama. Dibandingkan dengan AI yang dibahas pada MUNAS, perbedaan ini mencakup perancangan yang berbasis pengetahuan mendalam dan spesifik mengenai hilal dan penciptanya yang merupakan orang muslim. Berdasarkan perbedaan ini, maka penggunaan *artificial intelligence* dalam praktik rukyatul hilal perlu ditinjau hukumnya. Hal ini diperlukan untuk mengisi kekosongan hukum dan menghadapi potensi perkembangan AI dalam ilmu falak di masa mendatang. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan perspektif kontemporer dan memadukan pendekatan saintifik untuk mengakomodir pembahasan teknologi *artificial intelligence* yang belum banyak dibahas dalam ranah fikih klasik.

¹⁰ Muhammad Syakir, "Munas NU 2023: Bertanya Ke AI Boleh, Tapi Haram Dijadikan Pedoman Untuk Diamalkan," NU Online, September 19, 2023, Diakses pada 13 Oktober 2024.

A. Rumusan Masalah

1. Bagaimana implementasi *artificial intelligence* dalam rukyatul hilal?
2. Bagaimana tinjauan hukum Islam terhadap implementasi *artificial intelligence* dalam praktik rukyatul hilal?

B. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada pokok-pokok permasalahan di atas, tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui implementasi *artificial intelligence* dalam rukyatul hilal.
2. Mengetahui tinjauan hukum Islam terhadap implementasi *artificial intelligence* dalam praktik rukyatul hilal.

C. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Hasil penelitian ini menjadi pemantik dalam pengembangan diskursus Ilmu Falak, utamanya yang berkaitan dengan hukum penggunaan teknologi yang semakin berkembang.
 - b. Hasil penelitian dapat menambah khazanah ilmu pengetahuan dalam diskursus ilmu falak.
2. Manfaat Praktis
 - a. Penelitian ini dapat menjadi pedoman dalam perkembangan diskusi hukum penggunaan AI dalam praktik rukyatul hilal.
 - b. Hasil penelitian dapat dijadikan rujukan dalam penelitian lebih lanjut mengenai kajian hukum

Islam terhadap permasalahan penggunaan AI dalam diskursus ilmu falak.

D. Telaah Pustaka

Telaah pustaka atau tinjauan pustaka merupakan kegiatan meninjau kepustakaan yang terkait dengan penelitian yang tengah dilakukan. Telaah pustaka dilakukan untuk menemukan relevansi penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu serta menggali teori dan konsep yang dijadikan dasar penelitian. Selain itu, telaah pustaka sebagai salah satu tahap *preliminary research* dilakukan untuk mengetahui kebaruan penelitian yang tengah dilakukan. Peneliti menggunakan beberapa literatur yang berkaitan dengan hukum penggunaan teknologi dalam proses rukyatul hilal sebagai dasar dari penelitian ini.

Skripsi berjudul *Urgensi Saksi Rukyatul Hilal di Era Digitalisasi Perspektif Ilmu Falak* oleh Darma. Kesaksian hilal dalam perspektif konservatif memandang sumpah dari saksi yang adil sebagai kesaksian yang kuat sehingga dapat dijadikan dasar penentuan dalam sidang isbat. Darma melihat urgensi bukti fisik yang diperoleh dengan bantuan alat digital untuk memperkuat objektivitas kesaksian rukyat. Berdasarkan penelitian dan data yang diperoleh, Darma kemudian menyimpulkan andil saksi dalam proses rukyat tetap utama mengingat unsur kesaksian yang krusial dalam penentuan hilal. Digitalisasi atau teknologi digital di sini hanya berfungsi mengurangi *human error* yang mungkin terjadi.¹¹ Penelitian ini membahas teknologi digital yang belum terautomasi,

¹¹ Darma, “Urgensi Saksi Rukyatul Hilal di Era Digitalisasi Perspektif Ilmu Falak” (Skripsi, UIN Alauddin Makassar, 2023).

sedangkan pada penelitian penulis, objek yang merupakan teknologi *artificial intelligence*, bersifat otomatis.

Skripsi berjudul *Pandangan Tokoh Falak Ponorogo Terhadap Keabsahan Rukyatul Hilal dengan Digital Image processing Perpektif Fikih* oleh Ivan Reza Devani Purwanto. Skripsi ini meneliti pendapat tokoh falak di area Ponorogo mengenai penggunaan *digital image processing* dengan kesimpulan, penggunaan *digital image processing* dalam rukyatul hilal dianggap sah sebab teknologi ini menepis subjektifitas dan dapat dipertanggungjawabkan. Perbedaan penelitian ini lagi-lagi ada pada objeknya yang masih manual, sedangkan dalam penelitian penulis objek penelitian berupa *image processing* yang diautomasi dengan program *artificial intelligence*.¹²

Artikel ilmiah oleh Riza Afrian Mustaqim, "Pandangan Ulama Terhadap *Image processing* pada Astrofotografi di BMKG untuk Rukyatul Hilal", Riza mengolah data ketinggian hilal dan jumlah hilal yang teramati oleh BMKG dalam jangka waktu tertentu. Hasil pengamatan kemudian dianalisis visibilitas dan ketinggiannya. Pada ketinggian 6 derajat hanya terdapat 4 data hilal yang teramati dengan mata telanjang, sedangkan pada ketinggian di atas 10 derajat, jumlah data hilal teramati meningkat cukup drastis. Hilal baru dapat terlihat dengan jelas pada ketinggian 6 derajat, sedangkan pada ketinggian lebih dari 10 derajat hilal dapat dilihat tanpa bantuan *image processing*. Teknologi *image processing*

¹² Ivan R. D. Purwanto, "Pandangan Tokoh Falak Ponorogo terhadap Keabsahan Rukyatul Hilal dengan Digital Image Processing Perspektif Fikih" (Skripsi, INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI PONOROGO, 2024).

menawarkan kemudahan atas permasalahan tersebut. Meskipun dengan keberhasilan yang tinggi, kesimpulan penelitian ini berakhir pada pendapat yang berbeda-beda.¹³

Dalam memandang hukum penggunaan *image processing*, para ulama terbagi menjadi tiga kubu. Yang pertama adalah ulama yang tidak menerima kesaksian rukyatul hilal menggunakan *image processing*. Kalangan ini beranggapan bahwa hanya kesaksian dengan mata telanjanglah yang diterima dalam rukyatul hilal, alat optik hanya terbatas membantu penglihatan. Kelompok kedua beranggapan bahwa penggunaan *image processing* diperbolehkan sebatas untuk memperjelas citra, namun embrio hilal harus terlihat terlebih dahulu. Kesaksian hilal hasil *image processing* tanpa melihat hilal secara riil tidak diterima. Kemudian kelompok yang terakhir adalah para ahli yang memperbolehkan penggunaan *image processing* dan menerima kesaksiannya secara utuh. Menurut kelompok ini, *image processing* merupakan metode saintifik yang hanya mengolah data yang ada secara riil. *Image processing* tidak akan menghasilkan sesuatu yang nyata tidak ada. Penelitian ini sama-sama meneliti penggunaan teknologi dalam rukyatul hilal, namun dalam penelitian ini teknologi yang digunakan belum terautomasi. Hal ini menjadi perbedaan yang signifikan mengingat

Di antara studi yang membahas hukum penggunaan AI dalam praktik hukum Islam adalah *Pertanggungjawaban Hukum Intelligence Dalam Tindak*

¹³ Mustaqim, "Pandangan Ulama Terhadap Image processing Pada Astrofotografi di BMKG Untuk Rukyatul Hilal," 79.

Pidana Ekonomi Perspektif Hukum Positif dan Hukum Islam Indonesia oleh Robby Maulana Ibrahim. Dalam penelitian ini, AI tegas diposisikan sebagai alat, sebuah objek ciptaan manusia yang tidak bisa bertindak tanpa adanya instruksi. AI tidak dapat diposisikan sebagai subjek hukum sehingga tidak dapat dimintai pertanggungjawaban hukum. Bagaimanapun hasil pengolahan AI, maka pertanggungjawaban akhirnya tetap pada manusia yang mengoperasikannya¹⁴ Perbedaan penelitian ini dengan penelitian penulis, penelitian ini mengkaji *artificial intelligence* dalam bentuk yang berbeda dengan teknologi yang digunakan dalam penelitian penulis.

Hukum Saksi Rukyatul Hilal Menggunakan Teleskop, sebuah skripsi yang ditulis oleh Ramdan. Skripsi ini menganalisis hukum kesaksian rukyatul hilal menggunakan teleskop dengan terlebih dahulu menganalisis kedudukan teleskop dalam praktik rukyatul hilal, kemudian meninjau hukum menggunakan ushul fikih dan menganalisis pendapat dari para ulama mengenai penggunaan alat bantu dalam rukyatul hilal. Dalam penelitian ini, pemaknaan kata *rā'a* menjadi sebab terjadinya perbedaan pendapat di antara para ulama. Pendapat ulama digunakan sebagai acuan dengan alasan tidak adanya *nash* yang menjelaskan mengenai penggunaan alat optik dalam al-Quran dan *sunnah*. Berdasarkan hasil telaah pendapat para ulama, sebagian ulama berpendapat boleh menggunakan teleskop ketika melakukan rukyatul hilal, namun sebagian yang lain

¹⁴ Robby M. Ihsan, "Pertanggungjawaban Hukum Artificial Intelligence Dalam Tindak Pidana Ekonomi Perspektif Hukum Positif dan Hukum Islam Indonesia" (Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2024).

berpendapat teleskop tidak boleh digunakan dalam rukyat sebab dikhawatirkan pantulan yang dihasilkan bukan bentuk asli hilal.¹⁵ Penelitian ini berbeda dengan penelitian penulis pada aspek objek penelitiannya. Penelitian dalam skripsi ini fokus pada posisi penggunaan teleskop yang merupakan alat bantu rukyatul hilal tanpa automasi, sedangkan penelitian penulis mengaji alat bantu yang berbasis AI.

Dari kajian-kajian tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan pada tinjauan dan objeknya. Penelitian terdahulu mengkaji AI dalam bentuk inovasi dan praktik secara saintifik, namun tidak mengaji aspek hukumnya. Penelitian yang lain mengkaji hukum penggunaan alat bantu dalam rukyatul hilal dalam kategori alat optik manual dan teknologi digital yang belum terautomasi. Belum ada tinjauan hukum penggunaan teknologi berbasis AI. Adapun tinjauan hukum Islam mengenai penggunaan AI, peruntukannya bukan menyangkut rukyatul hilal, bentuk programnya pun berbeda dengan program dalam penelitian ini. Bentuk teknologi AI yang dirancang oleh Robiatul Muztaba tidak sama dengan AI yang diakses dan dimanfaatkan oleh khalayak untuk berbagai peruntukan termasuk dalam penentuan hukum.

Kesimpulannya, *research gap* penelitian ini dengan penelitian-penelitian yang sudah ada adalah pada analisis hukum Islam terhadap penggunaan *artificial intelligence* (AI) dalam praktik rukyatul hilal. Pengolahan citra menggunakan AI meminimalisir campur tangan manusia dalam rukyatul hilal sehingga mengaburkan

¹⁵ Ramdan, "Hukum Saksi Rukyatul Hilal Menggunakan Teleskop" (Skripsi, Universitas Islam Negeri Mataram, 2021).

posisinya antara sebagai alat atau subjek. Ketidakjelasan posisi inilah yang kemudian menjadi persoalan dapat diterima atau tidaknya kesaksian rukyatul hilal *image processing* olah citra AI.

E. Metode Penelitian

Menurut Sugiyono, metode penelitian adalah cara ilmiah untuk memperoleh data dengan tujuan dan kegunaan tertentu.¹⁶ Metode penting ditentukan dalam penelitian supaya penelitian dapat dilakukan secara sistematis dan terfokus sehingga tujuan penelitian dapat tercapai.

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif. Objek kajian berupa praktik penggunaan AI dalam rukyatul hilal yang pada menunjukkan perbedaan antara praktik dan normatif hukum Islam. Metode ini biasa digunakan untuk menemukan makna atau pemahaman dari objek. Data yang diolah dalam pendekatan ini biasanya berbentuk gambar, kata, maupun kejadian yang masih dalam “*natural setting*”.¹⁷

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan analisis pada prosedur penggunaan AI dalam RFCD, kemudian dikaji menggunakan perspektif hukum Islam kontemporer melalui pendekatan multidisipliner.

2. Sumber dan Jenis Data

¹⁶ Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*, 1 ed. (Bandung: Alfabeta, 2013), 2.

¹⁷ Andi Ibrahim dkk., *Metodologi Penelitian* (Samata-Gowa: Gunadarma, 2018), 21.

a. Sumber Data

Sumber data adalah dari mana data diperoleh, dapat pula didefinisikan sebagai benda atau orang, tempat peneliti mengamati, membaca atau bertanya mengenai informasi tertentu yang berkaitan dengan masalah penelitian. Penelitian ini menggunakan dua jenis sumber data yaitu:

1) Data Primer

Data primer didapatkan dari sumber yang langsung memberikan data kepada peneliti.¹⁸ Dalam penelitian ini data primer didapatkan dari penelitian disertasi Robiatul Muztaba berjudul *Teknik Baru dalam Pengamatan Bulan Menggunakan Sistem Kecerdasan Buatan*. Penulis merujuk artikel ilmiah berjudul *Deep learning for crescent detection and recognition: Implementation of Mask R-CNN to the observational Lunar dataset collected with the Robotic Lunar Telescope System* yang merupakan bentuk pengembangan dari penelitian yang menggunakan OpenCV. Data ini didukung dengan wawancara dengan peneliti sekaligus pencipta, Robiatul Muztaba.

2) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang tidak secara langsung memberikan data kepada peneliti.¹⁹ Sumber data sekunder dapat ditemukan pada artikel ilmiah, catatan-

¹⁸ Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*, 236.

¹⁹ Sugiyono, 236.

catatan, buku dan lain sebagainya yang memiliki keterkaitan dengan *artificial intelligence*, rukyatul hilal dan metode fikih kontemporer.

b. Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui riset kepustakaan (*library research*). *Library research* dipilih karena dalam penelitian ini objek kajian merupakan permasalahan teoritis yang fokus pada analisis konseptual.

c. Teknik Analisis Data

Analisis data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah analisis kualitatif-deskriptif. Analisis deskriptif dilakukan untuk mendapatkan landasan teoritis bagi fenomena yang dijadikan objek penelitian. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan dengan meninjau prosedur penggunaan *artificial intelligence* kemudian menganalisis menggunakan perspektif hukum Islam kontemporer dan pendekatan multidisipliner.

F. Sistematika Penulisan

Skripsi ini terdiri dari lima bab. Bab I yaitu Pendahuluan, berisi latar belakang penelitian, pertanyaan kunci yang termuat dalam rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, juga metode penelitian yang digunakan. Selanjutnya, Bab II adalah landasan teori. Bab ini berfungsi memberikan landasan teoritis mengenai variable-variabel dalam penelitian berupa penjelasan mengenai rukyatul hilal, penggunaan alat dalam praktik rukyatul hilal, hingga teori umum mengenai *artificial intelligence*.

Di bab selanjutnya, yakni Bab III membahas mengenai objek penelitian, yakni sistem penggunaan *artificial intelligence* dalam rukyatul hilal. Teknologi yang akan dijelaskan dalam bab ini adalah sistem teleskop robotik yang terdiri atas sistem teleskop dan cara kerja program *artificial intelligence* dalam melakukan penangkapan gambar sekaligus olah citra. Dalam bab ini, penulis hanya fokus pada cara kerja RFCD, sebab masih sedikitnya penerapan AI dalam rukyatul hilal yang terverifikasi dan dipublikasi secara rinci. Selain itu penyempitan pembahasan ke dalam sebuah kasus memungkinkan penulis menganalisis teknologi ini secara mendalam mengingat banyaknya variasi lain dalam teknologi AI.

Memasuki bagian utama, Bab IV akan memuat analisis terhadap objek berdasarkan teori yang telah dipaparkan pada bab-bab sebelumnya. Bab ini menyajikan analisis penggunaan AI dalam praktik rukyatul hilal dalam teknologi berbasis AI dari sudut pandang hukum Islam berdasarkan literatur yang mendukung.

Yang terakhir, Bab V merupakan penutup. Bab ini memuat kesimpulan hasil penelitian, kritik dan saran terhadap penelitian ini.

BAB II

RUKYATUL HILAL, *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*, DAN FIKIH KONTEMPORER

A. Rukyatul Hilal

1. Pengertian dan Dasar Hukum Rukyatul Hilal

Rukyatul hilal merupakan observasi yang dilakukan untuk menentukan awal bulan hijriyah. Rukyatul hilal tersusun atas kata rukyat dan hilal. Rukyat sebagaimana kosa kata bahasa Arab pada umumnya memiliki beberapa makna. Rukyat merupakan bentuk *masdar* (kata benda) dari kata *ra-a* yang secara literal memiliki beberapa pengertian seperti melihat (*nadzara*), mengerti (*adraka*), menyangka, menduga, mengira (*khasaba*).²⁰

Lafadz *ra'a* dalam konteks rukyatul hilal memiliki dua makna yakni *melihat dengan mata kepala* dan *melihat dengan ilmu pengetahuan*.²¹ Hal ini sebagaimana tertera dalam kitab *Mu'jam Maqayis al-Lughah* kata *ra'a* dapat diartikan sebagai melihat dengan mata atau dengan pemahaman mendalam (*insight*).²²

(رَأَى) الرَّأْيُ وَالْهَمَزُ وَالْيَاءُ أَصْلٌ يَدُلُّ عَلَى نَظَرٍ وَإِبْصَارٍ بَعِيْنٍ
أَوْ بَصِيْرَةٍ.

²⁰ Ahmad Warson Munawwir, *Kamus al-Munawwir : Arab-Indonesia terlengkap / Ahmad Warson Munawwir*, 2 ed. (Surabaya: Pustaka Progressif, 1997), 460.

²¹ Ahmad Fuad Al-Anshary, *Hadis Ahkam Ilmu Falak*, ed. oleh Karis Lusdianto (Semarang: C.V. Ravi Sarana Perkasa Semarang, 2021), 107.

²² Abu al-Husayn Ahmad Ibn Faris, *Mu'jam Maqayis al-Lughah*, vol. 2 (Beirut: Dar al-Fikr, 1979), 472.

Kedua makna ini kemudian menimbulkan perbedaan pendapat dalam metode penentuan awal bulan. Makna pertama berimplikasi pada rukyatul hilal dengan menggunakan mata telanjang (*rukyat bil fi'li*). Makna kedua berimplikasi pada pelaksanaan rukyat dengan menggunakan ilmu pengetahuan (*rukyat bil 'ilmi*), dalam hal ini perhitungan. Penafsiran kedua kemudian menjadi dasar dalam penentuan awal bulan dengan menggunakan hisab.

Susiknan Azhari mengerucutkan makna *rukyat* yang berarti *melihat* ke dalam dua makna spesifik, yakni melihat dengan mata (*bi al-fi'li*) dan melihat dengan ilmu (*bi al-'ilmi*).²³

Adapun *hilal* secara harfiah berarti bulan.²⁴ Pengertian bulan yang dimaksud dalam konteks ini spesifik pada fase bulan baru yang muncul setelah konjungsi pada usia bulan yang paling muda.²⁵ Hilal berkaitan erat dengan persoalan penanda waktu ibadah-ibadah penting seperti haji dan puasa sehingga penting bagi umat Islam untuk melaksanakan rukyatul hilal demi menentukan masuknya bulan baru.

Perintah pelaksanaan rukyat dapat ditemukan dalam al-Qur'an dan *sunnah*. disebutkan dalam Q.S. Al Baqarah ayat 185. Pada ayat ini, Allah

²³ Arwin Juli Rakhmadi, *Problematisa Penentuan Awal Bulan: Diskursus Antara Hisab dan Rukyat* (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2014), 14.

²⁴ Munawwir, *Kamus al-Munawwir: Arab-Indonesia terlengkap / Ahmad Warson Munawwir*, 205.

²⁵ Kementerian Agama Republik Indonesia, *Almanak Hisab Rukyat* (Jakarta: Kementerian Agama Republik Indonesia, 2010), 305.

memerintahkan berpuasa pada bulan Ramadhan dengan bulan sebagai petunjuk waktunya:

شَهْرُ رَمَضَانَ الَّذِي أُنْزِلَ فِيهِ الْقُرْآنُ هُدًى لِّلنَّاسِ
وَبَيِّنَاتٍ مِّنَ الْهُدَى وَالْفُرْقَانِ فَمَن شَهِدَ مِنْكُمُ الشَّهْرَ
فَلْيَصُمْهُ وَمَن كَانَ مَرِيضًا أَوْ عَلَى سَفَرٍ فَعِدَّةٌ مِّنْ
أَيَّامٍ أُخَرَ يُرِيدُ اللَّهُ بِكُمُ الْيُسْرَ وَلَا يُرِيدُ بِكُمُ الْعُسْرَ
وَلِتُكْمِلُوا الْعِدَّةَ وَلِتُكَبِّرُوا اللَّهَ عَلَى مَا هَدَاكُمْ وَلَعَلَّكُمْ
تَشْكُرُونَ

“Bulan Ramadhan adalah (bulan) yang di dalamnya diturunkan Al-Qur’an sebagai petunjuk bagi manusia dan penjelasan-penjelasan mengenai petunjuk itu serta pembeda (antara yang hak dan yang batil). Oleh karena itu, siapa di antara kamu hadir (di tempat tinggalnya atau bukan musafir) pada bulan itu, berpuasalah. Siapa yang sakit atau dalam perjalanan (lalu tidak berpuasa), maka (wajib menggantinya) sebanyak hari (yang ditinggalkannya) pada hari-hari yang lain. Allah menghendaki kemudahan bagimu dan tidak menghendaki kesukaran. Hendaklah kamu mencukupkan bilangannya dan mengagungkan Allah atas petunjuk-Nya yang diberikan kepadamu agar kamu bersyukur.” (Q.S. 2 [Al-Baqarah]:185)

Kata syahida dalam lafadz فَمَن شَهِدَ مِنْكُمُ الشَّهْرَ فَلْيَصُمْهُ

dimaknai sebagai hadir, namun terdapat pendapat lain yang menyatakan adanya penafsiran lain dari kata

syahida ini. Quraish Shihab dalam Tafsir al-Misbah menyebutkan, kata *syahida* dalam ayat ini bermakna hadir di tempat tinggalnya atau mengetahui munculnya awal bulan Ramadhan. Konsekuensi dari *syahida* ini mewajibkan subjek yang mengetahui untuk menjalankan ibadah puasa apabila tidak berhalangan. Selanjutnya Quraish Shihab menerangkan bahwa pengetahuan mengenai kehadiran bulan ini didapatkan dengan melihat dengan mata kepala atau melalui perhitungan. Orang yang tidak melihat wajib berpuasa melalui pengetahuan dari orang lain yang terpercaya.²⁶

Wahbah Zuhaili dalam Tafsir al-Munir menjelaskan perbedaan pendapat ini melalui analisis linguistik. Pendapat yang mengartikan *syahida* diartikan sebagai *hadir* berargumen, *maf'ul* (objek) dari *fi'il madhi* (lafadz *syahida*) tidak dianggap atau dibuang. Kata *asy-syahru* di sini dianggap sebagai *dzaraf* bagi lafadz *syahida* sehingga *فَمَنْ شَهِدَ مِنْكُمُ الشَّهْرَ* diartikan sebagai “Barangsiapa hadir di negerinya pada bulan itu”. Adapun pendapat kedua mengartikan *syahida* sebagai *melihat* sebab kata *asy-syahru* dianggap sebagai *maf'ul* dari *syahida*. *Taqdiir*-nya menjadi *فَمَنْ شَهِدَ الشَّهْرَ وَشَاحِدُهُ يَعْلَمُهُ وَيَعْرِفُهُ، فَلْيَصُومْهُ* (Barangsiapa menyaksikan bulan itu dengan akal dan pengetahuannya maka hendaknya ia berpuasa di bulan itu).²⁷

²⁶ Quraish Shihab, Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an, vol. 1 (Jakarta: Lentera Hati, 2002), 404.

²⁷ Wahbah Az-Zuhaili, Tafsir Al-Munir, Terj. Abdul Hayyie al-Kattani, vol. 1 (Jakarta: Gema Insani, 2013), 388.

Selanjutnya, dalam surah al-Baqarah ayat 189, secara eksplisit menunjukkan bahwa hilal mengandung hikmah sebagai penanda waktu dan tanda masuk waktu ibadah.

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْهِلَالِ قُلْ هِيَ مَوَاقِيتُ لِلنَّاسِ وَالْحَجِّ
وَلَيْسَ الْبِرُّ بِأَنْ تَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ ظُهُورِهَا وَلَكِنَّ الْبِرَّ
مَنْ اتَّقَى وَأَتَى الْبُيُوتَ مِنْ أَبْوَابِهَا وَاتَّقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ
تُفْلِحُونَ

“Mereka bertanya kepadamu (Muhammad) tentang bulan sabit. Katakanlah, “Itu adalah (penunjuk) waktu bagi manusia dan (ibadah) haji.” Dan bukanlah suatu kebajikan memasuki rumah dari belakangnya, tetapi kebajikan itu adalah (kebajikan) orang yang bertakwa. Masukilah rumah-rumah dari pintu-pintunya, dan bertakwalah kepada Allah agar kamu beruntung” (Q.S. 2 [Al-Baqarah]:189)

Quraish Shihab dalam Tafsir al-Misbah menyebutkan, ayat ini membicarakan tentang bulan sabit sebagai penanda waktu. Waktu yang dimaksud dalam konteks ini adalah awal bulan yang menjadi penanda ibadah-ibadah seperti haji dan puasa Ramadhan.²⁸

Rukyatul hilal, sebagai perkara yang Al-Qurthubi di sisi lain tidak menjelaskan secara lebih

²⁸ Quraish Shihab, Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an, vol. 1 (Jakarta: Lentera Hati, 2002), 419.

detail di kata *syahida*. Al Qurthubi menyoroti kewajiban berpuasa pada bulan Ramadhan wajib dilaksanakan selama hilal terlihat. Berkaitan dengan ayat ini, Al- Qurthubi memaparkan hadis-hadis yang berhubungan dan penjelasan kemunculan hilal sebagai penanda masuknya awal bulan. Di antaranya:

حَدَّثَنَا آدَمُ حَدَّثَنَا شُعْبَةُ حَدَّثَنَا مُحَمَّدُ بْنُ زَيَْادٍ قَالَ
 سَمِعْتُ أَبَا هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ يَقُولُ قَالَ النَّبِيُّ صَلَّى
 اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ أَوْ قَالَ: قَالَ أَبُو الْقَاسِمِ صَلَّى اللَّهُ
 عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: صُومُوا لِرُؤُوسِهِ وَأَفْطِرُوا لِرُؤُوسِهِ فَإِنْ غُبِيَ
 عَلَيْكُمْ فَأَكْمِلُوا عِدَّةَ شَعْبَانَ ثَلَاثِينَ

“Telah menceritakan kepada kami Adam telah menceritakan kepada kami Syu'bah telah menceritakan kepada kami Muhammad bin Ziyad berkata, aku mendengar Abu Hurairah radhiyiallahu 'anhu berkata; Nabi shallallahu 'alaihi wasallam bersabda, atau katanya Abu Al Qasim shallallahu 'alaihi wasallam telah bersabda: "Berpuasalah kalian dengan melihatnya (hilal) dan berbukalah dengan melihatnya pula. Apabila kalian terhalang oleh awan maka sempurnakanlah jumlah bilangan hari bulan Sya'ban menjadi tiga puluh.” (H.R. Bukhari no. 1909)²⁹

Hadis yang diriwayatkan oleh Imam Bukhari ini mengandung pengertian bahwa untuk mengetahui

²⁹ Al-Imam Mohammad ben Ismail Al-Bukhari, *Shahih al-Buhari*, 8 ed., vol. 1 (Beirut: Dar Al-Kotob Al-Ilmiyah, 2017), 470.

awal bulan untuk berpuasa, hilal harus terlihat. Adapun jika hilal terhalang awan/mendung, Rasulullah memerintahkan untuk menyempurnakan bilangan hari bulan Sya'ban menjadi tiga puluh hari.³⁰

Selanjutnya al-Qurtuby menambahkan, terdapat riwayat yang diungkapkan oleh Ibnu Qutaibah bahwa berdasarkan sabda Rasulullah yang termaktub dalam Shahih Muslim no. 1799, riwayat ini berisi perintah untuk mencari petunjuk keberadaan hilal dengan memperhatikan posisi dan menyempurnakan bilangan bulan.³¹

Shahih Muslim No. 1799

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

"Telah menceritakan kepadaku Harmalah bin Yahya telah mengabarkan kepada kami Ibnu Wahb telah mengabarkan kepadaku Yunus dari Ibnu Syihab ia berkata, telah menceritakan kepadaku Salim bin Abdullah bahwa Abdullah bin Umar radliallahu 'anhuma berkata; Saya mendengar Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam bersabda: "Jika kalian melihat hilal, maka

³⁰ al Qurthubi, *Tafsir al-Qurthubi*, ed. oleh Muklis B. Mukti dan Ahmad Hotib Fathurrahman, vol. 2 (Jakarta: Pustaka Azzam, 2007), 672.

³¹ al Qurthubi, 2:673.

berpuasalah dan jika kalian melihatnya (terbit) kembali, maka berbukalah, namun bila ia tertutup dari pandangan kalian, maka hitunglah (bilangan harinya)". (H.R. Muslim)³²

Menurut jumhur ulama, lafadz *fa-akmilū al'iddah* pada hadis no. 1799 memberikan penjelasan terhadap hadis riwayat Muslim no. 1809.
Shahih Muslim no. 1809

حَدَّثَنَا عَبْدُ الرَّحْمَنِ بْنُ سَلَامٍ الْجُمَحِيُّ حَدَّثَنَا الرَّبِيعُ
يَعْنِي ابْنَ مُسْلِمٍ عَنْ مُحَمَّدٍ وَهُوَ ابْنُ زِيَادٍ عَنْ أَبِي
هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ أَنَّ النَّبِيَّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ
قَالَ صُومُوا لِرُؤُوسِهِ وَأَفْطِرُوا لِرُؤُوسِهِ فَإِنْ غُمِّي عَلَيْكُمْ
فَأَكْمِلُوا الْعَدَدَ

"Telah menceritakan kepada kami Abdurrahman bin Sallam Al Jumahi telah menceritakan kepada kami Ar Rabi' yakni Ibnu Muslim, dari Muhammad bin Ziyad dari Abu Hurairah radliallahu 'anhu bahwa Nabi shallallahu 'alaihi wasallam bersabda: "Berpuasalah kalian karena melihat hilal, dan berbukalah karena juga telah melihatnya (terbit kembali), dan jika bulan itu tertutup dari pandangan kalian, maka sempurnakanlah jumlahnya". (H.R. Muslim)³³

³² Abu Muslim Ibnu al-Hajjaj, *Shahih Muslim*, vol. 4 (Beirut: Dar al-Kutub Al-Ilmiyah, 1994), 12.

³³ Ibnu al-Hajjaj, 4:15.

Jumhur ulama mengartikan lafadz *faqdirū lahu* sebagai sempurnakanlah hitungan berdasarkan makna *fa-akmilū al'iddah* pada hadis riwayat Muslim no. 1799.³⁴

Riwayat-riwayat di atas menjelaskan perintah berpuasa dan berbuka saat melihat hilal. Maknanya, kemunculan hilal atau bulan baru merupakan pertanda awal bulan Ramadan sekaligus pertanda awal waktu puasa. Bulan baru yang kemudian menjadi pertanda berakhirnya bulan Ramadhan di mana waktu kewajiban puasa berakhir. Adapun dalam kasus hilal yang tertutup awan, Rasul memerintahkan untuk menggenapkan bilangan harinya.

2. Perkembangan Teknologi dalam Rukyatul Hilal

Dalam rukyatul hilal, pengamat sering kali terhalang berbagai faktor yang berhubungan dengan atmosfer. Pengamatan hilal sangat erat kaitannya dengan cahaya. Maka media rambat menjadi faktor yang paling menentukan apakah suatu objek dapat terlihat dengan jelas atau tidak.

Pada prinsipnya, cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang mampu merambat dengan atau tanpa medium rambat. Untuk dapat dilihat oleh pengamat di permukaan bumi, cahaya dari benda langit harus merambat di ruang hampa udara, kemudian melewati atmosfer sehingga mencapai permukaan bumi. Terjadi banyak hal pada sebuah gelombang cahaya selama melewati atmosfer.

³⁴ al Qurthubi, *Tafsir al-Qurthubi*, 2:673.

Atmosfer tersusun atas aerosol dan gas. Setidaknya terdapat tiga jenis gas yang mendominasi atmosfer bumi sebesar 99%, yakni nitrogen, oksigen dan argon.³⁵ Persentase sisanya diisi oleh *trace gas* dengan konsentrasi rendah.³⁶ Atmosfer juga tersusun atas partikel aerosol. Secara sederhana, aerosol merupakan bentuk partikel gas yang terkondensasi di atmosfer.³⁷ Komposisi atmosfer sendiri mengakibatkan objek luar angkasa menjadi kurang nampak.

Untuk mencapai pengamat, gelombang cahaya bergerak melalui ruang hampa dalam gerak lurus. Ketika memasuki medium rambat, banyak yang terjadi pada gelombang tersebut. Memasuki atmosfer, energi dari cahaya akan menghambur dan menyebar ke segala arah. Hal ini mempengaruhi warna yang dilihat pengamat. Selanjutnya atmosfer mengubah sebagian sisa hamburan energi ini menjadi energi lain seperti kalor/panas (*absorption*).³⁸ Keseluruhan proses ini dapat disebut juga sebagai ekstingsi, secara sederhana dapat dijelaskan sebagai penurunan energi. Aktor dari ekstingsi adalah penyusun atmosfer yang tak lain merupakan partikel gas dan aerosol. semakin rendah altitude benda langit, cahayanya harus melalui

³⁵ William H. Schlesinger dan Emily S. Bernhardt, "The Atmosphere," dalam *Biogeochemistry* (Elsevier, 2020), 57, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814608-8.00003-7>.

³⁶ Daniel J. Jacob, *Introduction to Atmospheric Chemistry* (Princeton University Press, 2000), 1, <https://doi.org/10.1515/9781400841547>.

³⁷ Jacob, 5.

³⁸ Michael I. Mishchenko, Larry D. Travis, dan Andrew Lacis, *Multiple Scattering of Light by Particles* (New York: Cambridge University Press, 2006), 1.

atmosfer yang lebih tebal sehingga benda tersebut nampak lebih redup akibat ekstingsi.

Di atas itu semua, hilal lebih sulit atau bahkan tidak dapat terlihat ketika aerosol menghalangi dalam bentuk kabut atau awan. Untuk menangani berbagai kendala dalam rukyatul hilal, para cendekiawan telah menghasilkan berbagai teknologi yang membantu mata manusia melihat hilal secara lebih jelas.

Penulis tidak menemukan sumber yang secara lengkap merangkum perkembangan teknologi optik sejak pertama kali diperintakkannya rukyatul hilal hingga era industri 5.0. Oleh karenanya, penulis mencoba merangkum sejarah singkat perkembangan teknologi rukyat ini dari berbagai sumber.

Pembahasan dimulai dari era Rasulullah di mana ilmu falak masih embrio. Pada masa ini rukyatul hilal masih dilakukan dengan mata telanjang. Konteks historis pada ilmu pengetahuan belum berkembang sehingga alat bantu penglihatan seperti lensa belum memasuki peradaban Islam Arab kala itu.³⁹

Dunia keilmuan Islam selanjutnya berkembang pesat sejak transkrip dan penerjemahan literatur asing pada era Dinasti Umayyah, namun perkembangan dalam astronomi dalam dunia Islam baru mulai berkembang pada era Dinasti Abbasiyah. Perkembangan dalam rukyat nampak dari dibangunnya observatorium di Baghdad pada masa kepemimpinan Al-Ma'mun. Observatorium ini

³⁹ Beberapa sumber menyebutkan lensa pertama kali ditemukan di China pada 2283 SM. Peradaban ini menggunakan lensa untuk mengobservasi bintang (Blew, 1941). Meskipun telah ditemukan sejak lama, namun alat optik ini belum memasuki peradaban Arab.

didukung dengan instrumen seperti astrolabe, kuadran, dan dial untuk mendukung pengamatan.⁴⁰ Penggunaan teori optik baru mulai berkembang pada sekitar abad ke-11 M.

Adalah Ibnu al-Haytam, seorang ilmuwan muslim asal Basrah yang lahir pada sekitar tahun 965 M, hidup pada masa kekuasaan Dinasti Fatimiyah. Ibnu al-Haytam berkontribusi besar terhadap penemuan alat astronomi dengan kitab *al-Manazir* (the Book of Optics). Kitab ini berisi teori-teori fundamental yang menjadi dasar dalam fisika optik modern hari ini. Teori bahwa cahaya bergerak dalam garis lurus yang ditemukannya menjadi prinsip yang digunakan dalam penciptaan teleskop pada masa yang akan datang.⁴¹ Meskipun lensa sudah banyak digunakan, namun belum digunakan dalam rangkaian yang kompleks. Teori-teori Ibnu al-Haytam lah yang kemudian digunakan dalam prinsip penciptaan alat-alat astronomi.

Alat optik yang secara khusus dibuat untuk observasi ditemukan sekitar abad ke-16 M. Pada tahun 1608 M Hans Lipperhey, seorang berkebangsaan Belanda, memperkenalkan temuannya yang digadag-gadang sebagai teleskop refraktor pertama.⁴² Teleskop

⁴⁰ Muhammad Ilham Aziz dan Ahmad Musta'id, "Islamic Astronomy of Abbasid Era (750-1258 AD)," *Journal of Islamic History and Manuscript* 01, no. 01 (2022): 46.

⁴¹ Elly Uzlifatul Jannah, "Ibn al-Haitham dan Perkembangan Instrumen Optik: Landasan Ilmu Falak Modern," *AL - AFAQ: Jurnal Ilmu Falak dan Astronomi* 6, no. 2 (10 Januari 2025): 262, <https://doi.org/10.20414/afaq.v6i2.11357>.

⁴² Wilson Wall, "A History of Optical Telescopes in Astronomy Historical & Cultural Astronomy Series Editor: Wayne Orchiston," 18, diakses 15 Januari 2025, <http://www.springer.com/series/15156>.

ini memiliki pembesaran hingga 3 kali lipat.⁴³ Meskipun gagal mendapatkan paten atas penemuannya, Lipperhey tetap mendapat penghargaan dari pemerintah Belanda.⁴⁴ Penemuan ini mulai digunakan untuk observasi astronomis pada 1610 M oleh Galileo Galilei. Galileo memodifikasi model teleskop ini dan meningkatkan pembesarannya hingga 20 kali lipat.⁴⁵ Dengan teleskop ini Galileo melakukan observasi yang terangkum dalam bukunya, *Sidereus Nuncius*. Baru pada 1668 M, Isaac Newton memperkenalkan teleskop refraktor pada publik dan terus mengembangkan modelnya.⁴⁶

Penemuan teleskop memberikan dampak yang signifikan pada perkembangan ilmu astronomi. Penemuan ini mempermudah observasi dengan memperbesar visual objek-objek antariksa yang tampak relatif kecil apabila dilihat dari bumi. Meskipun demikian, penulis tidak menemukan literatur yang mencatat kapan teleskop optik pertama kali digunakan dalam praktik rukyatul hilal.

Setelah abad 20, penggunaan teknologi dalam praktik rukyatul hilal mulai berkembang pesat. Berbagai teknologi digital mulai digunakan untuk mengatasi permasalahan dalam rukyatul hilal.

⁴³ Wall, 19.

⁴⁴ Paten ini tidak berhasil karena di saat yang sama terdapat beberapa orang yang turut mengajukan paten atas teknologi ini.

⁴⁵ Albert Van Helden, "The beginnings, from Lipperhey to Huygens and Cassini," *Experimental Astronomy* 25, no. 1–3 (8 Agustus 2009): 7, <https://doi.org/10.1007/s10686-009-9160-y>.

⁴⁶ A. A. Mills Mills dan P. J. Turvey, "Newton's telescope, an examination of the reflecting telescope attributed to Sir Isaac Newton in the possession of the Royal Society," *Notes and Records of the Royal Society of London* 33, no. 2 (31 Maret 1979): 135, <https://doi.org/10.1098/rsnr.1979.0009>.

Beberapa di antara teknologi ini adalah drone, teleskop inframerah, teleskop otomatis, teleskop berbasis kamera CCD, hingga *image processing*. Meskipun teknologi ini mempermudah melihat hilal yang visibilitasnya kecil, terhalang kabut dan mengalami refraksi, namun hukum penggunaan teknologi digital masih diperdebatkan.

3. Gangguan Optik dalam Rukyatul Hilal

Cahaya merupakan objek utama dalam konsep rukyatul hilal. Oleh karena itu dalam prosesnya, rukyatul hilal melibatkan banyak teori fisika optik dan optik geometri. Cahaya yang teramati dalam rukyatul hilal mengalami berbagai fenomena optik dalam perjalanannya melalui atmosfer hingga mencapai mata pengamat. Pada prinsipnya, cahaya bergerak dalam garis lurus.⁴⁷ Pantulan cahaya matahari pada hilal bergerak pada ruang hampa tanpa hambatan. Segera setelah cahaya memasuki atmosfer, gelombang yang semula lurus tanpa ditaraksi berinteraksi dengan molekul atmosfer. Setelah melalui berbagai perubahan, cahaya masih melalui berbagai alat optik yang dipergunakan untuk memperbesar visualnya. Keseluruhan proses ini dapat dijelaskan dengan teori fisika.

Mata dapat menangkap bentuk objek sebagaimana aslinya apabila cahaya tidak mengalami gangguan optik. Namun dalam rukyatul hilal, hal ini tidak dapat dihindari. Sejak mulai memasuki atmosfer cahaya sudah mengalami refraksi, hamburan dan ekstingsi.

⁴⁷ Ibn Al-Haytham, *The optics of Ibn al-Haytham: Books I-III, On Direct Vision.*, ed. oleh A. I. Sabra (London: The Warburg Institute, University of London, 1989), 8.

Refraksi pada atmosfer menyebabkan ketinggian benda langit yang dekat dengan cakrawala menjadi relatif lebih tinggi ketimbang posisi aslinya.⁴⁸ Selain itu cahaya yang memasuki atmosfer pada altitud yang rendah cenderung mengalami ekstingsi akibat hamburan partikel pada atmosfer.⁴⁹

Dalam rukyatul hilal, sulit untuk melihat hilal dengan kontras latar belakang yang rendah, ditambah berbagai gangguan optik atmosfer tanpa alat bantu optik. Alat optik, dalam hal ini teleskop, membantu memperbesar visual hilal sehingga lebih mudah ditangkap mata. Meskipun demikian, cahaya yang diterima mata dari teleskop juga mengalami gangguan optik. Gangguan yang sering muncul dalam teleskop adalah aberasi.

Aberasi dapat dipahami sebagai peristiwa di mana bayangan sumber yang melewati sistem optik tidak selalu bertemu dalam satu titik balik yang sama. Hal ini terjadi sebab pada umumnya, sistem optik tidak pernah benar-benar menghasilkan pencitraan yang sempurna.⁵⁰

Aberasi secara umum terbagi menjadi dua jenis, yakni aberasi monokromatik dan aberasi kromatik. Aberasi monokromatik merupakan aberasi

⁴⁸ Stephen C. McCluskey, "Archaeoastronomical Refraction Reconsideration," *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* 18, no. 4 (2018): 478.

⁴⁹ Jonathas Costa dkk., "Interactive Visualization of Atmospheric Effects for Celestial Bodies," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 27, no. 2 (Februari 2021): 3, <https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3030333>.

⁵⁰ Herbert Gross dkk., *Handbook of Optical Systems: Volume 3, Aberration Theory and Correction of Optical Systems* (Weinheim: Wiley-VCH, 2007), 2.

yang terjadi pada satu cahaya dengan satu panjang gelombang. Aberasi monokromatik dapat terjadi pada cermin maupun lensa. Aberasi monokromatik seperti koma, astigmatisme, dan aberasi sferis dapat mengaburkan bayangan benda. Aberasi monokromatik juga dapat mendeformasi bayangan benda. Ini terjadi pada distorsi dan *field curvature*.⁵¹

Di sisi lain, aberasi kromatik hanya terjadi pada lensa atau media refraktor. Dalam aberasi kromatik, refraksi membuat cahaya-cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda jatuh pada titik fokus yang berbeda. Ini membuat bayangan benda nampak kabur dengan bayang-bayang dengan spektrum warna berbeda di sekitarnya.⁵²

Selain gangguan optik, hal yang sering kali mempengaruhi pengamatan adalah kesalahan dalam kolimasi. Kolimasi merupakan proses perangkaian teleskop yang bertujuan menghasilkan bayangan dengan kualitas sebaik dan sejelas mungkin.⁵³ Kolimasi lebih sering dilakukan pada teleskop reflektor ketimbang teleskop refraktor.⁵⁴ Kesalahan dalam kolimasi menyebabkan bayangan menjadi tidak fokus. Dalam rukyatul hilal, kesalahan kolimasi dapat meningkatkan aberasi sehingga cahaya hilal yang tipis

⁵¹ Eugene Hecht, *Optics*, 5 ed. (Boston: Pearson Education, 2017), 266.

⁵² Harrie Rutten dan Martin van Venrooij, *Telescope Optics: A Comprehensive Manual for Amateur Astronomers* (Richmond: Willmann-Bell, 1999), 24.

⁵³ Ian Morison, "Telescope Maintenance, Collimation and Star Testing," dalam *An Amateur's Guide to Observing and Imaging the Heavens* (Cambridge: Cambridge University Press, 2014), 86, <https://doi.org/10.1017/CBO9781139856744.008>.

⁵⁴ Morison, 88.

bisa menjadi tidak terlihat, terdistorsi, atau mengalami aberasi.

B. *Artificial Intelligence*

1. Pengertian AI

Artificial Intelligence (AI) seringkali dipahami sebagai teknologi yang mampu bertindak berdasarkan kecerdasan yang menyerupai kecerdasan manusia. Kata AI dapat merujuk pada objek, entitas, konsep, maupun cabang keilmuan. Terlepas dari keberagaman ini, istilah AI bermakna bidang studi yang mempelajari sistem komputasi yang memiliki kemampuan sebagaimana otak manusia.

Mengutip dari Oxford Dictionary, *artificial intelligence* merupakan bidang studi dan pengembangan dari sistem komputasi yang mampu meniru perilaku manusia.⁵⁵

David L. Poole dan Alan Mackworth dalam *Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents* menyebutkan, “Artificial Intelligence, or AI, is the field that studies the synthesis and analysis of computational agents that act intelligently”.⁵⁶ Dalam pengertian ini, David dan Alan menjelaskan bahwa AI merupakan sebuah cabang ilmu yang mempelajari

⁵⁵ “artificial intelligence noun - Definition, pictures, pronunciation and usage notes | Oxford Advanced Learner’s Dictionary at OxfordLearnersDictionaries.com,” Oxford University Press, diakses 16 Januari 2025, <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/artificial-intelligence?q=artificial+intelligence>.

⁵⁶ David L. Poole dan Alan K. Mackworth, *Artificial Intelligence*, third (Padstow: Cambridge University Press, 2023), 3, <https://doi.org/10.1017/9781009258227>.

pembentukan dan analisa oleh sebuah agen komputer yang bekerja dengan cerdas.⁵⁷

Selanjutnya Patrick Henry Winston, seorang profesor ilmu komputer di Institut Teknologi Massachusetts mendefinisikan AI sebagai bidang studi komputer yang mampu mengenali lingkungan, menalar, dan bertindak layaknya manusia. “*Artificial Intelligence is the study of the computations that make it possible to perceive, reason, and act*”.⁵⁸

Patrick menegaskan bahwa AI berbeda dengan psikologi⁵⁹ pada umumnya. AI lebih condong kepada komputasi. Di sisi lain AI juga berbeda dengan *computer science* karena kecenderungannya terhadap persepsi, *reasoning* dan pengambilan tindakan.

2. Sejarah Singkat AI

AI lahir dari sejarah yang panjang. Konsep kecerdasan buatan sudah muncul jauh sebelum komputer diciptakan. Konsep ini tidak secara langsung berpengaruh pada hal-hal teknis, namun konsep, ide, gagasan masa lalu merupakan embrio dari AI. Hal ini sebagaimana Bruce G. Buchanan, seorang profesor dalam computer science, filsafat dan kedokteran, menyatakan, “*The history of AI is a history of*

⁵⁷ Poole dan Mackworth, 5.

⁵⁸ Patrick H. Winston, *Artificial Intelligence*, 3rd ed. (Boston: Addison-Wesley Longman Publishing, 1993), 5.

⁵⁹ Psikologi mempelajari pengalaman yang muncul dari pikiran manusia. AI dilandasi oleh prinsip-prinsip psikologi. Meskipun kedua bidang studi ini mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan kecerdasan, namun psikologi fokus pada manusia sebagai objek studi.

fantasies, possibilities, demonstrations, and promise".⁶⁰

Gagasan atas entitas buatan dapat ditemui pada mitologi Yunani. Cerita-cerita mengenai homunculus dan Golem Praha merupakan metafora awal penciptaan entitas ini. Gagasan ini muncul lagi dalam bentuk yang lebih filosofis dan kongkrit. Descartes misalnya, memandang hewan sebagai sebuah mesin yang bekerja secara mekanis. Cara pandang Descartes kemudian menjadi inspirasi rancangan automaton (perangkat mekanis yang mampu meniru manusia).

AI, sebagaimana program komputer pada umumnya berbasis pada formula matematika. Berdasarkan sumber yang penulis dapatkan, proyek pertama yang dianggap sebagai bentuk AI diciptakan pada 1943. McCulloch dan Pitts memformulasikan cara kerja neuron otak ke dalam model matematika (*perceptrons*) berdasarkan analisis biologis.⁶¹

Selanjutnya pada 1950, Alan Turing menghasilkan penemuan yang secara signifikan mengubah studi AI. Alan Turing menulis paper berjudul *Computing Machinery and Intelligence* yang menjawab pertanyaan kunci, "Can a machine think?". Paper ini berkontribusi besar dalam penelitian AI dengan serangkaian pertanyaan yang kemudian disebut Turing Test. Menurut Turing, pertanyaan "Can

⁶⁰ Bruce G Buchanan, "A (Very) Brief History of Artificial Intelligence," *AI Magazine* 26, no. 4 (2005): 53, <https://doi.org/https://doi.org/10.1609/aimag.v26i4.1848>.

⁶¹ Kevin Warwick, *Artificial Intelligence: the basics*, 1 ed. (New York: Routledge, 2012), 2.

a machine think?” akan menimbulkan pertanyaan mengenai apa yang dimaksud *machine* dan *think*, ini akan berujung pada jawaban yang abstrak.

Turing menawarkan solusi yang lebih terukur dengan Turing Test. Turing Test terdiri atas mesin, investigator, dan pengawas. Apabila jawaban mesin berhasil membuat pengawas tidak bisa membedakan antara jawaban mesin dan manusia, maka mesin tersebut dapat dianggap mampu berpikir.⁶² Model lain yang tak kalah penting adalah Hebbian Learning. Model milik Donald Hebb mendemonstrasikan bagaimana hubungan antar-neuron menjadi semakin kuat ketika mereka aktif bersamaan.⁶³

Gagasan dan konsep mesin yang mampu berpikir memang telah lama ada, namun penggunaan perkataan *artificial intelligence* baru diperkenalkan oleh John McCarthy pada 1956 dalam *workshop Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. McCarthy juga mendefinisikan AI sebagai *the science and engineering of making intelligent machines*.⁶⁴

Selanjutnya, pada 1960-an inovasi di bidang AI mencapai masa emasnya. Pada periode ini, muncul inovasi-inovasi seperti ELIZA yang diciptakan oleh Joseph Weizenbaum, serta General Problem Solver program yang diciptakan oleh Herbert Simon dan

⁶² Lihat, A M Turing, “COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE,” *Computing Machinery and Intelligence*. *Mind* 49 (1950)

⁶³ Stuart Russell dan Peter Norvig, *Artificial Intelligence: a modern approach*, third (New Jearsey: Pearson, 2016), 2.

⁶⁴ Amirhosein Toosi dkk., “A Brief History of AI: How to Prevent Another Winter (A Critical Review),” *PET Clinics* 16, no. 4 (Oktober 2021): 6, <https://doi.org/10.1016/j.cpet.2021.07.001>.

Clidd Shaw. ELIZA merupakan program yang dirancang untuk melakukan percakapan dengan manusia. ELIZA selanjutnya menjadi program pertama yang berhasil memenuhi persyaratan *kecerdasan* Turing Test. Sayangnya pada era 1970, AI memasuki *musim dingin*-nya akibat keterbatasan dana penelitian dan teknologi komputasi kurang mendukung untuk pengembangan AI.⁶⁵

Terlepas dari berbagai hambatan yang ada, John McCarthy terus berusaha mengembangkan AI. Hingga pada tahun 1980, AI memasuki masa *renaissance*-nya. Pada era ini lahir penemuan penting dalam studi AI. Kunihiro Fukushima menciptakan model hubungan saraf yang mampu mengorganisir dirinya. Model ini kemudian dikenal sebagai CNN. Fukushima menyusun karya ini dalam artikel berjudul *Neocognitron: A Self-organizing Neural Network Model for a Mechanism of Pattern Recognition Unaffected by Shift in Position*. Model ini mampu mengidentifikasi suatu bentuk berdasarkan kemiripan geometris tanpa dipengaruhi posisi, ukuran, ataupun bentuk dari stimulus yang diberikan.⁶⁶

Meskipun menghadapi musim dingin untuk kedua kalinya pada akhir 1980-an hingga pertengahan 1990-an, studi AI kembali bangkit dan membuat gebrakan. Pada 1997 contohnya, perangkat lunak berbasis AI, Deep Blue. Deep Blue berhasil

⁶⁵ Warwick, *Artificial Intelligence: the basics*, 2012, 4.

⁶⁶ Kunihiro Fukushima, "Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position," *Biological Cybernetics* 36, no. 4 (April 1980): 1, <https://doi.org/10.1007/BF00344251>.

mengalahkan juara dunia catur, Garry Kasparov. perkembangan ini semakin drastis ketika pada akhir 1990 terjadi produksi *microchip* besar-besaran. *Microchip* menjawab persoalan pengolahan data yang masif (*big data*) dan tidak mampu dilakukan dengan teknologi yang ada sebelumnya.⁶⁷

Setelah *musim dingin* kedua ini, AI terus mengalami perkembangan. Munculnya teknologi seperti *machine learning*, *deep learning*, *komputer vision*, *convolutional neural networks* (CNN) dan lain sebagainya, menghasilkan teknologi yang membantu kehidupan manusia di berbagai bidang.

3. *Artificial Intelligence, Machine Learning dan Deep Learning*

AI dapat dipahami sebagai bidang studi yang membahas tentang mesin yang mampu meniru kecerdasan manusia. Alan Turing dalam papernya menyampaikan bahwa kata *kecerdasan* relatif absurd dan mengacu pada pengertian yang abstrak.⁶⁸ *Kecerdasan* dapat terdiri atas sederet perilaku mental yang berhubungan dengan data dan informasi. Meskipun demikian, perlu ditekankan bahwa kecerdasan manusia berbeda dengan AI. AI hanya menyimulasikan dan meniru cara kerja neuron otak dalam memproses informasi. Kecerdasan AI spesifik dan terbatas, tergantung model matematika yang

⁶⁷ Amirhosein Toosi dkk., "A Brief History of AI: How to Prevent Another Winter (A Critical Review)," *PET Clinics* 16, no. 4 (Oktober 2021): 10, <https://doi.org/10.1016/j.cpet.2021.07.001>.

⁶⁸ Turing, "COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE," 433.

menjadi dasar programnya.⁶⁹ Fungsi-fungsi spesifik ini membagi AI menjadi sub-sub bagian menurut tujuan pembuatannya.

Machine learning merupakan salah satu sub bagian dari AI yang dirancang untuk memahami data, mengenali pola atau informasi di dalamnya, termasuk memahami lingkungan yang menghasilkan data tersebut, menganalisa situasi berdasarkan data yang diberikan, kemudian mengambil keputusan berdasar analisis tersebut.⁷⁰

Machine learning memiliki tiga kategori teknik sistem *training* yang terdiri atas *supervised learning*, *unsupervised learning*, dan *reinforcement learning*. *Supervised learning* merupakan algoritma *machine learning* yang dilatih untuk memproses data berlabel. *Training* algoritma ini dilakukan dengan memberikan *input* dan *output* yang telah ditentukan. *Supervised learning* dirancang untuk memungkinkan mesin melakukan klasifikasi terhadap data baru berdasarkan pola yang ditangkap selama *training* model.⁷¹ *Unsupervised learning* merupakan model algoritma yang berfungsi menentukan pola, struktur dan hubungan dalam data yang diinput. Data pada

⁶⁹ J. P. Mueller dan L. Massaron, *Deep Learning For Dummies* (Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2019), 11.

⁷⁰ Karan Ranjit Jagdale dkk., “Artificial Intelligence and its Subsets: Machine Learning and its Algorithms, Deep Learning, and their Future Trends,” *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research* 9, no. 5 (Mei 2022): 114.

⁷¹ Mohammed Tuays Almuqati dkk., “Challenges in Supervised and Unsupervised Learning: A Comprehensive Overview,” *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* 14, no. 4 (30 Agustus 2024): 1452, <https://doi.org/10.18517/ijaseit.14.4.20191>.

unsupervised learning diinput tanpa label.⁷² *Reinforcement learning*, di sisi lain merupakan algoritma yang paling adaptif. *Reinforcement learning* ini sering disebut bekerja di dengan sistem umpan balik *reward-punishment* dan mempelajari umpan balik yang diberikan lingkungannya. Sistem ini sering kali digunakan pada lingkungan yang dinamis, dapat ditemukan pada program yang digunakan untuk bermain *game*.⁷³

Di sisi lain, *deep learning* merupakan subset dalam *machine learning* yang digunakan untuk melaksanakan tugas-tugas yang lebih spesifik dengan *dataset* (kumpulan data) yang lebih banyak dan kompleks. *Deep learning* bekerja dengan susunan unit komputasi yang disebut neuron. Neuron-neuron disusun ke dalam beberapa bagian yang berurutan. Bagian-bagian ini kemudian disebut *layer*. Keseluruhan kerja *deep learning* mengandalkan hubungan antar-neuron ini (*neural network Deep learning* setidaknya terdiri atas tiga struktur utama, yakni *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Arsitektur *deep learning* umumnya setidaknya terdiri atas dua *hidden layer* atau lebih.⁷⁴

4. *Deep Learning* dalam Rukyatul Hilal

⁷² Almuqati dkk., 1452.

⁷³ Ahmad Roihan, Po Abas Sunarya, dan Ageng Setiani Rafika, "Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper," *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)* 5, no. 1 (2019): 77.

⁷⁴ Iqbal H. Sarker, "Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions," *SN Computer Science* 2, no. 6 (18 November 2021): 5, <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00815-1>.

Rukyatul Hilal terus didukung oleh perkembangan teknologi. Pada dekade kedua abad ke-21, penggunaan AI untuk pengolahan citra mulai marak digunakan, terutama di bidang astronomi untuk memproses citra sinyal radio, deteksi kedalaman kawah bulan, maupun untuk pengamatan makro seperti rukyatul hilal. Penggunaan teknologi berbasis AI dalam rukyatul hilal masih belum banyak dilakukan sebab terbatasnya sumber daya maupun masih belum ada hukum yang mengakomodir penggunaan alat bantu ini. Padahal AI dapat meningkatkan kualitas pengamatan dengan cukup signifikan.

Meskipun demikian, penggunaan AI dalam praktik rukyatul hilal mulai diterima umat sampai pada tingkat otoritas negara. Penggunaan AI dalam rukyat yang diterima otoritas pertama adalah penggunaan drone AI di Arab Saudi. AI digunakan untuk menganalisis gambar, memproses data dan menentukan lokasi hilal secara presisi. Menurut The Uni Emirat Arab Council of Fatwa, penggunaan teknologi berbasis AI memperluas konsep observasi visual secara langsung yang menjadi fundamental dari rukyatul hilal.⁷⁵ Meskipun penggunaan oleh otoritas negara baru digunakan di Saudi, namun riset penggunaan alat bantu berbasis AI dalam rukyatul hilal telah banyak dikembangkan. Umumnya algoritma yang digunakan merupakan *deep learning*.

⁷⁵ Emirates News Agency, "UAE employs AI-driven drones for Shawwal moon sighting," 29 Maret 2025, <https://www.wam.ac/en/article/bifhsu0-world-first-uae-employs-ai-driven-drones-for>.

Jenis yang dapat diterapkan untuk rukyat umumnya berupa *supervised learning*.

Dalam *supervised learning*, *deep learning* digunakan untuk melakukan fungsi diskriminatif, yaitu kemampuan model untuk mengelompokkan data berlabel ke dalam kelas-kelas berbeda. Model DL *supervised* biasanya mencakup *Multi-Layer Perceptron* (MLP), *Convolutional Neural Network* (CNN), *Recurrent Neural Network* (RNN), *Temporal Convolutional Network* (TCN), *Kolmogorov-Arnold Network* (KAN), dan lain sebagainya.⁷⁶ Masing-masing model diperuntukkan untuk fungsi-fungsi spesifik seperti CNN untuk olah data visual, MLP untuk data yang terstruktur atau data tabular dan TCN untuk data sekuensial atau yang berhubungan dengan urutan waktu. Dalam observasi astronomis salah satu arsitektur yang paling sering digunakan adalah CNN.

CNN secara sederhana didefinisikan sebagai program jaringan neuron yang menggunakan operasi linear yang dispesialisasi (*convolution*) pada salah setidaknya salah satu *layer*-nya.⁷⁷ Pada dasarnya, komputer memproses gambar dalam bentuk piksel. Piksel-piksel gambar memiliki *value*⁷⁸ antara 0 sampai 255. CNN bekerja dengan memproses *value* pada piksel gambar. Semakin *value* mendekati angka 0, maka ia merepresentasikan area yang semakin gelap. Sebaliknya, semakin besar *value* maka semakin terang

⁷⁶ Sarker, "Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions," 6.

⁷⁷ Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, dan Aaron Courville, *Deep Learning* (Cambridge: MIT Press, 2016), 330.

⁷⁸ Perkataan *value* merujuk pada tingkat kecerahan.

pula area tersebut.⁷⁹ Komputer kemudian membaca susunan piksel ini dalam bentuk matriks.

CNN terdiri atas tiga jenis layer: *convolutional layer*, *pooling layer*, dan *fully connected layer*. *Convolutional layer* memproses gambar dengan mengekstrak fitur pada gambar dengan menerapkan set filter atau kernel⁸⁰ yang bergerak di keseluruhan gambar (disebut juga *sliding window*) kemudian menganalisisnya.⁸¹ Kemampuan *convolutional layer* bergantung pada kernel yang diaplikasikan. Misalnya kernel 3-x-3 piksel mampu mengidentifikasi tepian objek (kernel ini memiliki fungsi spesifik), sedang kernel dengan value tertentu mampu mengidentifikasi fitur gambar yang berbeda-beda.⁸²

Pada tahap selanjutnya, *convolutional layer* melakukan modifikasi lebih lanjut dengan mengurangi dimensi spasial dalam matriks untuk membuatnya lebih efisien untuk diolah dan mengurangi risiko *overfitting*.⁸³ Fungsi dalam *pooling* mengganti *value* pada lokasi tertentu dengan meringkasi statistik pada *output* terdekat. Di antara fungsi yang biasa digunakan

⁷⁹ Maad M. Mijwil dkk., "The Distinction between R-CNN and Fast R-CNN in Image Analysis: A Performance Comparison," *Asian Journal of Applied Sciences* 10, no. 5 (4 November 2022): 430, <https://doi.org/10.24203/ajas.v10i5.7064>.

⁸⁰ Kernel adalah matriks kecil yang nilainya (*weights*) ditentukan oleh *neural network optimization*.

⁸¹ Sumit dkk., "Comprehensive Review of R-CNN and its Variant Architectures," *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)* 2, no. 04 (22 April 2024): 960, <https://doi.org/10.47392/IRJAEH.2024.0134>.

⁸² Mueller dan Massaron, *Deep Learning For Dummies*, 156.

⁸³ Sumit dkk., "Comprehensive Review of R-CNN and its Variant Architectures," 960.

adalah *max pooling*, rerata persegi tetangga (*average rectangular neighborhood*), norma L^2 persegi tetangga (*the L^2 norm of rectangular neighborhood*), dan lain sebagainya.⁸⁴ Hasil dari *pooling layer* kemudian diproses pada *fully connected layer* untuk menentukan label yang paling sesuai dengan *input* gambar.⁸⁵

Sejak pertama kali digagas pada tahun 1980, CNN mengalami banyak perkembangan sehingga tercipta turunan seperti YOLO (*You Only Look Once*) dan R-CNN. Masing-masing memiliki kelebihan masing-masing dan masih terus berkembang. YOLO mampu memproses gambar dengan cepat, namun memiliki akurasi yang rendah. Sebaliknya, R-CNN memproses gambar secara akurat namun memerlukan waktu yang lama mengingat *layer*-nya yang lebih banyak ketimbang YOLO. Kekurangan ini kemudian berhasil diatasi dengan penemuan Faster R-CNN. Penemuan ini menghasilkan pengolahan yang akurat dan lebih cepat.

YOLO versi terbaru dan Mask R-CNN menutup kekurangan yang ada di teknologi sebelumnya, namun dalam observasi objek angkasa seperti rukyatul hilal Mask R-CNN lebih unggul mengingat kemampuannya dalam segmentasi dan deteksi yang detail. Dalam praktiknya penggunaan CNN dipadukan dengan model *deep learning* lain tergantung kebutuhan.

⁸⁴ Goodfellow, Bengio, dan Courville, *Deep Learning*, 342.

⁸⁵ Mijwil dkk., "The Distinction between R-CNN and Fast R-CNN in Image Analysis: A Performance Comparison," 430.

C. Metode Ijtihad Kontemporer

Pada dasarnya fikih terdiri atas dimensi yang statis dan dinamis. Fikih bersifat statis pada ruang-ruang hukum yang *qath'i*⁸⁶ seperti kewajiban melaksanakan shalat dan menunaikan zakat yang secara eksplisit disebutkan dalam al-Qur'an. Di sisi lain fikih juga bersifat dinamis. Ini berlaku pada hukum yang bersifat *dzanni* pada ketetapan maupun *dalalah*-nya.⁸⁷ Pada ranah fikih inilah terdapat ruang untuk berijtihad.

Ijtihad berasal dari lafadz *jahada* yang berarti usaha maksimal, kesungguhan. Dalam *Mu'jam Lughah al-Fuqaha'* terjemahan yang tertera adalah *effort*⁸⁸, dengan keterangan makna berikut:

بَفَتْحِ الْجِيمِ؛ الْمَشَقَّةُ، (وَبِضْمِّهَا وَفَتْحِهَا) الطَّاقَةُ، وَمَادَّةُ

(ج ه د) حَيْثُ وَجِدَتْ؛ فَفِيهَا مَعْنَى الْمُبَالِغَةِ⁸⁹

“Dengan membuka huruf jim: berarti kesulitan, (dan dengan mendhommahkannya dan memfathahkannya) berarti kemampuan), dan akar kata ja-ha-da di manapun ia ditemukan; maka di dalamnya terdapat makna **kesungguhan/berlebihan**”

Dari penerjemahan ini dapat dipahami bahwa makna kata *jahada* berarti kesungguhan atau upaya sungguh-sungguh.

⁸⁶ Yusuf Al-Qaradawi, *Perkembangan Fiqh Antara Statis dan Dinamis*, ed. oleh Saifullah M Yunus, 1 ed. (Banda Aceh: Cita Varia Kreativitas, 2022), 88.

⁸⁷ Al-Qaradawi, 88.

⁸⁸ Kamus ini merupakan terjemahan bahasa Arab-Inggris-Perancis

⁸⁹ Muhammad Rawwas Qal'aji dan Hamid Sadiq Qunaibi, *Mu'jam Lughah al-Fuqaha'* (Beirut: Dar al-Nafa'is, 1996), 148.

Kata *ijtihad* merujuk pada usaha maksimal dalam hal pemikiran dan penelitian, sedang *jahada* merujuk pada usaha secara umum.⁹⁰

Yusuf al-Qaradawi dalam *Al-Ijtihad fi al-Shari'ah al-Islamiyyah* menyebutkan bahwa *ijtihad* bermakna mengerahkan daya upaya.⁹¹

الْإِجْتِهَادُ فِي اللُّغَةِ: مُشْتَقٌّ مِنْ مَادَّةٍ: (ج، هـ، د) بِمَعْنَى:
بَذْلُ الْجُهْدِ (بِضَمِّ الْجِيمِ) (وَهُوَ الطَّاقَةُ)، أَوْ تَحْمِلُ الْجُهْدِ
(بِفَتْحِ الْجِيمِ) وَهُوَ الْمَشَقَّةُ

“Makna *ijtihad* secara bahasa: berasal dari kata (ج، هـ، د) yang berarti: mengerahkan *juhd* (dengan *dammah* pada *jim*) yang berarti kemampuan, atau menanggung *jahd* (dengan *fathah* pada *jim*) yang berarti kesulitan.”

Secara istilah, *ijtihad* dapat didefinisikan sebagai upaya yang maksimal dalam hal kemampuan intelektual dalam melakukan *istinbath* hukum berdasarkan dalil *syara'* yang terperinci.⁹² Menurut Yusuf al-Qaradawi terdapat berbagai macam deskripsi tentang *ijtihad*, namun menurutnya definisi yang paling dekat dengan makna sebenarnya adalah definisi yang dikemukakan oleh Imam as-Shawkani. *Ijtihad* berarti mengerahkan upaya terbaik

⁹⁰ Alaidin Koto, *Ilmu Fiqh dan Ushul Fiqh* (Jakarta: Rajawali Pers, 2016), 121.

⁹¹ Yusuf Al-Qaradawi, *Al-Ijtihad fi al-Shari'ah al-Islamiyyah: Ma'a Nazharat Tahliliyyah fi al-Ijtihad al-Mu'asir* (Kuwait, 1996), 11.

⁹² Koto, *Ilmu Fiqh dan Ushul Fiqh*, 122.

untuk memperoleh hukum *syara'* praktis menggunakan metode *istinbat*.⁹³

بَذْلُ الْوُسْعِ فِي نَيْلِ حُكْمٍ شَرْعِيٍّ عَمَلِيٍّ بِطَرِيقِ الْإِسْتِنْبَاطِ

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa ijtihad adalah upaya menggali hukum syarak dengan mengerahkan seluruh kemampuan dengan berdasarkan dalil syarak.

Orang yang melakukan ijtihad disebut mujtahid. Dalam melakukan penggalian hukum, pertama-tama mujtahid kembali kepada al-Qur'an dan sunnah. Apabila hukum perkara tersebut dapat ditemukan dalam al-Qur'an, maka pencarian bergeser ke sunnah. Apabila dalam sunnah masih belum ditemukan, maka mujtahid dapat berijtihad. Terdapat berbagai metode ijtihad yang dapat digunakan untuk menentukan masalah yang tidak ditemukan dalam *nash*. Beberapa metode memiliki kehujjahan yang lebih kuat daripada yang lain, hal ini dapat berbeda tergantung pada mazhab, namun secara umum terdapat setidaknya delapan metode yang umum digunakan:

1. Ijma
2. Qiyas
3. Istihsan
4. Maslahah Mursalah
5. 'Urf
6. Istishab
7. *Syar'u man Qablana*
8. Madzhab Shahabi

⁹³ Al-Qaradawi, *Al-Ijtihad fi al-Shari'ah al-Islamiyyah: Ma'a Nazharat Tahliliyyah fi al-Ijtihad al-Mu'asir*, 11.

Melalui metode-metode tersebut, ulama-ulama di masa lampau berhasil menghasilkan karya-karya besar yang menjadi pusaka keilmuan dalam sejarah peradaban Islam. Hasil pemikiran di masa lalu mencakup pembahasan yang begitu luas. Beberapa bahkan membahas kemungkinan hukum di masa depan. Meskipun hasil pemikiran fikih klasik memiliki cakupan yang luas, namun tidak dapat dipungkiri bahwa ijtihad tetap diperlukan di masa ini.

Realitas yang terjadi pada zaman dulu tidak sama dengan saat ini. Untuk itu, para ulama ini perlu melakukan ijtihad sehingga dihasilkan hukum yang kontekstual namun tetap berdasar pada prinsip Islam. Urgensi ijtihad ini diungkapkan Yusuf al-Qaradawi dalam kitab *Al-Ijtihād fī al-Syarī'ah al-Islāmiyyah ma'a Nazrah Taḥlīliyyah fī al-Ijtihād al-Mu'āṣir*. Apa yang difatwakan pada masa lampau telah melalui berbagai kondisi dan perubahan seiring perkembangan zaman. Hal ini membuatnya tidak lagi relevan sehingga perlu ditinjau kembali sehingga sesuai dengan tempat, waktu, dan kondisi. menyebutkan, era ini membutuhkan ketekunan ijtihad yang lebih ketimbang era sebelumnya, dengan pertimbangan perubahan masif yang terjadi setelah revolusi industri.

عَلَى أَنَّ بَعْضَ الْوَقَائِعِ وَالْأُمُورِ الْقَدِيمَةِ قَدْ يَطُرُ عَلَيْهَا مِنْ
الْأَحْوَالِ وَالْأَوْصَافِ مَا يُعَيِّرُ طَبِيعَتَهَا أَوْ حَجْمَهَا أَوْ
تَأْثِيرَهَا، فَلَا يُلَايِمُهَا مَا حُكِمَ بِهِ الْأَقْدَمُونَ أَوْ مَا افْتَوَى بِهِ
فِي شَأْنِهَا

وَهَذَا مَا جَعَلَهُمْ يُقَرَّرُونَ وَجُوبَ تَغْيِيرِ الْفُتَوَى بِتَغْيِيرِ
الزَّمَانِ، وَالْمَكَانِ، وَالْعُرْفِ وَالْحَالِ. وَكَتَبَ فِي ذَلِكَ مَنْ
كَتَبَ مِنْ مُحَقِّقِيهِمْ فِي كَثَرٍ مِنْ مَذْهَبٍ مِنَ الْمَذَاهِبِ
الْمُتَنَوِّعَةِ .

فَالْحَاجَةُ إِلَى الْإِجْتِهَادِ - إِذَا - حَاجَةٌ دَائِمَةٌ، مَا دَامَتْ
وَقَائِعُ الْحَيَاةِ تَتَجَدَّدُ، وَأَحْوَالُ الْمُجْتَمَعِ تَتَغَيَّرُ وَتَتَطَوَّرُ، وَمَا
دَامَتْ شَرِيعَةُ الْإِسْلَامِ صَالِحَةً لِكُلِّ زَمَانٍ وَمَكَانٍ، وَحَاكِمَةً
فِي كُلِّ أَمْرٍ مِنْ أُمُورِ الْإِنْسَانِ.⁹⁴

Konsep ijtihad kontemporer tentu tidak lepas dari konsep dasar ijtihad. Oleh karena itu, sebelum memasuki pembahasan ijtihad kontemporer penting untuk memahami konsep dasar ijtihad.

Pengertian ini melekat pada proses istinbat hukum yang dilakukan ulama-ulama besar di masa lampau. Seiring berkembangnya zaman dan penyebaran agama Islam, interaksi dengan peradaban lain di luar Jazirah Arab tidak dapat dihindari. Interaksi ini merubah realita masyarakat Muslim sehingga muncul persoalan-persoalan hukum baru. Meskipun beberapa persoalan telah disinggung oleh ulama fikih klasik, namun konteks zamannya berbeda. Oleh karena itu, para ulama di era tersebut harus berijtihad dengan tujuan menghasilkan hukum yang kontekstual dengan tetap berpegang pada prinsip dan dalil *syara'*. Ijtihad yang dilakukan ulama zaman ini harus menyesuaikan dengan konteks zaman.

⁹⁴ Al-Qaradawi, 101-102.

Untuk menghasilkan hukum yang sesuai dan kontekstual, ijtihad harus dilakukan secara multidisipliner. Ijtihad yang demikian itu dapat disebut sebagai ijtihad kontemporer.

Di antara ulama yang paling berpengaruh dalam diskursus ijtihad kontemporer adalah Yusuf al-Qaradawi. Pembahasan mengenai persoalan ini utamanya dituangkan dalam *Al-Ijtihad fi al-Shari'ah al-Islamiyyah: Ma'a Nazharat Tahliliyyah fi al-Ijtihad al-Mu'asir*. Dalam buku ini Yusuf al-Qaradawi melihat urgensi ijtihad terutama pada persoalan ekonomi, kedokteran dan ilmu alam.⁹⁵ Tidak hanya ijtihad terhadap permasalahan kontemporer, menurut Yusuf al-Qaradawi, diperlukan peninjauan ulang terhadap produk ijtihad terdahulu.

Berangkat dari urgensi tersebut, Yusuf al-Qaradawi merangkum serangkaian metode yang dapat dilakukan dalam menghadapi persoalan kontemporer. Secara umum metode ini terbagi menjadi dua. Beberapa sumber menyebutkan tiga, dengan kombinasi keduanya sebagai tambahan.

1. Metode *Intiqā'i* (selektif)

Metode *intiqā'i* berarti mengambil atau memilih salah satu pendapat yang dianggap paling kuat di antara pendapat-pendapat yang sudah ada sebelumnya. Pemilihan ini bukan tanpa dasar, mujtahid harus meninjau dalil-dalil tekstual dan metode yang digunakan dalam pendapat yang dipilihnya.⁹⁶ Yusuf Qaradawi tidak membatasi ruang lingkup metode ini dalam satu mazhab saja. Seseorang dapat membandingkan kemudian memilih antara pendapat-

⁹⁵ Al-Qaradawi, 102–104.

⁹⁶ Al-Qaradawi, 115.

pendapat dari berbagai periode bahkan dari berbagai mazhab.⁹⁷

Selain meninjau metode dan dalil yang digunakan dalam suatu pendapat, mujtahid harus memastikan bahwa pendapat tersebut memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a. Kesesuaiannya dengan konteks zaman
- b. Lebih memudahkan manusia
- c. Lebih dekat dengan prinsip kemudahan dalam syariah
- d. Sesuai dengan *maqasid al-syariah*
- e. Menjaga kemaslahatan umat dan mencegah kemungkaran.⁹⁸

Pengambilan hukum dengan menggunakan metode *intiqā'i* tentunya memiliki kecenderungan yang berbeda dibandingkan dengan pengambilan hukum ulama terdahulu. Menurut Yusuf al-Qaradawi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan pendapat dalam metode *intiqā'i*. Faktor ini secara tidak langsung mempengaruhi latar belakang mujtahid dalam memilih pendapat:

- a. Perubahan sosial dan politik baik lokal maupun global.

Menurut Yusuf al-Qaradawi boleh untuk meninggalkan pendapat yang sudah tidak relevan dengan kondisi saat ini dan beralih pada pendapat yang lebih relevan.⁹⁹

⁹⁷ Al-Qaradawi, 116.

⁹⁸ Al-Qaradawi, 115.

⁹⁹ Al-Qaradawi, 120.

b. Kesenjangan ilmu pengetahuan

Ilmu pengetahuan hakikatnya tidak pernah berhenti berkembang. Pengetahuan yang ada pada hari ini merupakan perkembangan dari pengetahuan sebelumnya. Contohnya perkembangan dalam teori atom. Atom yang merupakan satuan terkecil dari materi (*matter*) bermula dari spekulasi bahwa semua materi tersusun atas substansi fundamental yang tak terbagi. Spekulasi ini melahirkan teori atom dari yang paling sederhana (atom Dalton) sampai pada teori atom paling mutakhir, teori atom Heisenberg.

Yusuf al-Qaradawi menyoroti perkembangan ilmu pengetahuan yang begitu signifikan. Ilmu pengetahuan yang ada pada masa lampau telah mengalami koreksi di banyak bagian, terutama bidang ilmu alam dan astronomi.¹⁰⁰

c. Kebutuhan zaman

Faktor kebutuhan zaman di sini merujuk pada kemudahan bagi manusia dalam melakukan sesuatu yang termasuk pada perbuatan hukum subsider dan bersifat praktis.¹⁰¹

2. Metode *Insya'i* (konstruktif)

Metode *insya'i* berarti menyimpulkan hukum baru terhadap persoalan yang baru atau menyimpulkan hukum terhadap persoalan dengan pendapat yang belum pernah ada sebelumnya. Perkara yang dibahas mencakup perkara baru atau persoalan lama yang

¹⁰⁰ Al-Qaradawi, 123.

¹⁰¹ Al-Qaradawi, 125.

sudah ada di zaman sebelumnya, namun konteks zaman dan tempatnya telah berubah.¹⁰²

Metode ini lebih banyak digunakan pada perkara-perkara baru. Metode ini dapat digunakan pula pada perkara-perkara yang belum pernah dibahas sebab belum ada pada masa lampau, atau yang sudah dibahas, namun pembahasannya sedikit sekali. Sebab karena keterbatasan pengetahuan terkait perkara tersebut ulama terdahulu tidak merasakan urgensi untuk berijtihad terhadap hal tersebut.¹⁰³

Ijtihad kontemporer rawan akan kesalahan apabila dilakukan oleh orang yang tidak ahli, selain itu hawa nafsu dan upaya yang kurang maksimal juga berpotensi menimbulkan kesalahan pada ijtihad kontemporer. Menurut Yusuf al-Qaradawi terdapat beberapa perbuatan yang rawan menghasilkan kesalahan dalam berijtihad kontemporer:

1. Mengabaikan *nash*

Langkah pertama yang harus dilakukan mujtahid dalam menentukan hukum atas suatu perkara adalah merujuk pada *nash*. Pertama-tama ia harus merujuk pada al-Qur'an. Apabila tidak ditemukan dalam al-Qur'an yang harus dilakukan setelahnya adalah merujuk pada *sunnah* Rasul. Apabila mujtahid masih belum menemukan hukum di dalam *sunnah*, barulah mujtahid dapat menggunakan akalunya untuk berijtihad.¹⁰⁴

Tidak tepat untuk menggunakan akal sebelum melakukan penelusuran dalam *nash*. Sebab apabila

¹⁰² Al-Qaradawi, 126.

¹⁰³ Al-Qaradawi, 127.

¹⁰⁴ Al-Qaradawi, 139.

hukum atas suatu perkara dijelaskan secara eksplisit dalam *nash*, maka tidak ada ruang ijtihad atas perkara tersebut.

Kesalahan ini mungkin terjadi karena ketidaktahuan atas adanya *nash* yang membahas suatu perkara. Penyebab lain berasal dari pengabaian terhadap *nash*. pengabaian di sini berarti mengetahui *nash* yang jelas dan pasti kebenarannya namun mengabaikannya. Pengabaian ini dapat terjadi sebab kesalahan memahami *nash*, dominasi hawa nafsu, bias fanatisme, menggunakan *maslahat* sebagai pembenaran terhadap pendapatnya, atau sebab lainnya.¹⁰⁵

2. Salah memahami *nash* sehingga keluar dari konteks yang sebenarnya

Kesalahan yang satu ini secara umum dapat dipahami sebagai kesalahan penafsiran, contohnya mengartikan makna yang umum sebagai khusus, membatasi yang seharusnya absolut, juga sebaliknya. Kesalahan penafsiran yang mungkin terjadi mungkin juga bersifat kontekstual di mana seseorang menggunakan *nash* pada konteks yang tidak sesuai dengan maksud *nash* tersebut.¹⁰⁶

3. Berpaling dari *ijma'* yang pasti/sudah diyakini

Ulama fikih bersepakat bahwa salah satu syarat untuk berijtihad adalah mengetahui dalil-dalil *ijma'*. Mujtahid harus memperhatikan *ijma'* yang diakui oleh jumhur ulama. *Ijma'* yang pasti di sini merujuk pada

¹⁰⁵ Al-Qaradawi, 139.

¹⁰⁶ Al-Qaradawi, 144.

ijma' yang disepakati oleh mazhab-mazhab dan ulama seluruh negeri.¹⁰⁷

4. Qiyas yang rusak

Qiyas yang rusak dalam hal ini berarti mengqiyaskan sesuatu yang tidak pada tempatnya. Seperti melakukan *qiyas* yang berimplikasi pada hukum yang pasti terhadap sesuatu yang dugaan, mengqiyaskan perkara yang bersifat *ta'abbudi* kepada perkara yang termasuk *adat* dan muamalah. Ketika mempertimbangkan hukum dan tujuan hukum tersebut, juga mengambil *nash* yang dijadikan dasar hukum.

Hal penting yang harus diperhatikan dalam *qiyas* adalah landasan *nash*-nya valid baik dari al-Qur'an maupun *sunnah*, jelas *illat*-nya, serta tidak ada perbedaan mazhab antara hukum perkara asal ('*ashl*') dengan perkara baru (*far'u*).¹⁰⁸

Qiyas yang rusak dapat disebabkan oleh beberapa hal:

- a. Qiyas terhadap sesuatu yang tidak ada hukum asalnya dalam *nash*,
- b. Qiyas berdasarkan *nash* yang tidak valid,
- c. Qiyas berdasarkan *nash* yang valid namun *illat*-nya tidak jelas,
- d. Qiyas yang *illat*-nya jelas namun terdapat perbedaan yang signifikan antara hukum asal dan hukum cabang.¹⁰⁹

¹⁰⁷ Al-Qaradawi, 148.

¹⁰⁸ Al-Qaradawi, 152.

¹⁰⁹ Al-Qaradawi, 152.

5. Kelalaian atas realitas zaman

Kesalahan lain yang sering terjadi dalam ijtihad kontemporer adalah kelalaian akan realitas. Yusuf al-Qaradawi menyebutkan beberapa kelalaian yang mungkin terjadi. Mujtahid mungkin terlalu tenggelam dalam realitas zaman dan berijtihad tanpa mempertimbangkan prinsip-prinsip Islam. Kelompok jenis ini menggunakan hasil ijtihadnya sebagai justifikasi atas sebuah realitas.

Selain itu kesalahan mungkin terjadi sebab kurangnya kesadaran mujtahid terhadap realitas zaman atau ketidaksesuaian dengan realitas modern. Ketidaksesuaian ini mungkin terjadi karena beberapa hal, di antaranya fanatisme mujtahid terhadap suatu mazhab sehingga mujtahid tidak mau melampaui pendapat ulama terdahulu, karena pemikiran yang tertutup pada perubahan (konservatif), atau karena dirinya tidak menyadari adanya perubahan realitas yang menimbulkan urgensi berijtihad.¹¹⁰

¹¹⁰ Al-Qaradawi, 153.

BAB III

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* DALAM RUKYATUL HILAL

Dewasa ini, teknologi AI marak digunakan di berbagai bidang dalam kehidupan, tidak terkecuali dalam observasi astronomis. Dalam rukyatul hilal, AI digunakan untuk membantu mendeteksi dan memperjelas penampakan hilal. Teknologi ini terdiri atas rangkaian perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). *Hardware* yang berupa teleskop dan kamera berfungsi mengonversikan cahaya menjadi citra digital. selanjutnya citra digital diproses menggunakan *software* untuk meningkatkan kualitas citra. Dalam konteks *software* AI, *software* bertugas meningkatkan sekaligus mendeteksi objek dalam gambar.

Teknologi yang digunakan dalam rukyatul hilal sangat beragam baik *software* maupun *hardware*-nya. Beberapa *software* AI yang digunakan dalam biasanya berbasis CNN, dapat ditemukan pada aplikasi seperti OpenCV, AstroImageJ, TensorFlow, dan lain sebagainya. Namun dalam penelitian ini, penulis spesifik membahas teknologi CNN yang dikembangkan Robiatul Muztaba. Muztaba mengembangkan teknologi deteksi hilal *real-time* dengan teleskop OZT-ALTS yang diprogram dengan *software* berbasis Mask R-CNN yang dinamai Real-time Fasting Crescent Detection (RFCD). Cara kerja teknologi ini akan dibahas dalam dua bagian, yakni pembahasan *hardware* dan *software*.

A. Sistem *Hardware*

Hardware pada teknologi ini terdiri atas rangkaian teleskop dan dua kamera, yakni kamera digital dan kamera

inframerah.¹¹¹ Teleskop yang digunakan adalah jenis teleskop robotik OZT-ALTS. Teleskop ini merupakan jenis teleskop refraktor apokromatik dengan diameter lensa sebesar 152 mm, *focal length* 1200 mm, dan *focus ratio* 1/8. *Optical Telescope Arrangement* (OTA) ini dipasang pada *mounting* NTM-500 dengan spesifikasi *slewing speed* 20°/s, akselerasi dan deselerasi sebesar 20°/s², serta akurasi *positioning* absolut sebesar kurang dari 5 arcsec RMS. Spesifikasi ini memungkinkan teleskop digerakkan dengan cepat, halus dan akurat.¹¹²

Cahaya yang melalui lensa diteruskan, kemudian melewati *beam splitter*.¹¹³ *Beam splitter* memantulkan cahaya ke arah kamera inframerah Manta G-031B. Dalam rangkaian ini, kamera Manta G-031B digunakan untuk menangkap cahaya *near-infrared* yang hasil tangkapannya digunakan untuk mengeliminasi gangguan cahaya yang bukan merupakan cahaya hilal¹¹⁴.

Cahaya yang diterima Manta G-031B terlebih dahulu melewati filter inframerah seri RG-1000. Meskipun kamera Manta G-031B mampu menerima sinar inframerah, namun filter ini tetap diperlukan untuk menyaring cahaya tampak sehingga citra yang dihasilkan menjadi lebih jernih. *Field of View* (FoV) kamera Manta G-031B lebih kecil dibandingkan dengan diameter sudut

¹¹¹ Keduanya dioperasikan secara otomatis oleh software untuk mengambil citra.

¹¹² Muztaba, Malasan, dan Djamal, “Deep learning for crescent detection and recognition: Implementation of Mask R-CNN to the observational Lunar dataset collected with the Robotic Lunar Telescope System,” 3.

¹¹³ *Beam splitter* merupakan perangkat optik yang dirancang untuk memantulkan sekaligus meneruskan cahaya ke dua arah berbeda.

¹¹⁴ Robiatul Muztaba, “Wawancara” (Semarang, 1 Mei 2025).

bulan. Oleh sebab itu, perangkat ini memerlukan lensa *reducer* untuk menangkap keseluruhan bentuk hilal.¹¹⁵

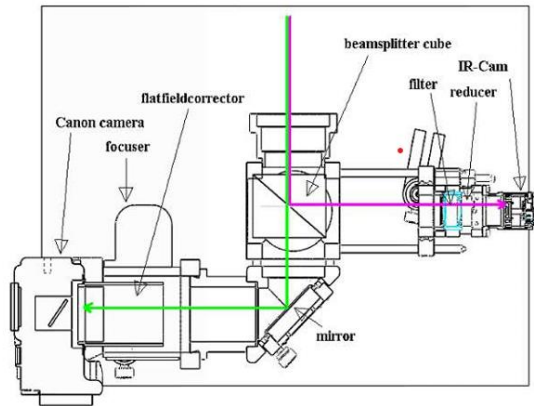
Cahaya yang diteruskan dari *beam splitter* dipantulkan oleh cermin untuk dibelokkan ke arah kamera digital. Akibat posisi cermin yang miring, bayangan yang hilal yang dipantulkan mengalami distorsi bentuk. Untuk mengatasi hal ini, *flat-field converter* dan *focuser* digunakan supaya kamera dapat menangkap gambar dengan baik. *Flat-field converter* yang digunakan adalah jenis *Baader Fluorite Flat-field Converter*.

Kamera digital yang digunakan pada teknologi ini adalah Canon EOS 5D Mark II memiliki resolusi 5616 x 3744 dengan ukuran piksel 6.4 μm x 6.4 μm dan *field of view* sebesar 52.055 x 34.03 arcminutes. Kamera ini memiliki rentang *shutter speed* 1/8000 hingga 30 s.

Rangkaian perangkat optik dan kamera dapat dilihat pada gambar berikut.¹¹⁶

¹¹⁵ Muztaba, Malasan, dan Djamal, "Deep learning for crescent detection and recognition: Implementation of Mask R-CNN to the observational Lunar dataset collected with the Robotic Lunar Telescope System," 4.

¹¹⁶ Muztaba, Malasan, dan Djamal, 2.

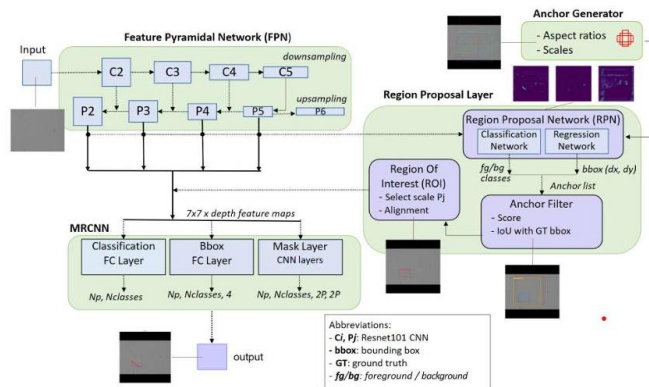


Gambar3.1 Skema optik pada teleskop OZT-ALTS
(Sumber: Muztaba, 2023)

B. Sistem Software

RFCD telah diintegrasikan untuk mampu mengoperasikan kamera berbasis komputer sekaligus *framework* Mask R-CNN. Mask R-CNN yang digunakan di sini menggunakan ResNet-101. ResNet-101 merupakan arsitektur CNN dengan 101 lapisan *convolutional network* yang berfungsi mengekstraksi fitur pada gambar.¹¹⁷

¹¹⁷ Muztaba, Malasan, dan Djamal, 3.



Gambar3.2 Skema alur kerja jaringan konvolusi,
(Sumber: Muztaba, 2023)

Citra yang dihasilkan dari kamera selanjutnya diproses secara otomatis dalam rangkaian *convolutional network*. Sistem ResNet-101 memiliki Feature Pyramid Network (FPN) yang tersusun atas 4 tahap ekstraksi fitur konvolusi, yakni C2, C3, C4 dan C5. Masing-masing lapisan memiliki spesifikasinya masing-masing. Semakin tinggi tingkatannya maka semakin rendah resolusinya, namun lebih besar cakupan objek yang dapat ditangkap. C2 merupakan *low-level features* yang memiliki resolusi paling tinggi namun, berfungsi menangkap detail kecil seperti tekstur, tepi dan pola sederhana pada gambar. C2 memiliki resolusi paling tinggi di antara yang lain namun tidak mampu menangkap stuktur objek secara global.¹¹⁸

C3 merupakan *mid-level features*. Fitur ini mampu menangkap bentuk dan pola yang lebih kompleks, namun memiliki resolusi yang lebih rendah daripada C2.

¹¹⁸ Tsung-Yi Lin dkk., "Feature Pyramid Networks for Object Detection," dalam *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (IEEE, 2017), 939, <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.106>.

Selanjutnya pada C4 masuk pada *high-level features*, resolusinya semakin mengecil namun mampu menangkap hubungan antara bagian objek hingga bentuk objek secara keseluruhan. Fitur terakhir, C5, merupakan fitur dengan resolusi terkecil namun mampu menangkap informasi abstrak dari objek. Fitur ini merupakan fitur paling informatif di antara fitur sebelumnya.¹¹⁹

Selanjutnya FPN membentuk peta fitur yang berdasarkan ekstraksi dari fitur *backbone* (C2, C3, C4, C5). Fitur yang diekstraksi dari C2 menghasilkan P2, C3 menghasilkan P3, dan seterusnya. Pada sistem ini P6 berasal dari *downsampling* P5. Piramida yang dibangun berdasarkan *backbone* berfungsi mendeteksi fitur pada gambar multi-skala sehingga sistem tetap mampu mendeteksi objek dalam skala berapapun, di mana pun objek berada dalam gambar.¹²⁰ Hasil segmentasi ini selanjutnya menjadi dasar untuk pengolahan pada lapisan lain yakni *Region Proposal Layer* (RPL). Lapisan ini berfungsi mencari area atau lokasi objek dalam sebuah gambar.

Untuk menentukan area yang mungkin terdapat objek, pertama-tama *anchor generator* membuat *anchor* dengan berbagai ukuran dan rasio aspek. *Anchor* merupakan sekumpulan kotak referensi yang berfungsi menentukan kriteria objek/non-objek dan target regresi *bounding box*.¹²¹ *Anchor* dilatih dengan menggunakan *ground-truth* yang ditentukan secara manual. Penentuan ini didasarkan pada perbandingan nilai *Intersection-over-*

¹¹⁹ Lin dkk., 939.

¹²⁰ Lin dkk., 939.

¹²¹ Lin dkk., 939.

Union (IoU)¹²² *anchor* terhadap *ground-truth*. IoU *threshold* dalam sistem RFCN bernilai 0.5>.¹²³ *Anchor box* yang dihasilkan *anchor generator* digunakan untuk melakukan klasifikasi dan regresi dalam *Region Proposal Network* (RPN).

Klasifikasi dan regresi masing-masing dilakukan oleh *classification network* dan *regression network*. *Classification network* berfungsi menentukan apakah suatu area berisi objek atau tidak, sedangkan *regression network* berfungsi memperbaiki posisi serta ukuran *bounding box* yang diusulkan oleh *anchor generator*. Hasil *classification network* dan *regression network* selanjutnya disaring (*filtered*) untuk menentukan *anchor* dengan IoU tertinggi. *Anchor* dengan IoU tertinggi ini kemudian disebut sebagai *Region of Interest* (RoI), yaitu daerah dengan probabilitas tertinggi mengandung objek.

Masih dalam lapisan RPL, sistem kemudian memilih *level feature map* (P) dengan resolusi yang sesuai dengan ukuran *anchor box* yang dihasilkan RPN supaya keseluruhan objek dapat terdeteksi dalam *anchor box*. Sistem juga menerapkan *RoI Align*. *RoI Align* merupakan metode yang digunakan dalam Mask R-CNN. Metode ini merupakan pengembangan dari metode *RoI pooling* dari

¹²² IoU berarti perbandingan irisan terhadap union. IoU maksimum bernilai 1, menandakan *bounding box* sama persis dengan *ground-truth* (akurat), sedang IoU minimum bernilai 0, menandakan *bounding box* sangat tidak akurat.

¹²³ Muztaba, Malasan, dan Djamal, "Deep learning for crescent detection and recognition: Implementation of Mask R-CNN to the observational Lunar dataset collected with the Robotic Lunar Telescope System," 10.

Faster R-CNN yang berfungsi meningkatkan akurasi pemetaan (*mapping*) RoI.¹²⁴

Pada tahap terakhir, sistem melakukan prediksi objek dan segmentasi. Proses ini terjadi dalam tiga lapisan utama yang terdiri atas *Classification Fully Connected layer*, *Bbox Fully Connected Layer*, dan *Mask Layer CNN*. *Classification FC layer* berfungsi menentukan kategori objek, *Bbox FC layer* berfungsi menyesuaikan *bounding box*, sedang *Mask Layer CNN* membentuk *segmentation mask* untuk menandai area objek secara presisi.

C. *Training dan Pengujian*

RFCD sebagai bentuk kecerdasan harus belajar dan berlatih untuk menguasai sebuah tugas layaknya otak manusia. Model AI tidak bisa serta merta mampu melakukan sebuah tugas tanpa belajar. RFCD yang merupakan bentuk *supervised learning* memerlukan model dilatih dengan memberikan data yang sudah dilabeli dan mempelajari pola data tersebut. Berdasarkan data berlabel yang diberikan, model akan mempelajari pola yang sama pada sampel yang berbeda-beda. Perlu dipahami bahwa *training* merupakan proses model dalam mempelajari tugasnya. Dalam konteks CNN, *training* berarti membiasakan model untuk mengenali fitur-fitur objek yang akan dideteksi, sedangkan pengujian berarti menguji model yang dianggap sudah mencapai tahap optimal untuk mengenali objek yang diinginkan.

Proses *training* RFCD dilakukan dalam dua tahap, yakni *pre-training* dan *tuning*. *Pre-training* dilakukan menggunakan *dataset* COCO untuk menginisialisasi

¹²⁴ Tong Bai dkk., "An Optimized Faster R-CNN Method Based on DRNet and RoI Align for Building Detection in Remote Sensing Images," *Remote Sensing* 12, no. 5 (26 Februari 2020): 7, <https://doi.org/10.3390/rs12050762>.

weight ekstraktor fitur dan mengoptimalkan model.¹²⁵ Setelah melalui *pre-training*, dilakukan *fine-tuning*¹²⁶ menggunakan *dataset* yang sesuai dengan tujuan pembuatan model, yaitu deteksi bulan, khususnya hilal (bulan baru).

RFCD menggunakan data primer yang didapatkan dari hasil observasi menggunakan OZT-ALTS dan data-data dari sumber yang dapat diakses publik dengan resolusi yang bervariasi mulai dari 2500 x 2415 piksel hingga 45 x 45 piksel. Total data yang digunakan untuk pengujian sejumlah 3202 citra dengan 82% data primer dan 18% data sekunder. 3202 citra ini terdiri atas fase sabit muda, kuartal awal, bulan cembung muda, bulan purnama, bulan cembung tua, kuartal ketiga dan bulan sabit tua.¹²⁷ Sampel ini diuji secara bertahap dalam 5 eksperimen dengan 75% dari total data digunakan untuk training sedang 25% yang lain untuk validasi. Adapun anotasi dilakukan secara manual menggunakan VIA (VGG Image Annotator). Anotasi dilakukan dengan menggambar poligon pada sampel dari setiap fase bulan yang telah ditandai dalam koordinat x dan y. bagian yang dianotasi otomatis dikenali sebagai *foreground*, sedang sisanya dikenali sebagai *background*. Hasil anotasi berperan sebagai *ground-truth* untuk mempermudah proses *training*.

¹²⁵ Muztaba, Malasan, dan Djamal, "Deep learning for crescent detection and recognition: Implementation of Mask R-CNN to the observational Lunar dataset collected with the Robotic Lunar Telescope System," 5.

¹²⁶ Charith Chandra Sai Balne dkk., "Parameter Efficient Fine Tuning: A Comprehensive Analysis Across Applications," 20 April 2024, 1, <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.13506>.

¹²⁷ Muztaba, Malasan, dan Djamal, "Deep learning for crescent detection and recognition: Implementation of Mask R-CNN to the observational Lunar dataset collected with the Robotic Lunar Telescope System," 4.

Pengujian RFCD terangkum dalam Tabel 1 dengan hiper-parameter sebagai berikut (ETA= Estimated Time of Arrival).¹²⁸

Deksripsi	Parameter							
	Backbone network	Training mode	Epoch number	Step number	Learning rate	Momentum	Weight decay	ETA (hours)
Eksperimen 1	ResNet-101	Heads	25	100	0.001	0.9	0.0001	0.60
Eksperimen 2	ResNet-101	All	50	100	0.001	0.9	0.0001	3.17
Eksperimen 3	ResNet-101	Heads	50	1.000	0.001	0.9	0.0001	6.75
Eksperimen 4	ResNet-101	All	50	1.000	0.001	0.9	0.0001	13.08
Eksperimen 5	ResNet-101	All	50	1.000	0.001	0.997	0.0001	19.25

*Table 3.1 Pengaturan hiperparameter training RFCD
(Sumber: Muztaba, 2023)*

Hiperparameter ditetapkan untuk mengatur proses *training* model supaya hasil yang diperoleh optimal. Parameter yang digunakan dalam *training* model ini terdiri atas jumlah *epoch*, jumlah langkah, *learning rate*, momentum dan *weight decay*. *Stochastic gradient descent* (SGD) digunakan untuk mengoptimasi model dengan hiperparameter yang telah ditentukan dalam Tabel 1. *Learning rate* dan momentum termasuk parameter yang bekerja dalam optimasi ini.

Jumlah *epoch* menentukan jumlah iterasi yang dilakukan selama *training*. Dalam satu epoch sistem mengambil data dari dataset kemudian melakukan pembaruan *weight* berdasarkan perhitungan gradien.¹²⁹

¹²⁸ Muztaba, Malasan, dan Djamal, 2.

¹²⁹ Eva Bartz dkk., *Hyperparameter Tuning for Machine and Deep Learning with R*, ed. oleh Eva Bartz dkk. (Singapore: Springer Nature Singapore, 2023), 64, <https://doi.org/10.1007/978-981-19-5170-1>.

Jumlah data yang diproses dalam satu epoch disebut *batch size*. Jumlah *batch size* menentukan jumlah step dalam satu *training*.

Sebuah *training* dianggap berhasil apabila nilai parameter mencapai titik konvergen di mana nilai *loss* berada pada titik minimum. Untuk memastikan *training* berhenti pada titik ini, momentum digunakan untuk mengurangi fluktuasi perubahan *weight*, sehingga model dapat mencapai konvergensi lebih cepat dan stabil.

Learning rate merupakan parameter dari optimasi algoritma yang diaplikasikan dalam *neural network*. Secara sederhana dapat dipahami sebagai koefisien pengali untuk gradien pada setiap iterasi. Hasil perkalian ini digunakan untuk menentukan value dari *weight*.¹³⁰ *Learning rate* yang ditetapkan untuk training RFCD cukup rendah untuk memastikan *loss value* turun bertahap. *Weight decay* digunakan untuk memperbarui *weight*.

Selain parameter yang terdapat dalam tabel tersebut, ditetapkan juga *fixed hyperparameter*. Hyperparameter ini terdiri atas *backbone*, ambang batas level *confidence* (Detection_Min_Confidence), batas ukuran gambar maksimum dan minimum (Image_Min_Dim, Image_Max_Dim), *loss weights*¹³¹, dan jumlah maksimum *ground truth instances* (Max_GT_Instances), dan jumlah ROI maksimum (Train_ROIs_Per_Image).¹³²

¹³⁰ Bartz dkk., 63.

¹³¹ *Loss value* didapatkan dari akumulasi dari nilai *loss* dari setiap bagian model: *rpn_class_loss*, *rpn_bbox_class_loss*, *mrcnn_class_loss*, *mrcnn_class_loss*, *mrcnn_mask_loss*.

¹³² Muztaba, Malasan, dan Djamal, "Deep learning for crescent detection and recognition: Implementation of Mask R-CNN to the observational Lunar dataset collected with the Robotic Lunar Telescope System," 7.

Setiap alat harus melewati pengujian supaya diketahui kelayakan dan kemampuannya dalam melaksanakan tujuan perancangannya. RFCD divalidasi dengan pengujian menggunakan sampel acak dari *dataset* validasi. Secara umum proses validasi dilakukan dengan menguji model terhadap hilal yang tidak tertutup awan, hilal yang tertutup awan (6 citra dengan kasus yang berbeda-beda), dan kasus standar (7 citra fase bulan yang berbeda-beda). Sampel yang digunakan untuk hilal tidak tertutup dan 6 citra hilal dengan kasus berbeda diambil tanggal 22 Maret 2023 menggunakan teleskop OZT-ALTS.¹³³

Secara kuantitatif, keberhasilan model dalam pengujian dideskripsikan menggunakan Average Precision (AP) pada setiap sampel, kemudian menghitung Mean Average Precision (mAP) dari seluruh kelas. Hasil perhitungan AP dibandingkan dengan IoU untuk menentukan kualitas performa model. Hasil validasi RFCD menghasilkan nilai mAP mendekati 1 (100%), terutama pada hasil pengujian dengan parameter eksperimen 5 dengan nilai AP terendah 0.92 untuk pengujian pada fase *third quarter* dan nilai AP 1 pada pengujian hilal dan kasus hilal (d). Hasil ini menunjukkan RFCD memiliki akurasi deteksi yang tinggi.¹³⁴

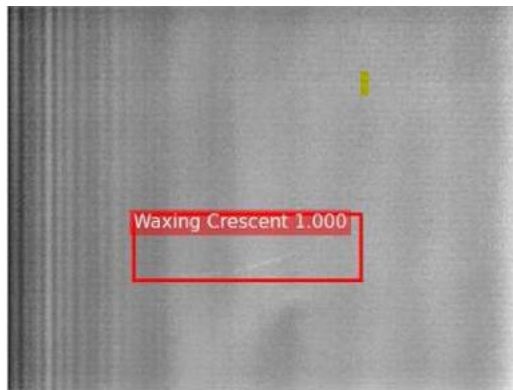
Pengujian RFCD tidak hanya dilakukan berdasarkan *dataset*, pengujian juga dilakukan dengan observasi langsung pada hilal 1 Ramadhan 1444 H. Visibilitas hilal ditentukan dengan menggunakan metode perhitungan visibilitas Schaefer dan Crumey. Pada

¹³³ Muztaba, Malasan, dan Djamal, 11.

¹³⁴ Muztaba, Malasan, dan Djamal, 10.

prinsipnya metode ini menghitung ambang bantas kontras berdasarkan kondisi atmosfer dan batas penglihatan mata manusia. Apabila kontras lebih besar ketimbang ambang batas kontras Schaefer dan Crumey, maka objek (hilal) dapat terlihat dan RFCD dapat langsung menampilkan hilal.¹³⁵

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengamatan secara konstan sejak 11.00 WIB hingga pukul 19.00 WIB. Dalam pengujian ini hilal pertama kali terdeteksi pada pukul 13.03 WIB, 12 jam 53 menit sejak konjungsi toposentrik. Pada saat ini Asensio rekta hilal 0 jam 33 menit 00,85 detik, deklinasi $1^{\circ} 15' 49,5''$, elongasi $+7^{\circ} 21' 7,3''$, azimuth $313^{\circ} 42' 45''$ dan altitude $80^{\circ} 10' 0''$.¹³⁶

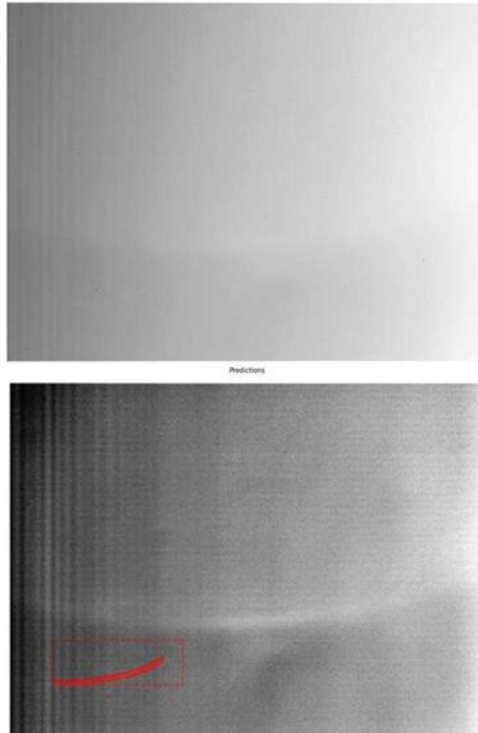


Gambar 3.3 Deteksi hilal 1 Ramadhan 1444 H pukul 13.03 WIB. (Sumber: Muztaba, 2023)

¹³⁵ Muztaba, Malasan, dan Djamal, 11.

¹³⁶ Muztaba, "Wawancara."

Hilal terakhir terdeteksi pada pukul 16.52 WIB. Selanjutnya hilal tidak nampak hingga setelah ghurub sebab tertutup awan tebal.



Gambar 3.4 Hasil pengujian RDFC pada hilal 1 Ramadhan 1444 H pukul 16.52 WIB (Sumber: Muztaba, 2023)

BAB IV

TINJAUAN HUKUM ISLAM TERHADAP IMPLEMENTASI *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* DALAM RUKYATUL HILAL

Setelah penjabaran mengenai teknis penggunaan alat pada bab sebelumnya, diketahui bahwa AI yang digunakan dalam kasus RFCD merupakan model yang tidak adaptif terhadap data di luar data training. dengan kata lain, sistem hanya melabeli objek berdasarkan fitur yang “familiar” berdasarkan *training* yang terarah.

Setelah memahami detail dan cara kerja sistem, dilakukan analisis perkara ini dalam hukum Islam. Analisis dilakukan dengan menjabarkan beberapa pendapat yang sudah ada, selanjutnya memilih pendapat yang paling relevan dan mampu mengakomodasi perkembangan teknologi dengan tetap berada pada koridor syariat.

A. Pendapat Ulama dan Kelompok terhadap Penggunaan Alat Bantu dalam Rukyatul Hilal

Pembahasan mengenai penggunaan alat bantu, terutama alat optik, telah dibahas sejak berabad-abad lalu. Tidak sedikit di antara pendapat-pendapat terdahulu yang sudah tidak relevan dengan konteks peradaban masa kini, namun tidak sedikit pula yang melampaui zamannya dan relevan dengan fenomena masa kini. Respon fikih terhadap penggunaan teknologi dalam rukyatul hilal cukup beragam. Beberapa memperbolehkan, yang lain tidak.

1. Pendapat Ibnu Hajar al-Haitami

Ibnu Hajar al-Haitami dalam *Tuhfat al-Muhtāj bi Syarḥ al-Minhāj* menerangkan bahwa rukyatul hilal dilakukan tanpa perantara atau alat bantu seperti

cermin. Sehingga penggunaan alat tersebut tidak diperbolehkan.¹³⁷

(أَوْ رُؤْيَا لِهَيْلَالٍ) بَعْدَ الْغُرُوبِ لَا بِوَاسِطَةِ نَحْوِ مِرْآةٍ، كَمَا هُوَ ظَاهِرٌ لَيْلَةَ الثَّلَاثِينَ مِنْهُ

Menurut Ibnu Hajar al-Haitami, hal ini tidak dapat diperdebatkan. Ibnu Hajar menganggap hal ini tidak dapat diperdebatkan sebab dalam hadis yang diriwayatkan Abu Hurairah¹³⁸ mengenai perintah melihat hilal untuk mengetahui masuknya waktu berpuasa dan berbuka (mengakhiri bulan puasa). Hadis ini juga memerintahkan untuk menggenapkan jumlah hari pada bulan Sya'ban jika hilal tidak nampak atau tertutup.

Hadis ini mencapai derajat mutawatir. Menurut Ibnu Hajar, hadis ini tidak dapat ditakwilkan dan tidak ada cela dalam sanadnya. Perintah pelaksanaan rukyatul hilal sebagai konsekuensi hadis ini sangat kuat sehingga tidak tepat menyelisihinya pendapat ini. Kesaksian rukyat dianggap memberikan pengetahuan yang dharuri, bahkan jika yang menyampaikannya adalah orang kafir.¹³⁹

Menilik konteks zaman dan peradabannya, Ibnu Hajar al-Haitami hidup pada abad ke-10 H, yakni 909

¹³⁷ 'Abd al-Ḥamīd al-Sharwānī dan Aḥmad ibn Qāsim al-'Abbādī, *Ḥawāsyī Tuhfat al-Muhtāj Syarḥ al-Minhāj*, vol. 3 (Mekkah, t.t.), 372.

¹³⁸ Lihat hadis no. 1909, Al-Bukhari, Shahih al-Buhari, 1:470.

¹³⁹ al-Sharwānī dan al-'Abbādī, *Ḥawāsyī Tuhfat al-Muhtāj Syarḥ al-Minhāj*, 3:373.

H (1503/1504 M) – 974 H (1566-1567 M).¹⁴⁰ Sepanjang hidupnya, Ibnu Hajar melalui dua kekuasaan Islam, yakni Mamluk dan Turki Ottoman. Meskipun menyaksikan masa keemasan dunia keilmuan Islam, perkembangan pengetahuan alam di era ini masih belum cukup signifikan, terutama pada bidang fisika optik.

Untuk mengetahui konteks perkembangan teknologi pada masa ini, penulis mengambil titik pada linimasa kuartal pertama hingga paruh pertama abad ke-16. *Tuhfatul Muhtaj* selesai ditulis pada tahun 958 H atau sekitar 1551 M di mana Ibnu Hajar sudah menetap di Makkah.¹⁴¹ Berdasarkan penelusuran penulis dan data yang telah dipaparkan pada Bab II, alat optik berupa cermin dan kaca yang memusatkan cahaya (lensa) sudah muncul di peradaban Islam, meskipun demikian tidak ditemukan catatan apakah Ibnu Hajar mengetahui penggunaan alat ini atau tidak.

Selain konteks pengetahuan dan perkembangan teknologi, kualitas pengamatan hilal pada masa itu juga menjadi penguat argumen Ibnu Hajar dengan konteks zamannya. Konteks zaman yang bertanggal jauh sebelum industry menguatkan argumen bahwa langit pada masa ini cukup cerah sehingga kesaksian menggunakan mata telanjang menjadi lebih utama ketimbang melihat melalui pantulan. Apalagi secara

¹⁴⁰ Aaron Spevack, *The Archetypal Sunnī Scholar: Law, Theology, and Mysticism in the Synthesis of al-Bājūrī* (Albany: State University of New York Press, 2014), 77.

¹⁴¹ Ahmad Munif, David Wildan, dan Siti Tatmainul Qulub, “Science and Fiqh in 10th Century AH,” *Ascarya: Journal of Islamic Science, Culture, and Social Studies* 4, no. 2 (5 Desember 2024): 112, <https://doi.org/10.53754/iscs.v4i2.710>.

saintifik rawan terjadi aberasi monokromatik pada cermin atau media pantul sejenis.

2. Pendapat al-Syarwani dan Ibnu Qasim

Selanjutnya, al-Syarwani dan Ibnu Qasim dalam *Ḥawāshī al-Sharwānī wa Ibn Qāsim al-‘Abbādī ‘alā Tuhfat al-Muhtāj bi Sharḥ al-Minhāj* menambahkan penjelasan atas hal tersebut, bahwa rukyat dengan menggunakan alat tetap dianggap sebagai rukyat.

(قَوْلُهُ: لَا بِوَاسِطَةٍ) الْأُولَى: بِلَا وَاسِطَةٍ. (قَوْلُهُ: لَا بِوَاسِطَةٍ
نَحْوِ مِرَاةٍ) قَدْ يُتَوَقَّفُ فِيهِ، لِأَنَّهَا رُؤْيَةٌ وَلَوْ بِتَوَسُّطِ آلَةٍ
بَصَرِيَّةٍ، وَيُؤَيَّدُهُ مَا يَأْتِي عَنْ سَمٍّ فِي مَسْأَلَةِ الْعَيْمِ، وَكَفَايَةِ
ظَنِّ دُحُولِ رَمَضَانَ بِالْاجْتِهَادِ كَمَا يَأْتِي. (قَوْلُهُ: نَحْوِ مِرَاةٍ)
أَيُّ كَالْمَاءِ وَالْبُلُورِ، وَالَّذِي يُقَرَّبُ الْبَعِيدَ وَيُكَبِّرُ الصَّغِيرَ فِي
النَّظَرِ.

Dalam kitab yang merupakan komentar atas *Tuhfat al-Muhtāj bi Sharḥ al-Minhāj* ini dijelaskan bahwasannya larangan Ibnu Hajar al-Haitami mengenai kesaksian rukyatul hilal menggunakan cermin perlu dipertanyakan, sebab melihat hilal melalui alat optik tetap dianggap sebagai penglihatan. Hal ini berdasarkan pada pendapat Sam atas kebolehan menentukan masuknya awal bulan melalui ijtihad apabila hilal tertutup awan.¹⁴²

¹⁴² Aḥmad ibn Muḥammad Al-Sharwānī dan Ibn Qāsim al-‘Abbādī, *Ḥawāshī al-Sharwānī wa Ibn Qāsim al-‘Abbādī ‘alā Tuhfat al-Muhtāj bi-Sharḥ al-Minhāj*, vol. 4 (Beirut: Dar al-Kutub al-Ilmiyah, 1996), 491.

Al-Syarwani dan Ibnu Qasim juga merincikan alat optik yang dimaksud *naḥwi mir'ātin*, merujuk pada benda seperti air atau kaca bening (kristal) yang dapat mendekatkan yang jauh atau memperbesar objek yang kecil.¹⁴³

Mengenai hadis riwayat Bukhari yang dikutip Ibnu Hajar sebagai dasar argumen, al-Syarwani dan Ibnu Qasim berpendapat bahwa hadis ini masih bisa ditakwil sehingga membuka ruang ijtihad dalam tata cara pelaksanaan rukyat.¹⁴⁴

Konteks historis penulisan kitab ini dapat dianalisis dengan mengetahui tahun penulisannya. Meskipun demikian, penulis tidak menemukan tahun pasti kapan kitab ini ditulis sebab kurangnya akses terhadap dokumen historis. Penulis meninjau era penulisan kitab berdasarkan orang-orang yang berkaitan dengan salah satu di antara kedua ulama tersebut. Al-Syarwani merupakan guru dari Kholil al-Bangkalani (1834 M- 1925 M) di Makkah.¹⁴⁵ Berdasarkan fakta ini, maka dapat diperkirakan bahwa al-Syarwani dan menulis *Hawasyi Asy-Syarwani wa Ibn Qasim al-Abadi bi Tuhfah al-Muhtaj* pada sekitar abad ke-19 M.

Berdasarkan kesimpulan tersebut penulis mencocokkan dengan konteks peradaban abad ke-19 M. Perkembangan teknologi optik pada masa itu sudah cukup maju. Berdasarkan pemaparan di Bab II, penulis menyimpulkan pengamatan astronomis khususnya

¹⁴³ Al-Sharwānī dan al-'Ibādī, 4:491.

¹⁴⁴ Al-Sharwānī dan al-'Ibādī, 4:491.

¹⁴⁵ Mohammad Takdir, "Kontribusi Kiai Kholil Bangkalan dalam Mengembangkan Tasawuf Nusantara," 'Anil Islam 9, no. 2 (Desember 2016): 281.

pengamatan hilal sudah didukung oleh teleskop dengan model yang mumpuni. Penulis tidak menemukan dokumen terkait jenis teleskop yang digunakan dalam rukyatul hilal di zaman ini, namun menilik keterangan *wa alladhī yuqarribu al-ba'ida wa yukabbiru al-ṣaghīra fī al-naẓar* nampaknya pada periode al-Syarwani teleskop refraktor sudah digunakan untuk rukyatul hilal.

3. Pendapat Bakhit al-Muti'i

Pada perkembangan selanjutnya, Muhammad Bakhit al-Muti'i dalam *Irsyad Ahl al-Millah Ilā Isbat al-Ahillah* memaparkan kebolehan penggunaan alat bantu dalam rukyatul hilal. Alat bantu berupa boleh digunakan selama hilal masih bisa dilihat oleh orang yang penglihatannya tidak tajam sekalipun.

وَأَمَّا الرُّيُوتُ بِوَاسِطَةِ النَّظَارَاتِ الْمُعْظَمَةِ فَهِيَ كَالرُّيُوتِ بِالْعَيْنِ
بَلَا فَرْقٍ، كَمَا يُعْلَمُ ذَلِكَ عِنْدَ اسْتِعْمَالِ نَظَارَةِ الْقِرَاءَةِ،
وَاللَّهُ الْمُؤَفِّقُ لِمَا فِيهِ السَّدَادُ

Alat bantu yang boleh digunakan menurut al-Muthi'i merupakan alat yang mendekatkan yang jauh dan membesarkan yang kecil yang tidak mungkin dilihat tanpanya. Selanjutnya al-Muthi'i menerangkan tidak diterima kesaksian hilal yang dilihat melalui pantulan yang dilihat bukanlah hilal sebagai objek, melainkan sebagai pantulan. Pendapat ini memberikan batasan yang jelas di mana hilal yang dilihat melalui media reflektif tidak diterima.¹⁴⁶ Adapun penggunaan

¹⁴⁶ Muhammad Bakhit Al-Mutī'ī, *Irshād Ahl al-Millah ilā Itsbāt al-Ahillah*, t.t., 293.

kaca pembesar atau teleskop diperbolehkan. Dasar kebolehan nya disamakan dengan penggunaan kacamatanya dalam saat membaca.¹⁴⁷

Al-Muti'i merupakan seorang mufti asal Mesir yang lahir pada tahun 1856 M.¹⁴⁸ Penulis tidak menemukan tahun penulisan kitab *Irsyad Ahl al-Millah Ila Isbat al-Ahillah*, sehingga untuk mengetahui konteks perkembangan teknologi rukyatul hilal, penulis memilih rentang waktu pertengahan abad ke-19 hingga paruh pertama abad ke-20. Al-Muti'i hidup di akhir era Turki Ottoman di Mesir. Secara historis, era ini merupakan awal interaksi dunia Islam dengan keilmuan Barat di Mesir (sekitar 1850-1950).¹⁴⁹ Di tengah interaksi ini, para ulama tradisional mencoba menyelaraskan keilmuan Islam dengan keilmuan Barat, tidak terkecuali al-Muthi'i.

Berdasarkan fakta ini, besar kemungkinan al-Muthi'i sudah mengetahui penggunaan teleskop untuk pengamatan astronomis, dalam hal ini termasuk hilal. Dengan konteks peradaban dan prinsip keilmuan al-Muthi'i, sudah barang tentu al-Muthi'i menerima kesaksian rukyatul hilal dengan menggunakan teleskop meskipun al-Muthi'i membatasi hanya pada *yang mendekatkan yang jauh dan membesarkan yang kecil* (refraktor).

¹⁴⁷ Al-Muti'i, 294.

¹⁴⁸ Hastuti dan M. Basithussyarop Basithussyarop, "PROBLEMATIKA ASTROFOTOGRAFI DALAM RUKYATUL HILAL," *ELFALAKY* 6, no. 1 (30 Juni 2022): 130, <https://doi.org/10.24252/ifk.v6i1.33620>.

¹⁴⁹ Syed Quadri, "Transformations of tradition: modernity in the thought of Muhammad Bakhīt al-Muti'ī" (Thesis, McGill University, 2014), 83.

Adapun alasan tidak diterimanya penggunaan teleskop refraktor¹⁵⁰ dalam hal ini bukan sebab alasan saintifik, melainkan sebab penafsiran *melihat*. Di mana rukyatul hilal berarti melihat hilal secara langsung, sedangkan melihat hilal pada permukaan reflektif dianggap sebagai *melihat pantulan*.

4. Prosiding Konferensi Internasional Mengenai Sejarah Keilmuan Bangsa-Bangsa Arab dan Muslim Kedua

Pada perkembangan selanjutnya, persoalan mengenai penggunaan alat bantu dalam rukyatul hilal telah dipengaruhi oleh teknologi digital, utamanya *digital imaging*. Hal ini dibahas dalam konferensi internasional mengenai sejarah keilmuan bangsa-bangsa Arab dan Muslim kedua (*The Second International Conference on Arabs' and Muslims' History of Sciences*). Dalam konferensi ini, Syekh Nizar Mahmud Qasim menuliskan prosiding berjudul *Duur al-Manadzir al-Falakiyy fii Rukyatil Ahillah as-Syar'iyah*. Dalam prosiding ini Syekh Nizar menyebutkan bahwa penggunaan alat bantu dalam rukyatul hilal dapat memberikan meningkatkan kepastian atau akurasi jika digunakan dengan benar. Namun jika tidak digunakan dengan benar, penggunaan alat ini justru menurunkan kualitas kesaksian.¹⁵¹

¹⁵⁰ Penulis berasumsi al-Muthi'i mengenal teleskop refraktor atas dasar fakta bahwa teleskop refraktor telah ditemukan dan digunakan sejak tahun 1668 M. Dengan interaksi dengan keilmuan Barat yang intens, besar kemungkinan pengetahuan akan teleskop refraktor masuk ke Mesir pada era ini.

¹⁵¹ Syekh Nizar Mahmud Qasim, "Duur al-Manadzir al-Falakiyy fii Rukyatil Ahillah as-Syar'iyah," dalam *Konferensi Internasional Kedua tentang*

Syekh Nizar juga menyebutkan bahwa penggunaan *digital imaging* belum dianggap sebagai alat yang diterima kesaksiannya. Ini berdasarkan pada pemaknaan *melihat* yang diperintahkan syariat. Melihat hasil *digital imaging* dianggap tidak sama dengan melihat hilal. Kendati demikian, Syekh Nizar tidak menafikan perlunya kajian lebih mendalam mengenai hal ini.¹⁵²

Selanjutnya Syekh Nizar menguraikan mengenai status kesaksian rukyatul hilal melalui alat bantu seperti teleskop atau melalui observatorium hanya berperan sebagai penguat dan menguji apa yang dilihat melalui mata telanjang. Dengan kata lain, apabila tidak terlihat oleh mata telanjang, maka apa yang terlihat melalui alat tidak dapat diterima kesaksiannya.¹⁵³

5. Hasil Seminar Istimbath Hukum Islam dan Bahtsul Masail 2024

Pengurus Besar Nahdlatul Ulama (PBNU) dan Lembaga Bahtsul Masail (LBM) menyelenggarakan Seminar Istimbath Hukum Islam dan Bahtsul Masail. Seminar yang diselenggarakan 2024 ini menghasilkan beberapa kesepakatan terkait penggunaan alat dalam rukyatul hilal.

Najib Bukhori menyatakan bahwa rukyat bisa dilakukan dengan menggunakan alat apapun yang memberikan keyakinan bahwa hilal sudah terlihat meskipun tidak dilihat secara langsung. Alat yang dimaksud di sini tidak terbatas pada alat optik saja,

Sejarah Ilmu Pengetahuan di Kalangan Arab dan Muslim (Sharjah: Alukah, 2014), 27.

¹⁵² Qasim, 21.

¹⁵³ Qasim, 25.

namun termasuk di dalamnya alat fotografi. Najib menambahkan, hal ini diperbolehkan dengan syarat hasil perhitungan menunjukkan posisi hilal sudah berada di posisi *imkanur rukyat*. Kriteria *imkanur rukyat* yang digunakan di sini adalah kriteria lama di mana ketinggian hilal minimal sebesar 2 derajat.¹⁵⁴

Perlu diperhatikan bahwa bahtsul masail mengenai hal ini masih belum final. Pandangan ini belum termasuk dalam produk hukum sebab belum difatwakan. Tujuan penjabaran dalam bagian ini adalah sebagai pertimbangan untuk menyeleksi pendapat dalam bentuk produk hukum maupun pendapat yang berpotensi menjadi produk hukum dalam kajian ini.

Pendapat ini dinyatakan pada situasi zaman yang jauh berbeda dibandingkan pendapat-pendapat sebelumnya. Peradaban dan perkembangan ilmu pengetahuan pada 2024 sudah berada pada tahap yang berbeda di mana hampir seluruh aspek kehidupan dan ilmu pengetahuan difasilitasi teknologi digital. Dalam pengamatan benda langit sendiri teknologi digital sudah mencapai tahap otomasi di mana algoritma kecerdasan buatan digunakan untuk berbagai kerja-kerja spesifik dan membutuhkan sumber daya besar, terutama untuk pengolahan *big data*.

6. Fatwa The Uni-Emirat Arab Council of Fatwa

Pemerintah Arab Saudi menggunakan drone berbasis AI untuk rukyatul hilal Syawal 1446 H. The

¹⁵⁴ Nureil Shiami Indiraphasa, “Rukyatul Hilal Boleh Gunakan Alat Asal Posisi Bulan Sudah Imkanur Rukyah,” NU Online, 20 Juli 2024, <https://nu.or.id/nasional/rukayatul-hilal-boleh-gunakan-alat-asal-posisi-bulan-sudah-imkanur-rukayah-mvQFK> .

Uni Emirat Arab Council for Fatwa, menggunakan sejumlah drone AI yang diterbangkan hingga ketinggian 300 m di atas permukaan tanah. Penggunaan teknologi ini bertujuan mengatasi kendala hilal yang tertutup awan. Menurut UEA Council of Fatwa, penggunaan AI dalam teknologi ini merupakan perluasan makna lafaz *ra'a* yang disebutkan dalam hadis riwayat Muslim No. 1779.¹⁵⁵

Dalam rukyatul hilal 1 Syawal 1446 H ini, drone diterbangkan dan diarahkan ke koordinat hilal yang telah ditentukan. Koordinat ini ditentukan melalui kalkulasi (hisab). AI juga digunakan untuk menganalisa gambar, memproses data dan menentukan lokasi pasti hilal.

Fatwa ini merupakan produk hukum yang telah resmi digunakan. Satu-satunya sumber rujukan yang dapat penulis temukan hanya publikasi resmi dari pemerintah Arab Saudi. Dalam publikasi resmi ini, UEA Council of Fatwa menyebutkan, teknologi berbasis AI hanya berperan sebagai alat bantu. Rukyat dengan mata telanjang tetap digunakan sebagai metode penentuan primer.

Di antara pendapat-pendapat yang telah penulis paparkan, pendapat ini merupakan yang paling kuat secara otoritas dan relevansi tanpa keluar dari koridor syar'i yang terkandung dalam *nash*.

¹⁵⁵ Emirates News Agency, "UAE employs AI-driven drones for Shawwal moon sighting."

B. Analisis Hukum Penggunaan AI dalam Rukyatul Hilal

Di antara pendapat-pendapat yang dijabarkan sebelumnya, penulis cenderung kepada pendapat The Uni Emirat Arab Council of Fatwa. Pendapat ini memperbolehkan penggunaan teknologi berbasis AI dengan kualitas alat optik berkualitas tinggi untuk rukyatul hilal. Status penggunaan alat ini dalam rukyat bukan sebagai saksi, melainkan alat bantu. Kebolehan penggunaannya sebagai alat bantu didasarkan pada pelebaran makna melihat dari hadis riwayat Muslim No. 1799.

Dalam penelitian ini, penulis menemukan bahwa dokumen resmi mengenai fatwa ini belum dipublikasi dan tidak dapat ditemukan. Oleh karena itu, penulis mencoba melihat pelebaran makna ini dari alternatif tafsir nash secara gramatikal dengan menyandarkan pada pendapat Wahbah Zuhaili yang telah dipaparkan dalam Bab II.

Landasan hukum tertinggi dan paling utama yang mendasari rukyatul hilal salah satunya Q.S. al-Baqarah ayat 185. Dalam menganalisis permasalahan penggunaan AI, penulis condong kepada pembacaan lafaz *asy-syahru* sebagai *maf'ul* dari lafaz *syahida*. Sebagaimana yang telah penulis paparkan pada Bab II, dengan menyandarkan pada pendapat Wahbah Zuhaili, kata melihat lafaz *syahida* tepat diartikan sebagai *melihat* dengan pen-*taqdir*-an kalimat *fa man syahida minkumu syahra falyasumhu* dengan makna, *فَمَنْ شَهِدَ الشَّهْرَ وَشَاحِدُهُ يَعْقِلُهُ وَيَعْرِفُهُ، فَلْيَصُمَّهُ* (Barangsiapa menyaksikan bulan itu dengan akal dan pengetahuannya maka hendaknya ia berpuasa di bulan itu).

Lafaz *syahida* di sini bersifat *mujmal*. Ini membuka penafsiran yang kontekstual tergantung pada

kondisi zaman. Berdasarkan analisis linguistik ini sebagai garis permulaan, maka memaknai melihat syahida sebagai *menyaksikan dengan akal* menjadi makna yang paling kontekstual dengan persoalan penggunaan AI dalam rukyatul hilal.

Selanjutnya dalam persoalan rukyatul hilal sebagai cara mengetahui masuknya bulan baru didasarkan pada hadis. Dalam hadis-hadis tentang penentuan awal bulan, lafaz *rukya*t dimaknai sebagai *melihat*. Berasal dari kata *ra-a* yang secara linguistik diartikan sebagai *melihat dengan mata telanjang*. meskipun demikian kata ini juga dapat diartikan sebagai *melihat dengan pengetahuan*. Meskipun demikian penulis condong kepada makna melihat dengan *pengetahuan*. Kecenderungan penulis didasarkan pada pemaknaan hadis melalui pendekatan *maqasid*

Sebagaimana yang dikutip dari Abdul Mufid dkk. dari al-Qaradawi, memahami hadis tidak bisa hanya berhenti pada pemaknaan tekstual, melainkan harus sampai pada maksudnya. Memaknai hadis sebatas pada teksnya berpotensi menghasilkan hukum yang tidak relevan dengan kebutuhan zaman, sebab lingkungan, zaman, tempat dan kebiasaan selalu berubah.¹⁵⁶ Dalam riwayat lain, esensi dari rukyatul hilal adalah mencapai keyakinan atau kepastian. Hal ini dapat dilihat dari bagaimana Rasulullah SAW mengharuskan adanya saksi yang adil sebagai syarat diterimanya kesaksian rukyatul hilal. untuk dapat diterima, kesaksian dalam rukyatul hilal harus memenuhi syarat-syarat yang tidak sedikit dan

¹⁵⁶ Abdul Mufid dkk., "Interpretation of Yusuf Al-Qaradawi Method's to the Crescent Hadith and Urgency of Calendar Unification: A Literature Review," *Solid State Technology* 63, no. 2 (2020): 9.

diharuskan untuk bersumpah. Sumpah dan syarat ada untuk menjamin kepastian dalam masuknya awal bulan melalui kesaksian rukyatul hilal.

Pada konteks yang lebih modern, kepastian dan objektivitas dapat diperkuat melalui alat bantu. Secara metodologis, AI tidak bisa memanipulasi atau mengubah susunan piksel yang diterima dari sensor optik. Apa yang ditampilkan di layer semata-mata transmisi foton ke dalam piksel, sebagaimana reseptor optik pada mata mentransmisikan cahaya menjadi impuls yang diterima otak. Pengolahan dan penampilan gambar yang terjadi secara *real-time* membuat rekayasa menjadi mustahil dilakukan. Selain itu, apabila ditinjau dari model AI-nya. Model yang dikembangkan dalam RFCD dan AI yang digunakan pemerintah Saudi menggunakan pendekatan *supervised learning* untuk melatih otomasi. Model yang dilatih dengan metode supervised learning tidak bisa mendeteksi objek di luar anotasi yang telah diberikan pada awal *training* dan data-data yang didapatkan selama *training*.

Penulis dalam hal ini menekankan bahwa AI di sini berperan sebagai perpanjangan (*extension*) dari mata manusia yang memiliki keterbatasan pembesaran dan peningkatan kontras. Posisi AI di sini bukan sebagai saksi yang memutuskan masuknya awal bulan, melainkan alat bantu yang membantu mengidentifikasi keberadaan dan memperjelas penglihatan mata manusia. Penggunaan AI di sini juga meningkatkan objektivitas dari hasil pengamatan rukyatul hilal. AI juga mengambil gambar pada area yang presisi berdasarkan perhitungan yang dilakukan dan dapat diawasi.

Penggunaan AI dalam rukyatul hilal dapat pula didasarkan pada kaidah:

157 لِّلْوَ سَائِلِ أَ حْكَامُ الْمَقَاصِدِ

“*Wasilah (perantara) mengikuti hukum tujuan*”

Dilihat melalui sudut pandang *maqasid syariah*, penggunaan AI dalam rukyatul hilal sesuai dengan prinsip *hifdzu ad-din*. Penggunaan teknologi ini meningkatkan kepastian masuknya bulan baru yang menjadi sebab wajibnya ibadah-ibadah seperti puasa Ramadhan dan ibadah haji.

Meskipun demikian, penulis menyoroti hal-hal perlu diperhatikan penerimaan AI sebagai alat bantu dalam rukyatul hilal. Perangkat yang digunakan pada kasus RFCD dan drone AI tidak berdiri sendiri. AI tidak bisa mengolah gambar dengan input yang buruk. Kualitas pengolahan yang dilakukan program bergantung pada kualitas input gambar yang ditangkap alat optik. Oleh karenanya, untuk menggunakan AI dalam rukyat, pengamat harus memastikan perangkat optik yang digunakan memiliki spesifikasi yang mumpuni.

Selain itu, sebagaimana yang dinyatakan oleh The Uni Emirat Arab Council of Fatwa, AI hanya berperan sebagai alat bantu dan rukyat dengan mata tetap dijadikan metode primer. Hal ini tidak meniadakan peran manusia sebagai perukyat.

Terakhir, untuk menerima hasil pengolahan AI sebagai bukti pendukung dalam rukyat, posisi hilal harus dipastikan dengan hisab. Hal ini bertujuan untuk

¹⁵⁷ Muhammad bin Husain bin Hasan Al-Jizani, *Ma'ālim fī Uṣūl al-Fiqh 'inda Ahl al-Sunnah wa al-Jamā'ah*, 7 ed. (Riyadh: DarIbnaI-Jawzi, 2017), 297.

menentukan keabsahan hasil pengolahan. Menurut wawancara penulis lakukan dengan Slamet Hambali, ulama sekaligus praktisi ilmu falak, rukyatul hilal dengan menggunakan alat bantu digital diperbolehkan selama hilal sudah mencapai kriteria *imkanur rukyat*.¹⁵⁸ Jadi, hasil citra yang diproses AI dapat diterima sebagai penguat/bukti kesaksian apabila hilal sudah mencapai kriteria *imkanur rukyat*.

C. Evaluasi Konteks dan Potensi

Seperti penemuan mesin uap, AI merupakan salah satu teknologi yang memberikan pengaruh besar pada industri dan peradaban manusia secara keseluruhan. AI mampu melakukan berbagai pekerjaan secara efisien. Atas dasar permintaan yang tinggi, penelitian dalam bidang ini semakin masif sehingga semakin cepat pula perkembangannya. Untuk itu, perlu tinjauan yang teliti dan pertimbangan yang bijaksana dalam menggunakan AI, apalagi dalam rukyatul hilal yang konteksnya lekat dengan pelaksanaan ibadah.

Sebagaimana yang telah disinggung sebelumnya, penggunaan AI dalam rukyatul hilal mampu mengotomasi pengolahan citra dan deteksi gambar. AI mampu mengolah dan mendeteksi hilal pada citra yang tertangkap secara *real-time* sehingga meniadakan kemungkinan manipulasi.

Meskipun demikian, untuk saat ini AI dalam rukyatul hilal masih belum mencapai potensi maksimalnya. Hal ini disebabkan dokumentasi hilal dengan visibilitas rendah yang masih sedikit sehingga model belum bisa mendeteksi hilal dengan kondisi

¹⁵⁸ Slamet Hambali, "Wawancara via WhatsApp Massanger" (Semarang, Juli 4, 2025).

ekstrem. Hal ini dapat diatasi dengan pembaruan model dengan *dataset* hilal pada kondisi yang ekstem. Perlu dipahami, AI tidak dapat mendeteksi hilal yang secara fisik tertutup. Sebab model tidak dapat mendeteksi objek yang secara visual tidak ada (tidak terdeteksi dalam sensor cahaya tampak).

Saat ini teknologi AI yang digunakan dalam rukyatul hilal kebanyakan berbasis CNN, meskipun terdapat beberapa model yang menggunakan model *machine learning*. Dinamika perkembangan AI sangat cepat dan inovatif. Tidak menutup kemungkinan di masa depan AI dapat digunakan sebagai alat bantu rukyat dalam model yang lebih canggih dan variatif.

Terlepas dari berbagai kemudahan dan keunggulannya, penggunaan AI dalam rukyatul hilal berpotensi menimbulkan persoalan lain seiring perkembangannya yang semakin pesat. Semakin baik perkembangan AI, semakin samar pula batas antara posisi AI sebagai alat dan AI sebagai saksi.

BAB IV PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, penggunaan AI diaplikasikan dalam rukyatul hilal dengan menggunakan model berbasis *convolutional neural network* (CNN). Model yang digunakan dalam teknologi AI untuk rukyat dengan dengan pendekatan *supervised learning*. Pendekatan ini cenderung memberikan kontrol lebih kepada kreator untuk menentukan fokus yang dipelajari dari *dataset*.

Dalam rukyatul hilal, AI dapat digunakan sah digunakan alat bantu, bukan sebagai pengganti perukyat meskipun Selain itu penggunaan AI dalam rukyatul hilal juga harus didukung dan perangkat optik yang berkualitas dan mendukung. AI yang digunakan juga terbatas pada model-model yang berbasis *supervised learning* dan diperuntukkan untuk pengolahan data visual. Selain itu koordinat hilal juga harus sudah ditentukan dengan perhitungan yang presisi untuk memastikan pengamatan didasarkan pada data astronomis yang valid.

B. Saran

Berdasarkan temuan penulis selama proses penelitian, penulis menemukan beberapa kekurangan dan masukan yang bisa dilakukan untuk mengembangkan topik kajian ini.

1. AI bukan perangkat berkekuatan tanpa batas. Kerja AI sesungguhnya hanya mengotomasi proses olah citra sehingga menghilangkan keraguan dan meniadakan potensi manipulasi. Meskipun demikian AI tidak dapat memproses objek (hilal) yang tidak ada di gambar atau tertutup awan dengan ketebalan tertentu. Untuk

mengatasi hal ini dibutuhkan kajian mengenai kriteria visibilitas baru dalam konteks penggunaan AI dalam rukyat.

2. Diperlukan kajian reinterpretasi *nash* rukyatul hilal yang lebih mendalam dan kontekstual dengan perkembangan zaman.
3. Penelitian ini baru terbatas pada CNN sebagai model yang paling sesuai untuk *image segmentation* dan *image recognition*, namun belum mencakup kajian model yang lain. Penggunaan AI dalam rukyatul hilal masih sangat terbatas, berdasarkan pencarian penulis, model yang digunakan pun terbatas pada model berbasis CNN.
4. Dibutuhkan kajian ulang dengan data pengujian yang lebih banyak dan variatif untuk meningkatkan validitas.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Al-Bukhari, Al-Imam Mohammad ben Ismail. *Shahih al-Buhari*. 8 ed. Vol. 1. Beirut: Dar Al-Kotob Al-Ilmiyah, 2017.
- Al-Haytham, Ibn. *The optics of Ibn al-Haytham: Books I–III, On Direct Vision*. Disunting oleh A. I. Sabra. London: The Warburg Institute, University of London, 1989.
- Al-Jizani, Muhammad bin Husain bin Hasan. *Ma ‘ālim fī Uṣūl al-Fiqh ‘inda Ahl al-Sunnah wa al-Jamā’ah*. 7 ed. Riyadh: Dar Ibnal-Jawzi, 2017.
- Al-Mutī‘ī, Muhammad Bakhit. *Irshād Ahl al-Millah ilā Itsbāt al-Ahillah*, t.t.
- Al-Qaradawi, Yusuf. *Al-Ijtihad fī al-Shari’ah al-Islamiyyah: Ma’a Nazharat Tahliliyyah fī al-Ijtihad al-Mu’asir*. Kuwait, 1996.
- . *Perkembangan Fiqh Antara Statis dan Dinamis*. Disunting oleh Saifullah M Yunus. 1 ed. Banda Aceh: Cita Varia Kreativitas, 2022.
- Al-Sharwānī, Aḥmad ibn Muḥammad, dan Ibn Qāsim al-‘Ibādī. *Ḥawāshī al-Sharwānī wa Ibn Qāsim al-‘Ibādī ‘alā Tuḥfat al-Muḥtāj bi-Sharḥ al-Minhāj*. Vol. 4. Beirut: Dar al-Kutub al-Ilmiyah, 1996.
- al-Sharwānī, ‘Abd al-Ḥamīd, dan Aḥmad ibn Qāsim al-‘Abbādī. *Ḥawāsyī Tuḥfat al-Muḥtāj Syarḥ al-Minhāj*. Vol. 3. Mekkah, t.t.

- Az-Zuhaili, Wahbah. *Tafsir Al-Munir* . Disunting oleh Abdul Hayyie al-Kattani. Vol. 1. Jakarta: Gema Insani, 2013.
- Darma. “Urgensi Saksi Rukyatul Hilal di Era Digitalisasi Perspektif Ilmu Falak.” Skripsi, UIN Alauddin Makassar, 2023.
- Fuad Al-Anshary, Ahmad. *Hadis Ahkam Ilmu Falak*. Disunting oleh Karis Lusdianto. Semarang: CV. Ravi Sarana Perkasa Semarang, 2021.
- Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, dan Aaron Courville. *Deep Learning*. Cambridge: MIT Press, 2016.
- Gross, Herbert, Hannfried Zugge, Martin Pecshka, dan Fritz Blenchinger. *Handbook of Optical Systems: Volume 3, Aberration Theory and Correction of Optical Systems*. Weinheim: Wiley-VCH, 2007.
- Hecht, Eugene. *Optics*. 5 ed. Boston: Pearson Education, 2017.
- Ibn Faris, Abu al-Husayn Ahmad. *Mu'jam Maqayis al-Lughah* . Vol. 2. Beirut: Dar al-Fikr, 1979.
- Ibnu al-Hajjaj, Abu Muslim. *Shahih Muslim*. Vol. 4. Beirut: Dar al-Kutub Al-Ilmiyah, 1994.
- Ibrahim, Andi, Asrul Haq Alang, Madi, Darmawati, M Aswar Ahmad, dan Baharuddin. *Metodologi Penelitian*. Samata-Gowa: Gunadarma, 2018.
- Kementrian Agama Republik Indonesia. *Almanak Hisab Rukyat*. Jakarta: Kementrian Agama Republik Indonesia, 2010.

- Koto, Alaidin. *Ilmu Fiqh dan Ushul Fiqh*. Jakarta: Rajawali Pers, 2016.
- Mishchenko, Michael I., Larry D. Travis, dan Andrew Lacis. *Multiple Scattering of Light by Particles*. New York: Cambridge University Press, 2006.
- Munawwir, Ahmad Warson. *Kamus al-Munawwir: Arab-Indonesia terlengkap / Ahmad Warson Munawwir*. 2 ed. Surabaya: Pustaka Progressif, 1997.
- Qal'aji, Muhammad Rawwas, dan Hamid Sadiq Qunaibi. *Mu'jam Lughah al-Fuqaha'*. Beirut: Dar al-Nafa'is, 1996.
- Qurthubi, al. *Tafsir al-Qurthubi*. Disunting oleh Muklis B. Mukti dan Ahmad Hotib Fathurrahman. Vol. 2. Jakarta: Pustaka Azzam, 2007.
- Rakhmadi, Arwin Juli. *Problematisasi Penentuan Awal Bulan: Diskursus Antara Hisab dan Rukyat*. Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2014.
- Russell, Stuart, dan Peter Norvig. *Artificial Intelligence: a modern approach*. Third. New Jearsey: Pearson, 2016.
- Rutten, Harrie, dan Martin van Venrooij. *Telescope Optics: A Comprehensive Manual for Amateur Astronomers*. Richmond: Willmann-Bell, 1999.
- Shihab, Quraish. *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. Vol. 1. Jakarta: Lentera Hati, 2002.
- Spevack, Aaron. *The Archetypal Sunnī Scholar: Law, Theology, and Mysticism in the Synthesis of al-Bāḥūrī*. Albany: State University of New York Press, 2014.

Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. 1 ed. Bandung: Alfabeta, 2013.

Warwick, Kevin. *Artificial Intelligence: the basics*. 1 ed. New York: Routledge, 2012.

Winston, Patrick H. *Artificial Intelligence*. 3rd ed. Boston: Addison-Wesley Longman Publishing, 1993.

Artikel Jurnal

Akbari, M. F. R., B Rahayudi, dan L. Muflikhah.
 “Implementasi Deep Learning menggunakan
 Algoritma EfficientDet untuk Sistem Deteksi
 Kelayakan Penerima Bantuan Langsung Tunai
 berdasarkan Citra Rumah di Wilayah Kabupaten
 Kediri.” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi
 Dan Ilmu Komputer* 7, no. 4 (10 Juli 2023): 1817–25.

Almuqati, Mohammed Tuays, Fatimah Sidi, Siti Nurulain
 Mohd Rum, Maslina Zolkepli, dan Iskandar Ishak.
 “Challenges in Supervised and Unsupervised
 Learning: A Comprehensive Overview.” *International
 Journal on Advanced Science, Engineering and
 Information Technology* 14, no. 4 (30 Agustus 2024):
 1449–55. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.14.4.20191>.

Bai, Tong, Yu Pang, Junchao Wang, Kaining Han, Jiasai
 Luo, Huiqian Wang, Jinzhao Lin, Jun Wu, dan Hui
 Zhang. “An Optimized Faster R-CNN Method Based
 on DRNet and RoI Align for Building Detection in
 Remote Sensing Images.” *Remote Sensing* 12, no. 5
 (26 Februari 2020): 762.
<https://doi.org/10.3390/rs12050762>.

Balne, Charith Chandra Sai, Sreyoshi Bhaduri, Tamoghna
 Roy, Vinija Jain, dan Aman Chadha. “Parameter

Efficient Fine Tuning: A Comprehensive Analysis Across Applications,” 20 April 2024.
<https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.13506>.

Bartz, Eva, Thomas Bartz-Beielstein, Martin Zaefferer, dan Olaf Mersmann. *Hyperparameter Tuning for Machine and Deep Learning with R*. Disunting oleh Eva Bartz, Thomas Bartz-Beielstein, Martin Zaefferer, dan Olaf Mersmann. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-5170-1>.

Bhagyashree Patil. “AI in Astronomy.” *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology* 3, no. 2 (24 Juli 2023): 476–85. <https://doi.org/10.48175/IJAR SCT-12167>.

Buchanan, Bruce G. “A (Very) Brief History of Artificial Intelligence.” *AI Magazine* 26, no. 4 (2005): 53–60. <https://doi.org/https://doi.org/10.1609/aimag.v26i4.1848>.

Costa, Jonathas, Alexander Bock, Carter Emmart, Charles Hansen, Anders Ynnerman, dan Claudio Silva. “Interactive Visualization of Atmospheric Effects for Celestial Bodies.” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 27, no. 2 (Februari 2021): 785–95. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3030333>.

Fukushima, Kuniyoshi. “Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position.” *Biological Cybernetics* 36, no. 4 (April 1980): 193–202. <https://doi.org/10.1007/BF00344251>.

- Hastuti, dan M. Basithussyarop Basithussyarop.
 “PROBLEMATIKA ASTROFOTOGRAFI DALAM RUKYATUL HILAL.” *ELFALAKY* 6, no. 1 (30 Juni 2022): 111–36.
<https://doi.org/10.24252/ifk.v6i1.33620>.
- Helden, Albert Van. “The beginnings, from Lipperhey to Huygens and Cassini.” *Experimental Astronomy* 25, no. 1–3 (8 Agustus 2009): 3.
<https://doi.org/10.1007/s10686-009-9160-y>.
- Ilham Aziz, Muhammad, dan Ahmad Musta'id. “Islamic Astronomy of Abbasid Era (750-1258 AD).” *Journal of Islamic History and Manuscript* 01, no. 01 (2022): 1.
- Jacob, Daniel J. *Introduction to Atmospheric Chemistry*. Princeton University Press, 2000.
<https://doi.org/10.1515/9781400841547>.
- Jagdale, Karan Ranjit, Chetan J. Shelke, Rathnakar Achary, Disha Sushant Wankhede, dan Trupti Vasantrao Bhandare. “Artificial Intelligence and its Subsets: Machine Learning and its Algorithms, Deep Learning, and their Future Trends.” *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research* 9, no. 5 (Mei 2022): 112–17.
- Jannah, Elly Uzlifatul. “Ibn al-Haitham dan Perkembangan Instrumen Optik: Landasan Ilmu Falak Modern.” *AL - AFAQ: Jurnal Ilmu Falak dan Astronomi* 6, no. 2 (10 Januari 2025): 253–65.
<https://doi.org/10.20414/afaq.v6i2.11357>.
- Lin, Tsung-Yi, Piotr Dollar, Ross Girshick, Kaiming He, Bharath Hariharan, dan Serge Belongie. “Feature

Pyramid Networks for Object Detection.” Dalam *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 936–44. IEEE, 2017.
<https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.106>.

Malau, Melinda, Irene F. Sihite, Isti H. Sumanti, Rut M. Desrianty, dan Y. S. Rotua Hutahaean. “Perkembangan Artificial Intelligence dan Tantangan Generasi Muda di Era Super Digitalized.” *IKRA-ITH ABDIMAS* 8, no. 1 (2024): 251–57.

McCluskey, Stephen C. “Archaeoastronomical Refraction Reconsideration.” *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* 18, no. 4 (2018): 477–84.

Mijwil, Maad M., Karan Aggarwal, Ruchi Doshi, Kamal Kant Hiran, dan Murat Gök. “The Distinction between R-CNN and Fast R-CNN in Image Analysis: A Performance Comparison.” *Asian Journal of Applied Sciences* 10, no. 5 (4 November 2022).
<https://doi.org/10.24203/ajas.v10i5.7064>.

Mills, A. A. Mills, dan P. J. Turvey. “Newton’s telescope, an examination of the reflecting telescope attributed to Sir Isaac Newton in the possession of the Royal Society.” *Notes and Records of the Royal Society of London* 33, no. 2 (31 Maret 1979): 133–55.
<https://doi.org/10.1098/rsnr.1979.0009>.

Morison, Ian. “Telescope Maintenance, Collimation and Star Testing.” Dalam *An Amateur’s Guide to Observing and Imaging the Heavens*, 86–99. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139856744.008>.

- Mueller, J. P, dan L. Massaron. *Deep Learning For Dummies*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2019.
- Mufid, Abdul, Lina Aris Ficayuma, Agus Purwanto, Muhajir, Akhmad Muhaini, Faiz Faricha, Warto, Ahmad Fitri, Rohman Yulianto, dan Dahlia Ma'u. "Interpretation of Yusuf Al-Qaradawi Method's to the Crescent Hadith and Urgency of Calendar Unification: A Literature Review." *Solid State Technology* 63, no. 2 (2020).
- Munif, Ahmad, David Wildan, dan Siti Tatmainul Qulub. "Science and Fiqh in 10th Century AH." *Ascarya: Journal of Islamic Science, Culture, and Social Studies* 4, no. 2 (5 Desember 2024): 108–17. <https://doi.org/10.53754/iscs.v4i2.710>.
- Mustaqim, Riza Afrian. "Pendapat Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi di BMKG Untuk Rukyatul Hilal." *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, no. 1 (2018): 78–115. <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/jam.v4i1.1937>.
- Muztaba, R., H.L. Malasan, dan M. Djamal. "Deep learning for crescent detection and recognition: Implementation of Mask R-CNN to the observational Lunar dataset collected with the Robotic Lunar Telescope System." *Astronomy and Computing* 45 (Oktober 2023): 100757. <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2023.100757>.
- Poole, David L., dan Alan K. Mackworth. *Artificial Intelligence*. Third. Padstow: Cambridge University Press, 2023. <https://doi.org/10.1017/9781009258227>.
- Roihan, Ahmad, Po Abas Sunarya, dan Ageng Setiani Rafika. "Pemanfaatan Machine Learning dalam

Berbagai Bidang: Review paper.” *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)* 5, no. 1 (2019): 75–82.

Sarker, Iqbal H. “Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions.” *SN Computer Science* 2, no. 6 (18 November 2021): 420.
<https://doi.org/10.1007/s42979-021-00815-1>.

Schlesinger, William H., dan Emily S. Bernhardt. “The Atmosphere.” Dalam *Biogeochemistry*, 51–97. Elsevier, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814608-8.00003-7>.

Sinha, Mimansa, Sanchita Paul, Mili Ghosh, Sachi Nandan Mohanty, dan Radha Mohan Pattanayak. “Automated Lunar Crater Identification with Chandrayaan-2 TMC-2 Images using Deep Convolutional Neural Networks.” *Scientific Reports* 2024 14:1 14, no. 1 (8 April 2024): 1–24. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58438-4>.

Sumit, Shrishti Bisht, Sunita Joshi, dan Urvi Rana. “Comprehensive Review of R-CNN and its Variant Architectures.” *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)* 2, no. 04 (22 April 2024): 959–66.
<https://doi.org/10.47392/IRJAEH.2024.0134>.

Takdir, Mohammad. “Kontribusi Kiai Kholil Bangkalan dalam Mengembangkan Tasawuf Nusantara.” *Anil Islam* 9, no. 2 (Desember 2016): 270–99.

Toosi, Amirhosein, Andrea G. Bottino, Babak Saboury, Eliot Siegel, dan Arman Rahmim. “A Brief History of

AI: How to Prevent Another Winter (A Critical Review).” *PET Clinics* 16, no. 4 (Oktober 2021): 449–469. <https://doi.org/10.1016/j.cpet.2021.07.001>.

Turing, A M. “COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE.” *Computing Machinery and Intelligence. Mind* 49 (1950): 433–60.

Tesis

Quadri, Syed. “Transformations of tradition: modernity in the thought of Muhammad Bakhīt al-Mutī’ī.” Thesis, McGill University, 2014.

Skripsi

M. Ihsan, Robby. “Pertanggungjawaban Hukum Artificial Intelligence Dalam Tindak Pidana Ekonomi Perspektif Hukum Positif dan Hukum Islam Indonesia.” Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2024.

Purwanto, Ivan R. D. “Pandangan Tokoh Falak Ponorogo terhadap Keabsahan Rukyatul Hilal dengan Digital Image Processing Perspektif Fikih.” Skripsi, INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI PONOROGO, 2024.

Ramdan. “Hukum Saksi Rukyatul Hilal Menggunakan Teleskop.” Skripsi, Universitas Islam Negeri Mataram, 2021.

Narasumber Wawancara

Muztaba, Robiatul. “Wawancara.” Semarang, 1 Mei 2025.

Hambali, Slamet. “Wawancara via WhatsApp Massanger.” Semarang, 4 Juli 2025.

Prosiding Konferensi

Qasim, Syekh Nizar Mahmud. “Duur al-Manadzir al-Falakiyy fii Rukyatil Ahillah as-Syar’iyyah.” Dalam *Konferensi Internasional Kedua tentang Sejarah Ilmu Pengetahuan di Kalangan Arab dan Muslim*. Sharjah: Alukah, 2014.

Laman Web

Emirates News Agency. “UAE employs AI-driven drones for Shawwal moon sighting,” 29 Maret 2025.
<https://www.wam.ae/en/article/bifhsu0-world-first-uae-employs-ai-driven-drones-for>.

Indiraphasa, Nureil Shiami. “Rukyatul Hilal Boleh Gunakan Alat Asal Posisi Bulan Sudah Imkanur Rukyah.” NU Online, 20 Juli 2024. <https://nu.or.id/nasional/rukkyatul-hilal-boleh-gunakan-alat-asal-posisi-bulan-sudah-imkanur-ruk yah-mvQFK>.

Oxford University Press. “artificial intelligence noun - Definition, pictures, pronunciation and usage notes | Oxford Advanced Learner’s Dictionary at OxfordLearnersDictionaries.com.” Diakses 16 Januari 2025.
<https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/artificial-intelligence?q=artificial+intelligence>.

Syakir, Muhammad. “Munas NU 2023: Bertanya ke AI Boleh, Tapi Haram Dijadikan Pedoman untuk Diamalkan.” NU Online, 19 September 2023.
<https://nu.or.id/nasional/munas-nu-2023-bertanya-ke-ai-boleh-tapi-haram-dijadikan-pedoman-untuk-diamalkan-HvEJ3>.

Wall, Wilson. "A History of Optical Telescopes in
Astronomy Historical & Cultural Astronomy Series
Editor: Wayne Orchiston." Diakses 15 Januari 2025.
<http://www.springer.com/series/15156>.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Pertanyaan

1. Wawancara dengan Robiatul Muztaba

- a. Secara umum, bagaimana cara kerja dan teknis penggunaan RFCD?
- b. Apa yang dimaksud dengan *training* dan pengujian menggunakan kode sumber dari matterport? Bagaimana *training*-nya? (merujuk pada *source code matterport*)
- c. Konfirmasi: Apakah ada proses *stacking* dalam teknis kerja RFCD beserta instrumennya?
- d. Apakah hasil uji coba RFCD (merujuk pada observasi hilal 1 Ramadhan 1444 H) terkonfirmasi? Misal jika dibandingkan dengan hasil pengamatan di lokasi lain?
- e. Bagaimana pendapat Anda mengenai ketidakbolehan penggunaan teleskop reflektor dalam perspektif saintifik. Apakah ada beda antara bayangan yang ditangkap mata dari teleskop refraktor dan reflektor?

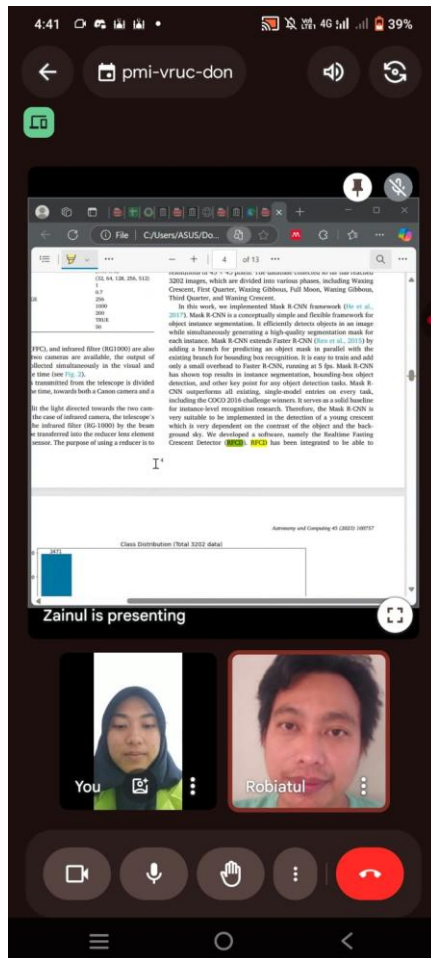
2. Wawancara dengan Slamet Hambali

- a. Apa pandangan Kyai mengenai penggunaan teknologi kecerdasan buatan (AI), seperti Mask R-CNN, dalam mendeteksi hilal?
- b. Menurut Kyai, apakah penggunaan AI dalam rukyat dapat dianggap sah secara syar'i, ataukah tetap harus melibatkan pengamatan langsung oleh manusia?
- c. Menurut Kyai, apakah hasil deteksi AI dapat dijadikan dasar dalam penetapan awal bulan, atau hanya sebagai alat bantu saja?
- d. Menurut Kyai apakah ada batasan atau kriteria syariah tertentu yang harus diperhatikan dalam

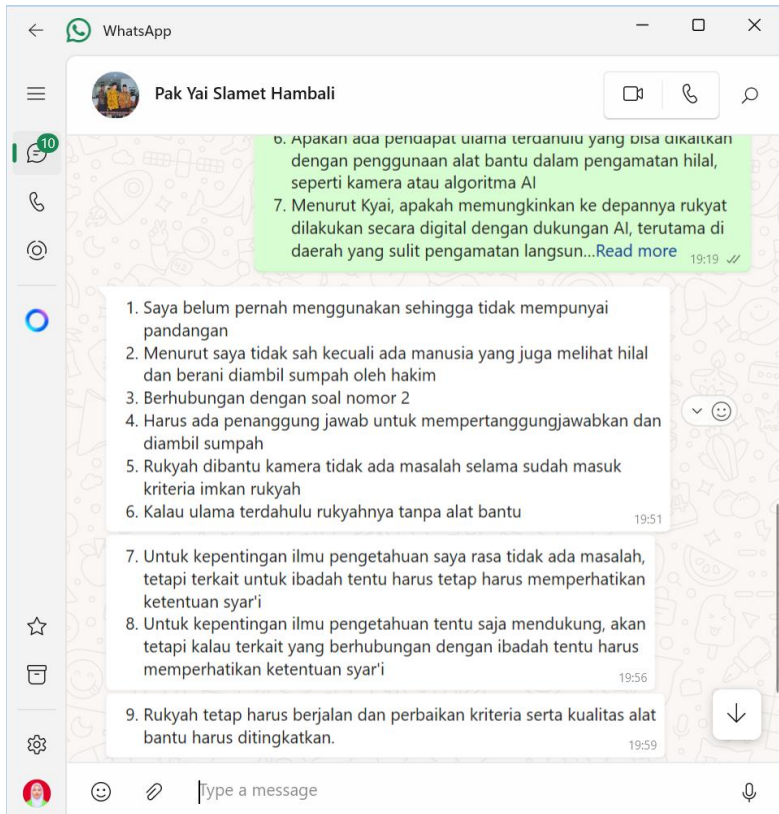
penggunaan alat bantu teknologi seperti AI dalam rukyatul hilal?

- e. Dalam pandangan fikih, bagaimana status rukyat bil 'ain jika dilakukan dengan bantuan kamera resolusi tinggi dan dianalisis menggunakan teknologi AI?
- f. Apakah ada pendapat ulama terdahulu yang bisa dikaitkan dengan penggunaan alat bantu dalam pengamatan hilal, seperti kamera atau algoritma AI?
- g. Menurut Kyai, apakah memungkinkan ke depannya rukyat dilakukan secara digital dengan dukungan AI, terutama di daerah yang sulit pengamatan langsung?
- h. Apakah Kyai mendukung integrasi antara metode falak tradisional dan teknologi digital dalam penentuan awal bulan Hijriyah?
- i. Adakah harapan Kyai terhadap masa depan rukyatul hilal dan peran teknologi dalam menjaga ketepatan serta persatuan umat Islam?

Lampiran 2. Dokumentasi



Wawancara dengan Robiatul Muztaba via *Google Meeting*



Wawancara dengan Slamet Hambali via *WhatsApp*

Lampiran 3. Surat Izin Riset



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
 Jalan Prof. Dr. H. Hamka Semarang 50185
 Telepon (024)7601291, Faksimili (024)7624691, Website : <http://fsh.walisongo.ac.id>

Nomor : 3355/Un.10.1/K/TA.00.01/4/2025
 Lampiran : 1 (satu) Bendel Proposal
 Hal : Permohonan Izin Riset

Kepada Yth :
Dr. Robiatul Muztaba, S.Si., M.Si.
 di tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Diberitahukan dengan hormat, bahwa dalam rangka pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi, mahasiswa kami :

N a m a : **Zainul Fitroh**
 N I M : **2102046027**
 Tempat, Tanggal Lahir : **Kebumen, 16 Desember 2002**
 Jurusan : **Ilmu Falak (IF)**
 Semester : **VIII (Delapan)**

sangat membutuhkan data guna penulisan skripsi yang berjudul :

**"Analisis Penggunaan Artificial Intelligence dalam Praktik Rukyatul Hilal
 Perspektif Hukum Islam"**

Dosen Pembimbing I : **Dr. Ahmad Syifaul Anam, S.H., MSI.**
 Dosen Pembimbing II : **-**

Untuk itu kami mohon agar mahasiswa tersebut diberi izin untuk melaksanakan penelitian, wawancara, dan atau mendapatkan salinan dokumen di wilayah/lembaga/instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama 3 (tiga) bulan sejak diizinkan.

Sebagai bahan pertimbangan bersama ini kami lampirkan :

1. Proposal Skripsi
2. Fotocopy Identitas Diri (Kartu Mahasiswa)

Demikian atas kerjasama Bapak/ Ibu, kami sampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Semarang, 24 April 2025

a.n Dekan,
 Kepala Tata Usaha,

Abdul Hakim

Tembusan :
 Dekan Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo (sebagai laporan)

CONTACT PERSON:
 (087722463223) Zainul Fitroh

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Diri

Nama : Zainul Fitroh
 NIM : 2102046027
 Program Studi : Ilmu Falak
 Tempat/Tanggal Lahir : Kebumen, 16 Desember 2002
 Alamat : Waluyorejo, 05/02, Puring,
 Kebumen, Jawa Tengah

B. Riwayat Pendidikan

1. Sekolah Dasar : SD IT Ath Thoriq Gombang
 2. SMP/MTs : MTs N Kebumen 1
 3. SMA/MA : MA N Kebumen 2

C. Aktivitas Organisasi

Periode 2021-2022 : Kru Magang LPM Justisia
 Periode 2023 : Sekretaris Redaksi Jurnal LPM
 Justisia
 Periode 2024 : Pimpinan Redaksi Jurnal LPM
 Justisia

B. Riwayat Pendidikan

1. Menggambar/Melukis
 2. Bermusik
 3. Membaca

Demikian daftar riwayat hidup ini saya buat dengan
 sebenar-benarnya dan dapat dipertanggungjawabkan.

Semarang, 21 Juni 2025



Zainul Fitroh